



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

EL GÉNERO *VAUCHERIA*, XANTHOPHYCEAE EN MÉXICO

TESIS

**Que para obtener el título de
BIÓLOGO**

Presenta

Manuel Bonilla Rodríguez

Directora de Tesis

M. en C. Gloria Garduño Solórzano



Herbario IZTA

Los Reyes Iztacala, Estado de México, 2015





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A todos aquellos que como yo disfrutan de buscar curiosos seres en cada rincón de nuestro planeta.

AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial quiero agradecer a mis padres, Lourdes Rodríguez Herrera y Manuel Bonilla Flores, quienes me dieron el maravilloso regalo de la vida, me educaron y siempre me apoyaron a cumplir grandes hazañas; inculcando en mi el amor al universo y los seres con los que compartimos la aventura de la vida. Sus esfuerzos se ven aquí reflejados.

A mis abuelos Oscar Bonilla y Gloria Flores y a mi tío Oscar Bonilla por todo su cariño, apoyo y la felicidad que me han dado. Abuelitos, siempre estarán en mi memoria.

A mi novia Marcela Negrete González por su amor, comprensión y ánimo. Gracias por compartir conmigo reflexiones sobre la vida y el futuro, las cuales me han ayudado a tomar decisiones importantes.

A la sociedad y a mi país, que a través de la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, han invertido en mi formación para llegar a ser un profesionalista que aporte nuevos conocimientos sobre la biodiversidad y contribuya a la resolución de problemas nacionales. La oportunidad de realizar investigación desde comienzos de mis estudios a través de los programas PAEA y PAPCA, de realizar intercambio académico internacional y la calidad de la enseñanza recibida en estas instituciones se ve materializada en este escrito.

A la M. en C. Gloria Garduño Solórzano, agradezco todos estos años de enseñanza, su disposición para iniciar una nueva línea de investigación junto conmigo, su paciencia y compromiso con mi formación. Gracias porque siempre buscó obtener los recursos necesarios para llevar a buen término la presente investigación. Y por supuesto agradezco su amistad y comprensión.

Al Herbario IZTA, donde pude realizar buena parte del trabajo de laboratorio, incluyendo el uso de microscopios, la consulta de literatura especializada y la instalación de una cámara de cultivo.

A la Dra. Martha Martínez García, al Dr. Jorge Eduardo Campos Contreras, y al M. en C. Alejandro Monsalvo Reyes del laboratorio de Biología Molecular de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) por su colaboración y enseñanzas en cuanto a los aspectos de biología molecular e infraestructura proporcionada.

Al M. en C. Rafael Emiliano Quintanar Zúñiga del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la UBIPRO por su apoyo en la realización de observaciones en microscopía electrónica de barrido.

Al Biol. José Martínez Aguilar y al personal del TELE por su colaboración en la construcción de la cámara de cultivo “FRIOLUZ Vauchegrow”.

A los doctores José Luis Godínez Ortega, Daniel León Álvarez, Ángela Catalina Mendoza González y Luz Elena Mateo Cid por sus atenciones en la consulta de las colecciones científicas de MEXU, FCME y ENCB.

A la M. en C. María Elena Huidobro Salas quién autorizó el empleo de las instalaciones de la cabecera del Módulo de Diversidad Vegetal I donde se llevó a cabo la preparación de medios de cultivo y siembra de material biológico.

Al Dr. Hugo Perales, al Biol. Omar Ángeles, al Dr. Gerardo Ortiz, a la Dra. Martha Ofelia Salcedo Álvarez y al Biol. Moisés Antonio Araujo por su colaboración al proporcionar algunos reactivos para medios de cultivo.

Al acuario de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala donde se cuantificaron algunos parámetros fisicoquímicos del agua mediante el equipo HACH.

Al Dr. Luis Herrera Estrella del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO) gracias a quién fue posible realizar observaciones detalladas de la pared del oogonio para *Vaucheria borealis* en microscopía confocal láser.

Al Biólogo Rubén López Cano, a Carlos Alberto Chávez de la Cruz, al Sr. Rodolfo García y a Aleida García Hernández por su guía y colaboración en algunas exploraciones ficológicas.

A los doctores Donald Ott, Tim Entwisle, Karl-Heinz Linne von Berg e Hironao Kataoka de instituciones científicas extranjeras de Estados Unidos de América, Australia, Alemania y Japón respectivamente quienes amablemente me proporcionaron consejos y literatura propia que ayudaron a enriquecer esta investigación.

A mi hermano Andrés Bonilla Rodríguez y a mis amigos Paulina Rodríguez Sánchez, Denisse Fernández Aviña, Yutzil Castán Aquino, Anabel Aviña Hernández, Jesica Yadira Sánchez Ruiz, Ana Laura Pérez Núñez, Diana Lidia Guillén Ruíz, Octavio Gutiérrez Vilchis, Fernando García Feliciano, José Luis Hernández Guzmán, Daniel Rafael Robles Pérez, José Bertín Vázquez Pérez, Armando Corona Arzola, Francisco Calderón Estrella, Kioshy Yasuo Ochoa Kato y Daniel Gutiérrez Cervantes. Gracias a todos ustedes por estar conmigo en cada momento, bueno y malo, compartir maravillosas experiencias y locuras, por su lealtad, por haberme enseñado tantas cosas. Siempre recibí buenos consejos de ustedes y estuvieron ahí para levantarme cada vez que todo parecía perdido. Sin su amistad, afecto y todo el aliento que me brindaron este trabajo no habría llegado a concretarse. Los amigos son la familia que uno elige.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Biología del género <i>Vaucheria</i>	3
Posición taxonómica y caracteres diacríticos.....	3
Ultraestructura y morfología del talo.....	6
Reproducción asexual.....	12
Reproducción sexual.....	14
Variación morfológica de los gametangios.....	17
Hábitat.....	22
Diversidad específica en el mundo y en México.....	23
Importancia.....	26
OBJETIVOS.....	29
Objetivo general.....	29
Objetivos particulares.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
Investigación documental.....	31
Consulta de colecciones científicas.....	31
Exploraciones ficológicas.....	31
Aislamiento y cultivo.....	33
Caracteres moleculares.....	35
Caracteres morfológicos.....	37
Hábitat y variables hidrológicas.....	38
Distribución.....	39

Base de datos y otros archivos.....	39
Colecciones.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
Descripción de especies.....	41
Sección <i>Corniculatae</i>	41
<i>Vaucheria borealis</i>	43
<i>Vaucheria cf. bursata</i>	50
<i>Vaucheria aff. dillwynii</i>	60
<i>Vaucheria cf. repens</i>	65
Sección <i>Piloboloideae</i>	71
<i>Vaucheria longicaulis</i>	71
Sección <i>Racemosae</i>	75
<i>Vaucheria geminata</i>	75
<i>Vaucheria prona</i>	79
<i>Vaucheria zapotecana</i>	84
Sección <i>Tubuligerae</i>	88
<i>Vaucheria aversa</i>	89
<i>Vaucheria fontinalis</i>	93
Sección <i>Vaucheria</i>	95
<i>Vaucheria canalicularis</i>	95
Sección <i>Woroninia</i>	101
<i>Vaucheria velutina</i>	101
Poblaciones de <i>Vaucheria</i> sin determinación específica.....	105
Comentarios finales.....	109
CONCLUSIONES.....	111

RECOMENDACIONES.....	112
REFERENCIAS.....	114
ANEXO 1.....	129
ANEXO 2.....	133
ANEXO 3.....	138
ANEXO 4.....	140
ANEXO 5.....	150
ANEXO 6.....	162
ANEXO 7.....	174
ANEXO 8.....	176

RESUMEN

El género *Vaucheria* (Xanthophyceae) incluye organismos con talos formados por sifones alargados que producen anteridios y oogonios durante la reproducción sexual. Las diferencias morfológicas de estas estructuras permiten separar al género en nueve secciones y 87 especies. El país con la mayor diversidad específica es E.U.A. con 44 especies, mientras que para México, un país megadiverso, solo se han reportado seis. Es posible que el bajo número de registros en el país se deba a la falta de estudios, a la ausencia de estructuras reproductivas en el material de campo y a la dificultad para interpretar algunos de sus caracteres morfológicos. Debido a ello, la presente investigación buscó integrar el conocimiento sobre el género *Vaucheria* en México, para lo cual se consultaron fuentes bibliográficas, herbarios, y además se realizaron exploraciones ficológicas en distintos estados del país. Aunado a esto, el establecimiento de cultivos de material biológico obtenido en el campo, permitió hacer observaciones morfológicas de las estructuras reproductivas, así como un análisis filogenético de las secuencias del gen *rbcL* y sus espaciadores para las diferentes cepas. Así se obtuvo un conjunto de datos sobre la morfología, hábitat, distribución y relaciones filogenéticas de doce especies (*V. aversa*, *V. aff. dillwynii*, *V. borealis*, *V. bursata*, *V. canalicularis*, *V. fontinalis*, *V. geminata*, *V. longicaulis*, *V. prona*, *V. repens*, *V. velutina* y *V. zapotecana*) representadas en el territorio nacional, de las cuales cinco son nuevos registros para México, mientras que *V. zapotecana* representa una nueva especie. Además se reconoce el registro de 38 poblaciones sin determinación específica. Así la distribución actual del género en México abarca 19 entidades federativas de las cuales el Estado de México es la que cuenta con mayor riqueza y número de registros. Además, se pudo observar que en nuestro país algunas poblaciones del género se desarrollan en ambientes inusuales según referencias anteriores, como lo son: la selva baja caducifolia y el matorral xerófilo. Aunque aquí se amplía el conocimiento sobre la diversidad de *Vaucheria* en nuestro país, aún existe un gran potencial de encontrar nuevas especies debido al alto número de poblaciones no determinadas específicamente. Se espera que la metodología propuesta sirva de base para continuar el estudio de estas poblaciones en el futuro.

ABSTRACT

The genus *Vaucheria* (Xanthophyceae) includes organisms with thalli constituted by elongated siphons which produce antheridia and oogonia during sexual reproduction. The morphological differences of these structures allow the division of the genus in nine sections and 87 species. The country with the largest specific diversity is U.S.A. (44 species), while for Mexico only six species have been reported despite its proximity with the area of highest diversity and even if it is considered a megadiverse country. It is possible that the low number of records is due to the lack of scientific studies, the absence of reproductive structures in the field samples and the difficulty to interpret certain morphological characters. Taking this into account, the present study sought to unify the knowledge of the genus *Vaucheria* in Mexico. To do this, several bibliographic sources and herbaria were consulted, and also a number of phycological explorations were carried out in different States. In addition, the establishment of cultures from collected biological material allowed making morphological and ultrastructural observations of the reproductive structures, as well as a phylogenetic analysis of the *rbcL* gene and its spacer sequences for the different strains obtained. Through this methodology it was possible to obtain a wide range of data dealing with the morphology, habitat, distribution and phylogenetic relationships of twelve species of the genus (*V. geminata*, *V. fontinalis*, *V. bursata*, *V. prona*, *V. velutina*, *V. longicaulis*, *V. borealis*, *V. aff. dillwynii*, *V. repens*, *V. zapotecana*, *V. canalicularis* y *V. aversa*) represented in our country, from which five are considered as new published records for Mexico, while *V. zapotecana* is recognized as a new species for the world. On the other hand 38 populations remain to be determined to species level. Considering this, the present distribution of the genus in Mexico comprises 19 states from which the State of Mexico is the one with more species and records. Also in the country there are populations that develop in unusual environments like the deciduous tropical forest and the desert scrub. Even if in this study the knowledge of the diversity of *Vaucheria* in México is increased, there is still a great potential to find new species due to the high number of undetermined populations. It is expected that the proposed methodology will serve as a basis to continue the study of this populations in the near future.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la biodiversidad algal en México es un aspecto estratégico para lograr el desarrollo social y económico del país. Además de los importantes papeles ecológicos que desempeñan estos organismos como productores primarios; el registro y descubrimiento de especies de algas está fuertemente ligado al hallazgo de nuevos medicamentos y alimentos; a la capacidad de producción de combustibles alternos; así como al desarrollo de métodos de biorremediación y evaluación de la calidad del agua (Marshall 1987; Kumar y Singh 1979; Pedroche y Senties 2003). A pesar de la importancia que tienen los estudios taxonómicos de algas, muchos grupos han sido poco estudiados en el país; entre ellos las Xanthophyceae y en particular el género *Vaucheria* (Ortega 1984).

Reconocer la biodiversidad de este género en el país es una tarea particular de la Sistemática. Dicha disciplina es la más elemental e inclusiva de las ciencias biológicas ya que reúne y sintetiza todo lo que se conoce de los seres vivos: diversidad, clasificación, nomenclatura, morfología, fisiología, ecología, biogeografía y biología molecular entre otras; con el fin de organizar el conocimiento del mundo vivo para su estudio científico (Morrone 2013). Tomando en cuenta lo anterior, a continuación se presenta un marco teórico necesario sobre la biología de *Vaucheria* que permitirá la comprensión de su diversidad en el país y que contribuye a justificar el presente estudio.

Biología del género *Vaucheria*

Posición taxonómica y caracteres diacríticos

La clasificación del género *Vaucheria* basada en grupos monofiléticos considerada en este estudio es la propuesta por Adl *et al.* (2012) para *taxa* superiores a Clase en combinación con Guiry y Guiry (2013) de Clase a género.

I. Eucaryota Chatton 1925

II. Diaphoreticka Burki *et al.* 2008

III. SAR (Stramenopila-Alveolata-Rhizaria) Burki *et al.* 2008

IV. Stramenopila Patterson 1989, emend. Adl *et al.* 2005

V. Clase Xanthophyceae Allorge 1930, emend. Fritsch 1935

VI. Orden Vaucheriales (Naegeli) Bohlin 1901

VII. Familia Vaucheriaceae Dumortier 1823

VIII. Género *Vaucheria* de Candolle 1801

Actualmente esta podría ser considerada la clasificación más adecuada para el género *Vaucheria*, sin embargo su taxonomía ha cambiado notablemente desde su descubrimiento

como se puede apreciar en la Tabla 1. Este taxón, dedicado al botánico Étienne Vaucher, fue nombrado durante el siglo XVIII y a principios del XIX como *Byssus* (Micheli 1729), *Conferva* (Lineo 1753) y *Ectosperma* (Vaucher 1803); fue clasificada como un género de Chlorophyceae (Kützing 1849; Tiffany 1933) y posteriormente de Xanthophyceae; para después ubicarse en grupos en grupos monofiléticos de organismos heterocontes, tanto fotosintéticos como no fotosintéticos, junto a dinoflagelados, ciliados, organismos con rizópodos e incluso en asociación lejana con las plantas superiores (Adl *et al.* 2012).

Tomando en cuenta las características de los grupos establecidos en la clasificación de Adl *et al.* (2012) y Guiry y Guiry (2013), se puede describir al género *Vaucheria* como un grupo organismos eucariontes, es decir, con núcleos. Dentro de estos organelos se encuentran cromosomas lineales conformados por histonas y ADN. Se considera que buena parte de la secuencia de nucleótidos de ADN dentro de estos núcleos tiene un origen común relativamente próximo con las secuencias encontradas en los grupos de organismos que a continuación se mencionan en orden descendente de similitud genética con respecto a *Vaucheria*: Stramenopila (p. e. xantoficeas, diatomeas, algas pardas, opalinados, crisofíceas, oomicetos, etc), Alveolata (p. e. dinoflagelados y ciliados), Rhizaria (p. e. foraminíferos), Archaeplastida (p. e. plantas superiores, algas verdes y algas rojas), entre otros grupos eucariontes cuyas relaciones aún no son claras (Cryptophyta, *Telonema*, Haptophyta, Centrohelida y Kathablepharidae) (Fig. 1).

Además de la cercana relación genética de *Vaucheria* con el resto de los organismos de Stramenopila y Xanthophyceae, también existen aspectos bioquímicos y ultraestructurales que los agrupan como son: la morfología tubular de sus crestas mitocondriales, la presencia de células reproductivas móviles con flagelación heteroconte, paredes de celulosa, la faja lamelar del cloroplasto, la asociación del cloroplasto con el retículo endoplásmico, y la existencia de pigmentos como clorofilas *a*, *c*₁, *c*₂ y ciertas xantinas. Como miembro del Orden Vaucheriales y la Familia Vaucheriaceae, *Vaucheria* se caracteriza por el talo sifonado y por la producción de oogonios y anteridios (Adl *et al.* 2012).

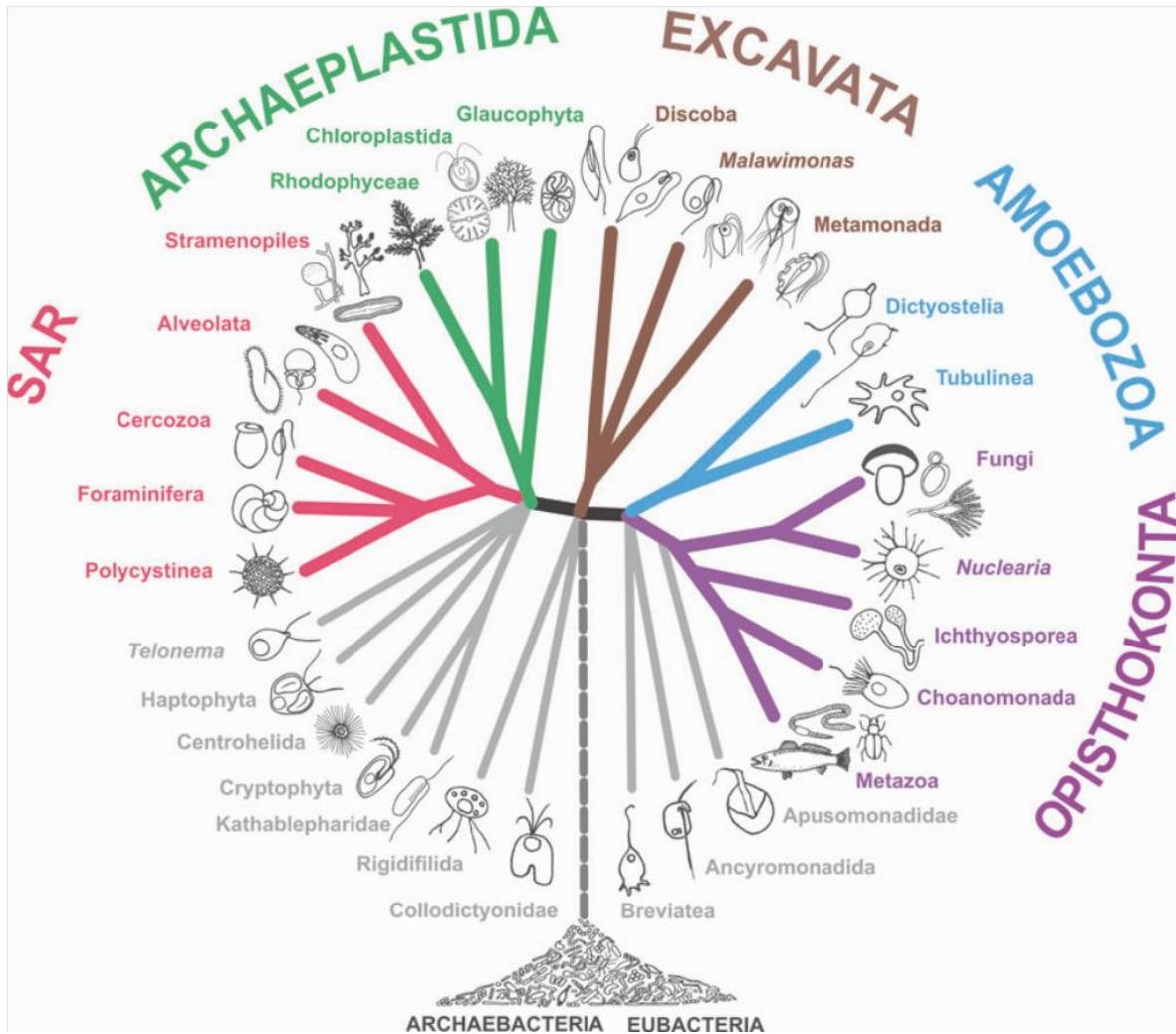


Fig. 1. Filogenia de los eucariontes que refleja el sistema de clasificación propuesto por Adl *et al.* (2012).

Ultraestructura y morfología del talo

El talo de *Vaucheria* es macroscópico con una textura parecida al fieltro. Los elementos que lo constituyen son sifones cilíndricos alargados y redondeados en su ápice, que se ramifican de manera irregular y escasa con crecimiento apical indefinido (Rieth 1980; Johnson y Merritt 2002; Ott y Oldham-Ott 2003). Su pared celular está compuesta por 90% de celulosa, además de glucosa y pequeñas cantidades de ribosa, xilosa y arabinosa (Parker *et al.* 1963).

Los sifones se caracterizan por poseer un citoplasma continuo con numerosos núcleos. Sin embargo, a pesar de esta continuidad pueden reconocerse cuatro zonas según su contenido celular, actividad metabólica y estructura: la apical (ZA), subapical (ZSA), vacuolar (ZV) y rizoidal (ZR) (Fig. 2). La primera, es corta y en ella se lleva a cabo el crecimiento longitudinal indefinido por medio de la producción de vesículas que transportan los componentes de la pared. A su vez existen dictiosomas combinados con elementos del retículo endoplásmico y mitocondrias. Esta zona carece de núcleos y cloroplastos (Rieth 1980).

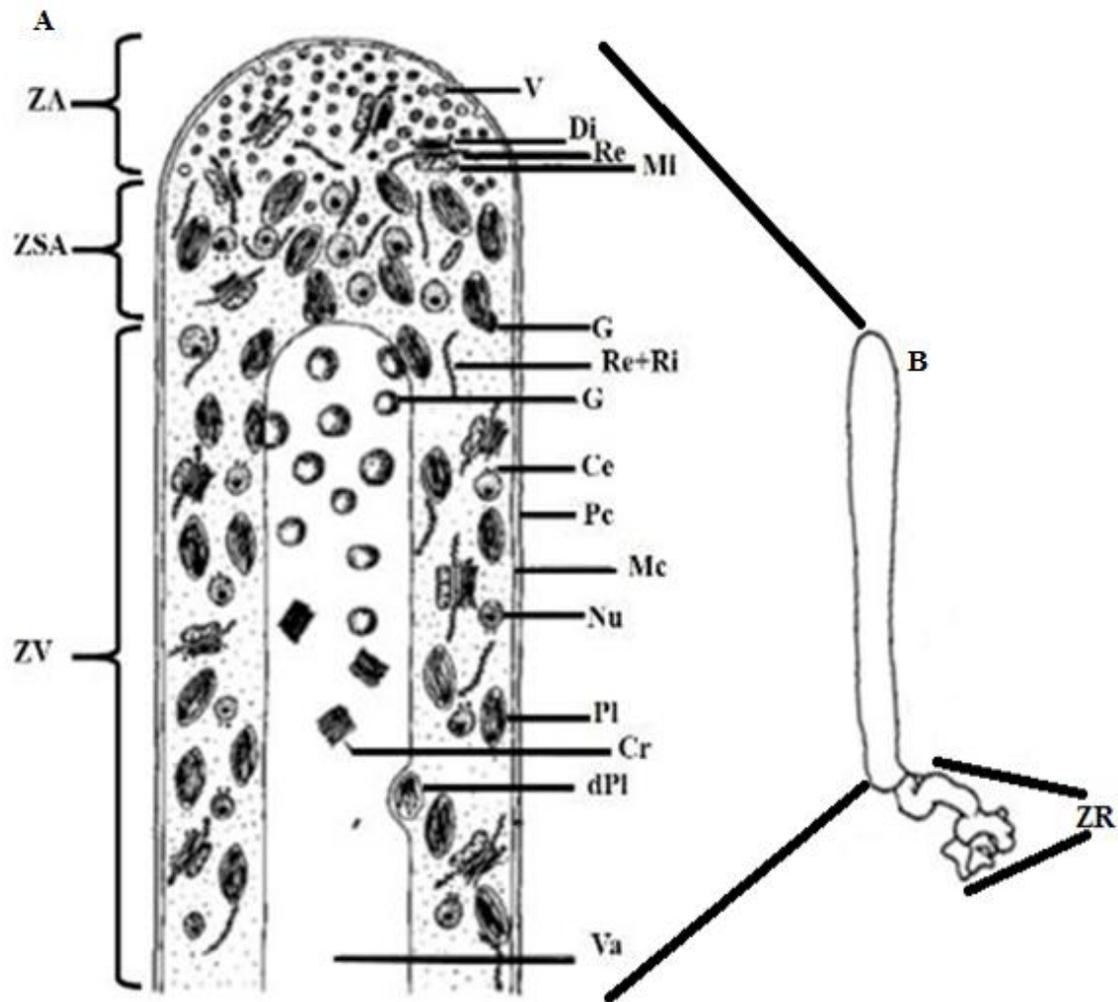


Fig. 2. Ultraestructura del talo de *Vaucheria*. Esquemas modificados de Rieth (1980). A, ápice del sifón; B, representación general del talo. Ce, centriolos; Cr, cristales; Di, dictiosoma; dPl, plasto degenerado; G, grasa; Mc, membrana celular; Mi, mitocondrias; Nu, núcleo; Pc, pared celular; Pl, plasto; Re, retículo endoplásmico; Ri, ribosomas; V, vesícula; Va, vacuola; ZA, zona apical de crecimiento; ZSA, zona subapical; ZV, zona vacuolar; ZR, zona rizoidal.

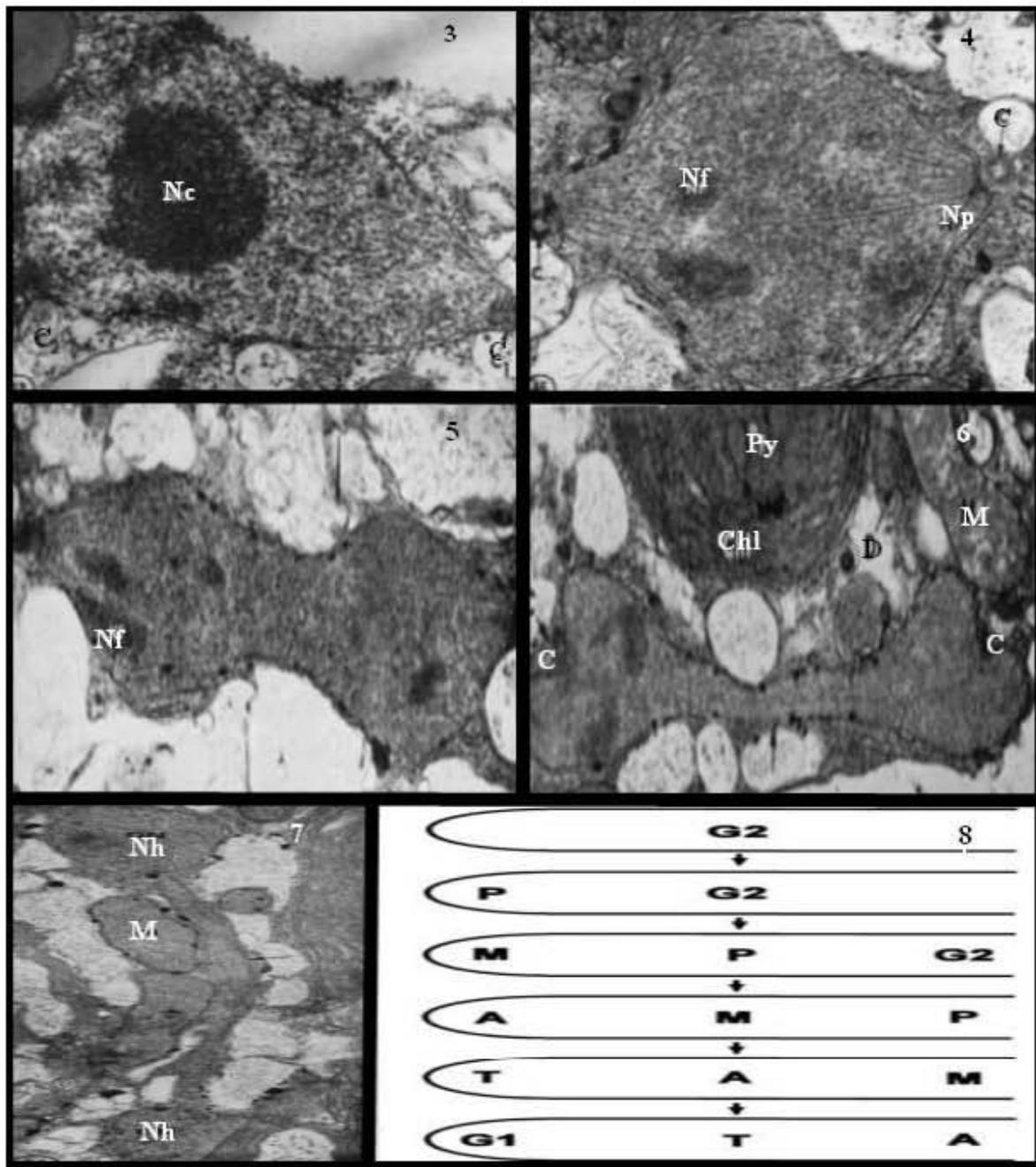
La zona subapical (ZSA), es de longitud variable y presenta numerosos plastos, núcleos, ribosomas y retículo endoplásmico rugoso que puede formar un complejo con los dictiosomas y mitocondrias. Aquí el número de vesículas se reduce (Rieth 1980).

Los plastos son discoidales, redondos, ovales o fusiformes y producen gotitas de grasa como sustancia de reserva. Algunas especies presentan pirenoides (Rieth 1980; Johnson y Merritt 2002; Ott y Oldham-Ott 2003). Así como en otros Stramenopila fotosintéticos, los plastos poseen una faja lamelar y una membrana externa correspondiente al retículo endoplásmico que entra en contacto directo con la membrana externa de los núcleos (Adl *et al.* 2012). Esta disposición se interpreta a través del proceso de endosimbiosis que dio origen a los heterocontes fotoautotróficos. En dicho proceso un heteroconte heterótrofo unicelular debió fagocitar a un eucarionte fototrófico, que al convertirse en un endosimbionte se modificó para dar origen al plasto, el cual, además de presentar la doble membrana típica, presenta dos capas más, una que se interpreta como el plasmalema del alga endosimbiótica y otra externa correspondiente al retículo endoplásmico que puede representar la vacuola alimenticia del hospedero (Hoek *et al.* 1995).

El color verde amarillento de los plastos se debe a la presencia de las clorofilas *a*, *c*₁ y *c*₂; así como pigmentos accesorios que incluyen la vaucheriaxantina (propia de Xanthophyceae, Eustigmatophyceae y Raphidophyceae), diatoxantina, diadinoxantina, heteroxantina, criptoxantina y neoxantina; sin fucoxantina lo que las distingue de Chrysophyceae, Bacillariophyceae y Phaeophyceae (Whittle y Casseltton 1975; Hoek *et al.* 1995; Johnson y Merritt 2002).

La zona vacuolar (ZV) (Fig. 2), corre a lo largo de todo el sifón, excepto en las zonas apical y subapical. En ella se encuentra una gran vacuola central que contiene grasa como material de reserva, cloroplastos degenerados y cristales. En el citoplasma periférico se localizan cloroplastos cerca de la pared celular e internamente y adyacentes a la vacuola están los núcleos asociados a microtúbulos, mitocondrias, retículo endoplásmico y dictiosomas (Kumar y Singh 1979; Rieth 1980).

La mitosis cerrada se lleva a cabo principalmente en la zona subapical aunque también en la vacuolar. El huso mitótico se forma entre dos centriolos (Figs 3-4). Los microtúbulos del huso en cada polo del núcleo se alargan durante la anafase, de tal manera que en la telofase los núcleos hijos se separan a una distancia importante. Debido a la persistencia de la envoltura nuclear, los pares de núcleos hijos toman una configuración parecida a unas pesas unidas por una barra (Figs 5-7). La gran elongación del huso asegura que los núcleos se ubiquen a una distancia adecuada en los sifones multinucleados (Hoek *et al.*, 1995). La mitosis está coordinada a lo largo de los sifones, la cual empieza en la zona subapical y se propaga hacia la zona vacuolar, por lo que se observa una sucesión de etapas a lo largo del sifón (Fig. 8) (Takahashi *et al.* 2003).



Figs 3-8. Mitosis en *Vaucheria*. Microfotografías de microscopía electrónica de transmisión de Ott y Brown (1972), esquema de Takahashi *et al.* (2003).

Fig. 3. Inicio de la profase. C, centriolos; Nc, nucléolo.

Fig. 4. Metafase. C, centriolos; Nf, fragmento del nucléolo; Np, poro nuclear.

Fig. 5. Anafase intermedia. Nf, fragmento del nucléolo.

Fig. 6. Parte final de la anafase. C, centriolos; Chl, cloroplasto; D, dictiosoma; M, mitocondria; Py, pirenoide.

Fig. 7. Telofase. Nh; núcleos hijos; M, mitocondria.

Fig. 8. Sucesión de etapas de la mitosis desde la zona subapical al resto del sifón. A, anafase; G1, gap 1; G2, gap 2; M, metafase; P, profase; T, telo fase.

Por último la zona rizoidal (ZR), es el sitio donde el talo entra en contacto con el sustrato formando rizoides para anclarse. Estos son sifones pobres en clorofila, incoloros, más o menos ramificados dicotómicamente y usualmente con excrescencias del talo, de diámetro reducido (Rieth 1980; Bourrelly 1981).

Según su morfología, los rizoides pueden ser de dos tipos (Fig. 9). Los “rizoides de fijación”, relativamente gruesos, poseen en sus extremos un disco con ganchos ramificados dicotómicamente por medio del cual el talo se ancla al sustrato sólido. Por otro lado existen los “rizoides fibrosos”, son sifones largos, delicados y poco ramificados, que se encuentran en organismos adheridos a sustratos lodosos (Rieth 1980).

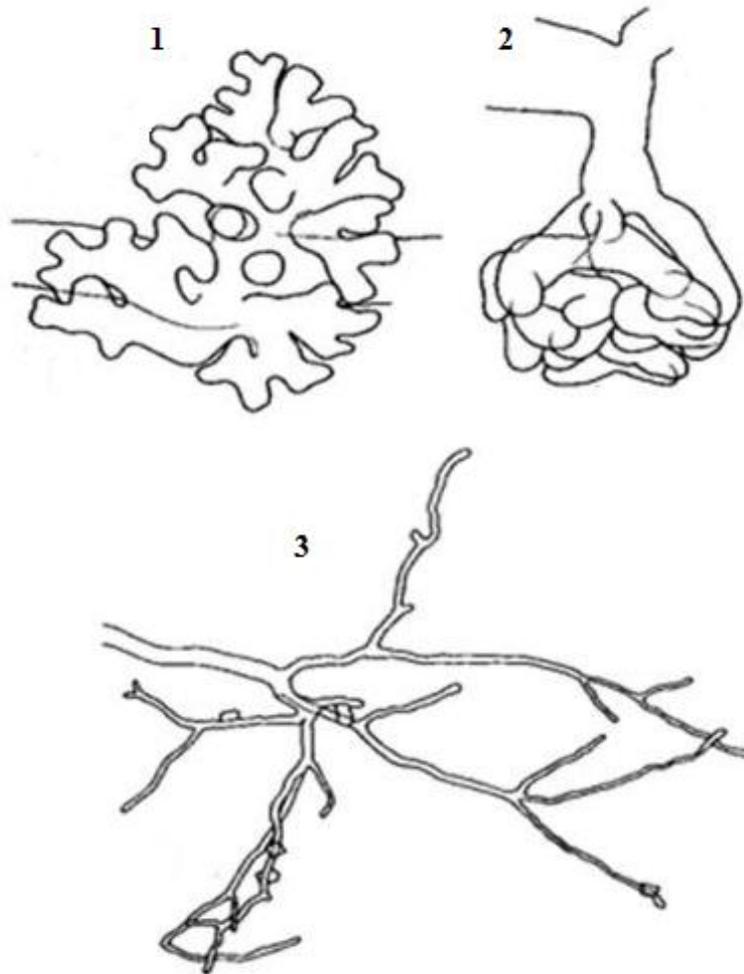


Fig. 9. Morfología de los rizoides. Modificado de Rieth (1980). 1 y 2, rizoides de fijación; 3, rizoides fibrosos.

Aunque generalmente en las cuatro regiones del talo los sifones no presentan septos, estos pueden formarse para aislar zonas viejas, dañadas o parasitadas; pero en especial se desarrollan durante la delimitación de estructuras de reproducción asexual y sexual (Kumar y Singh 1979; Rieth 1980; Bourrelly 1981; Johnson y Merritt 2002; Ott y Oldham-Ott 2003). El ciclo de vida general de *Vaucheria* que incluye estas dos formas de reproducción se muestra en la Fig. 10.

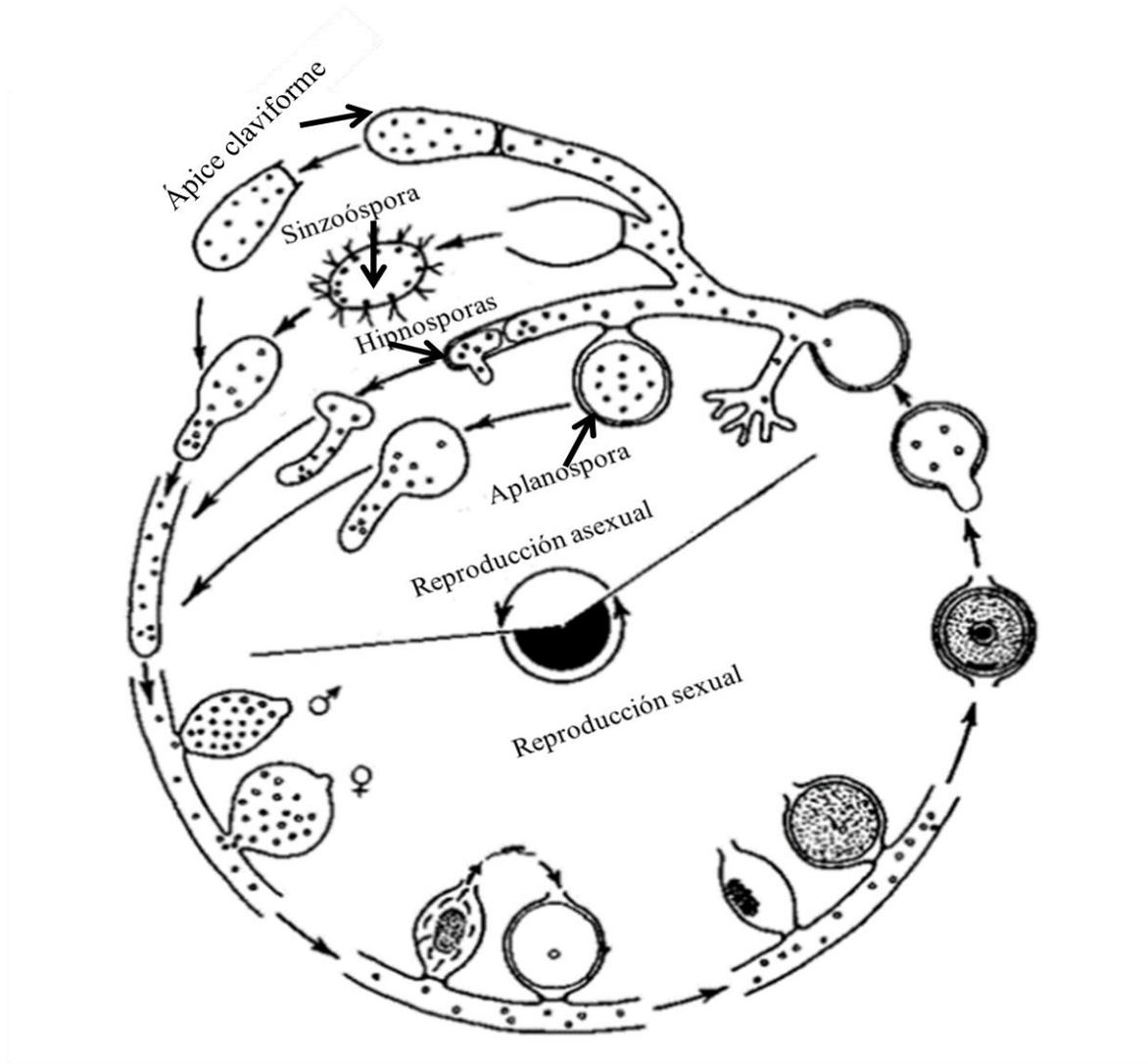


Fig. 10. Ciclo de vida de *Vaucheria*. Tomado de Rieth (1980).

Reproducción asexual

La reproducción asexual en *Vaucheria* se lleva a cabo mediante diferentes estructuras: inmóviles y móviles. En las primeras, se incluyen las hipnosporas (esporocistos), aplanosporas, acinetos y ápices claviformes. En las segundas, se reconocen las sinzoósporas (Kumar y Singh 1979; Rieth 1980; Bourrelly 1981; Johnson 2002; Ott y Oldham-Ott 2003).

Las hipnosporas o esporocistos se producen principalmente en especies terrestres cuando las condiciones ambientales se tornan desfavorables. Durante su formación el talo entero se segmenta transversalmente de forma irregular en un gran número de células cenocíticas con pared engrosada y rugosa que dan origen a las hipnosporas o esporocistos al separarse del talo y dispersarse en el suelo seco. Estos permanecen largo tiempo en latencia y germinan como un nuevo sifón cuando las condiciones se tornan nuevamente favorables. También se ha observado que durante el tiempo de latencia pueden fragmentarse aún más para dar origen a un gran número de quistes de los cuales emerge un protoplasto con movimiento ameboideo temporal que después se desarrolla en un nuevo talo (Kumar y Singh 1979; Rieth 1980; Hoek *et al.* 1995; Acleto y Zúñiga 1998).

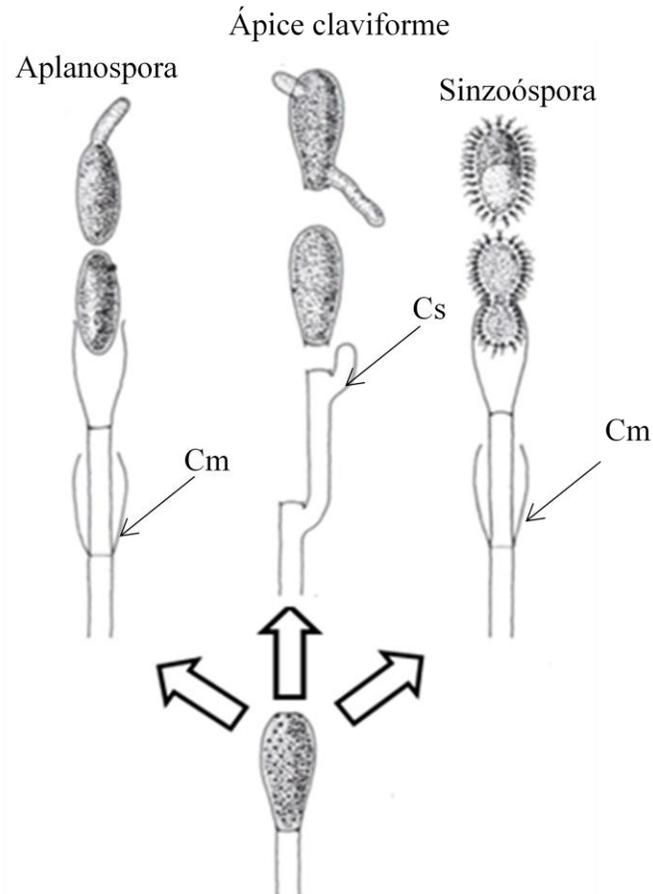


Fig. 11. Desarrollo de distintos tipos de estructuras asexuales en *Vaucheria*. Cm, crecimiento monopodial; Cs, crecimiento simpodial. Tomado de Rieth (1980).

En algunas especies acuáticas se desarrollan aplanosporas (aplanomitosporas) cuando el talo se transfiere de aguas con corriente a aguas estancadas o de luz a oscuridad. Estas se forman a través de la proliferación de esporangios ordenados sucesivamente sobre los sifones o en los ápices de crecimiento. Estos aplanosporangios son inicialmente claviformes, posteriormente aumentan de volumen debido a la acumulación de sustancias de reserva y se tornan de un color verde oscuro por acumulación de cloroplastos. Después se separan del resto del talo por medio de un septo. Posteriormente, dentro del aplanosporangio se forma una espora elipsoidal o esférica, sin flagelos, multinucleada y con pared propia. Finalmente, se forma un poro en el ápice del aplanosporangio por el cual se libera la aplanospora. Una vez que esto ha ocurrido, el sifón puede continuar su crecimiento monopodial a través del esporangio, a diferencia de lo que sucede con el esporangio que da origen al ápice claviforme (ver. Fig. 11). La aplanospora germina generalmente sin un largo tiempo de latencia para producir un nuevo talo, por lo que no se considera una estructura de resistencia (Kumar y Singh 1979; Rieth 1980).

Los acinetos, son cuestionables en *Vaucheria* aunque han sido reportados por Gauthier-Lièvre. Este autor señala acinetos de pared áspera formados en los órganos sexuales al final de la temporada de lluvias para *V. hamata*, *V. geminata* y *V. terrestris* en África del Norte. Dichos acinetos se formaban en “ramas fructíferas de apariencia normal” y se extendían sobre los pedicelos oogoniales enrollados. Podían ser solitarios de forma redonda o agruparse de 4 a 5 como rosario, teniendo en este caso forma polihédrica (Fig. 12). Dentro de los acinetos se podía reconocer sustancia de reserva y cloroplastos. Su destino hasta germinar en un talo nuevo se desconoce. Por lo tanto es necesario investigar más sobre la formación de los acinetos (Rieth 1980).

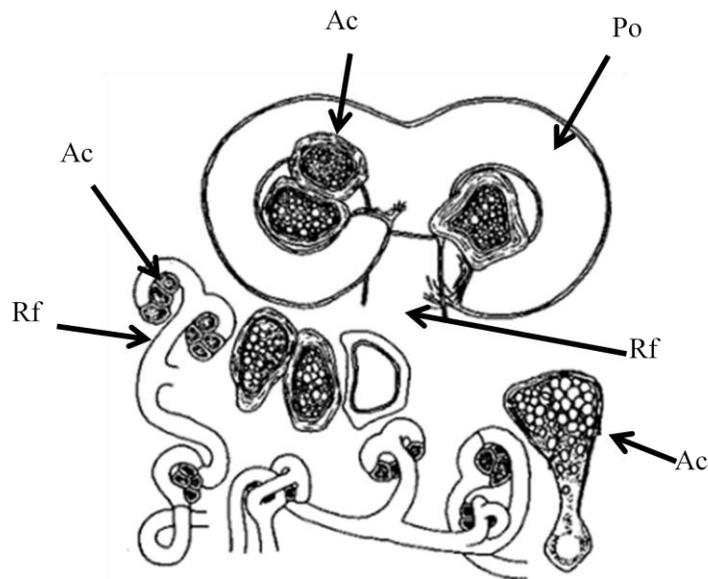


Fig. 12. Desarrollo de acinetos en *V. hamata*. Ac, acineto; Po, pedicelo oogonial; Rf, rama fructífera. Tomado de Rieth (1980).

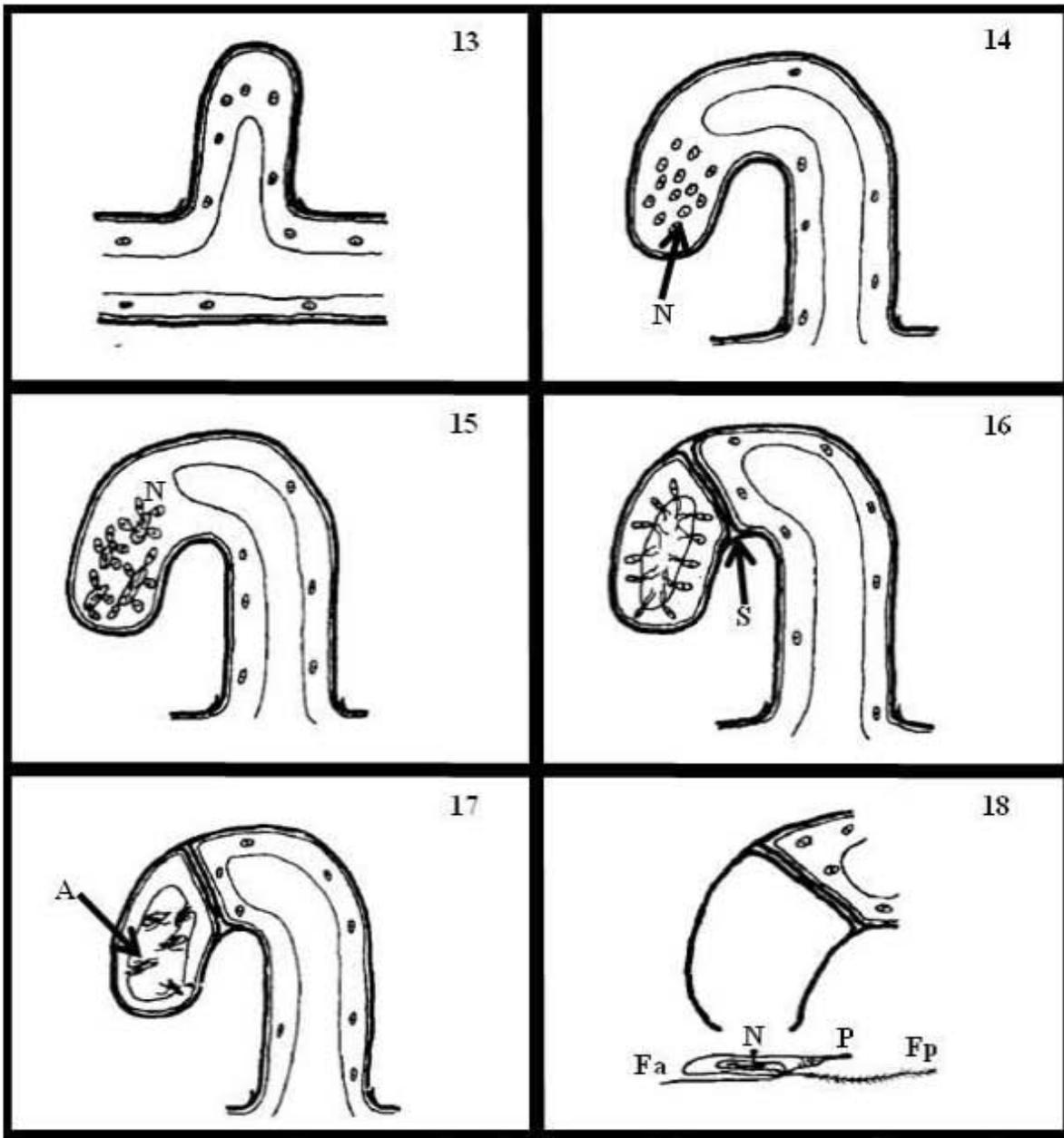
El ápice claviforme, está delimitado por una pared transversal del resto del filamento, donde este saco ensanchado se desprende del talo y germina inmediatamente formando uno o más sifones. A diferencia de la aplanospora, el ápice claviforme no desarrolla una pared propia dentro del esporangio, además de que la formación de este último no permite el crecimiento monopodial como en el aplanosporangio o el sinzoósporangio; por lo tanto el sifón continua su crecimiento de modo simpodial (Fig. 11) (Rieth 1980).

Se ha observado que la alta humedad, la transferencia de un sitio con corriente a uno estancado, la baja intensidad de luz u oscuridad, el ciclo circadiano y la dilución del medio de cultivo, favorecen o inducen la esporulación. El desarrollo de las sinzoósporas al igual que de las aplanosporas se inicia a menudo con la proliferación de esporangios en el ápice de los sifones más importantes, los cuales, inicialmente, son claviformes y se hinchan debido a la acumulación de sustancias de reserva, tornándose de un color llamativo verde oscuro por acumulación de cloroplastos, tras lo cual un septo separa a los sinzoosporangios del resto del talo. Posteriormente los núcleos y plastos intercambian su lugar normal en el sifón de tal manera que los núcleos se posicionan donde originalmente estaban los plastos. El protoplasma se contrae ligeramente y un par de flagelos heterocontes surgen asociados a cada núcleo. Así el resultado de este proceso de diferenciación es una espora ovalada, relativamente grande, multinucleada y rodeada de numerosos flagelos (Fig. 11). Estas esporas se forman individualmente en cada esporangio. Al momento de la liberación se desarrolla un poro apical en el esporangio mediante la gelatinización de la pared celular y la espora se desliza con un movimiento ameboide por el poro. Su liberación se logra por una clara ritmicidad endógena controlada por la luz. Posteriormente nada lentamente en círculos por un corto tiempo, se asienta en un sustrato, pierde sus flagelos y secreta una nueva pared. Al germinar forma uno o varios tubos germinales que dan origen al talo. Debido a este proceso de ontogenia varios autores han considerado que las sinzoósporas representan un conjunto de zoósporas que se mantienen unidas en una sola estructura (Rieth 1959; Bold y Wynne 1978; Kumar y Singh 1979; Rieth 1980; Hoek *et al.* 1995; Acleto y Zúñiga 1998; Ott y Oldham-Ott 2003).

Reproducción sexual

Cuando las condiciones ambientales cambian desfavorablemente de modo relativamente lento, los talos de *Vaucheria* pueden reproducirse por oogamia. Durante ese proceso se forman los gametangios masculinos y femeninos a partir de protuberancias laterales en el sifón (Fig. 13) o sobre ramas fructíferas. Dichas protuberancias crecen en tamaño y acumulan núcleos y plastos, tras lo cual se separan del resto del talo por medio de un septo (Kumar y Singh 1979; Bourrelly 1981; Acleto y Zúñiga 1998; Johnson y Merritt 2002; Ott y Oldham-Ott 2003)

Al madurar, el citoplasma cenocítico de los órganos sexuales masculinos, conocidos como espermatangios o anteridios, sufre una serie de modificaciones. Inicialmente los organelos citoplasmáticos se concentran (Fig. 14) y a continuación se asocia a cada núcleo un par de centriolos que constituyen un sistema flagelar interno. Al darse la formación del par flagelar para cada núcleo, estos se distribuyen alrededor de una vesícula con sustancias de reserva (Fig. 15 y 16). De esta manera cada núcleo queda asociado de manera lateral a un



Figs 13-18. Representación esquemática de las etapas de la espermatogénesis en *Vaucheria*. Tomado de Ott y Brown (1978).

Fig. 13. Primordio del anteridio.

Fig. 14. El anteridio comienza a adquirir su forma. Numerosos núcleos (N) comienzan a acumularse en su ápice.

Fig. 15. Los núcleos (N) se asocian a vesículas de sustancia de reserva e inicia la formación de los flagelos.

Fig. 16. Las vesículas con núcleos asociados coalescen en una mayor. Se forma el septo (S) que separa al anteridio del resto del talo.

Fig. 17. Individualización de los anterozoides (A).

Fig. 18. Liberación de anterozoides a través de un poro. Aquí el anterozoide se muestra a mayor escala N, núcleo alargado; Fp, flagelo pantonemático; Fa, flagelo acronemático; P, proboscis.

flagelo acronemático corto y a otro pantonemático largo en cuya base se desarrolla un estigma. Aunque el tipo de flagelación que se desarrolla en este proceso es la principal evidencia morfológica de la pertenencia de *Vaucheria* a Xanthophyceae y Stramenopila; cabe mencionar que no se desarrolla una hélice transicional en la base de los flagelos. Una vez concluida la distribución de los núcleos, se lleva a cabo la individualización del contenido del gametangio (Fig. 17) en numerosos anterozoides alargados pequeños que contienen mitocondrias, aparato de Golgi y una banda de microtúbulos que da rigidez a una proyección anterior llamada proboscis. Por su parte los plastos son excluidos y entran en un proceso de degeneración. Dentro del propio anteridio los anterozoides inician su movimiento con el flagelo liso dirigido hacia atrás y el que porta mastigonemes dirigido hacia adelante. Finalmente, son liberados ya sea por medio de una abertura claramente definida o por desintegración de la pared gametangial (Fig. 18) (Ott y Brown 1974; Rieth 1980; Hoek *et al.* 1995; Johnson y Merritt 2002; Ott y Oldham-Ott 2003).

Los oogonios u oogonios, estructuras de origen sexual femenino, surgen en ramas cortas laterales modificadas sobre sifones primarios o secundarios, o en ramas fructíferas bisexuales con un anteridio terminal, rara vez se les encuentra en el ápice del sifón principal. Su desarrollo comienza con el suministro de organelos como núcleos, cloroplastos, y material de reserva a un ensanchamiento o brote gametangial en el sifón con forma más o menos esférica o claviforme, la cual genera una pared transversal para separarse del resto del sifón o pedicelo. Durante este proceso se considera que la mayoría de los numerosos núcleos en el brote retornan al talo antes de la formación del septo, de tal manera que solamente queda un núcleo en el oogonio; o bien, se forma el septo y muchos núcleos degeneran para solamente dejar uno fértil. Cuando el gametangio ha concluido su desarrollo, dentro de él se forma una oosfera mononuclear que lo llena completa o parcialmente. Por lo general la fertilización se lleva a cabo a través una papila apical gelatinosa sobre la pared del oogonio que presenta un poro de fertilización, por el cual entra el anterozoide que alcanza así a la oosfera. A veces el poro de fertilización se encuentra en el ápice de una estructura tubular o cónica, recta o curva, que la oosfera no invade. En ese caso se conocen como oogonios con pico. En algunas especies la formación de la oosfera no implica el consumo total del contenido gametangial, por lo que puede presentarse eyección de plasma por el poro de fertilización o la conservación de un cuerpo residual en la zona basal de la oosfera (Rieth 1980).

Cuando la oosfera ha sido fecundada, y por tanto es diploide, se denomina oóspora (hipnocigoto, oocisto o gamocisto), la cual almacena reservas de grasa, se torna incolora o adquiere puntos de pigmento y se rodea de una pared celular gruesa, áspera y con al menos tres capas: exosporio, mesosporio y endosporio. El mesosporio puede dividirse en más capas dando lugar a una apariencia lamelada. Ocasionalmente, la oóspora es liberada de la pared oogonial mientras éste sigue adherido al filamento vegetativo aunque también puede liberarse el oogonio completo llevando al cigoto. Generalmente esta estructura de resistencia no puede germinar inmediatamente y tiene un periodo obligado de latencia antes de germinar. Cuando se tiñe la oóspora con azul de algodón y lactofenol, es posible observar el área de germinación por donde emergerá un nuevo sifón y que se forma en el endosporio. Esta área presenta una línea marcada o una red de grietas (Fig. 19). Al germinar, se piensa que se lleva a cabo la meiosis, dando origen a un nuevo talo haploide después de un período de letargo. Sin embargo también existen evidencias que en

Vaucheria la reducción cromosómica es gamética y por tanto su ciclo de vida es diplóntico (Kumar y Singh 1979; Rieth 1980; Hoek *et al* 1995).

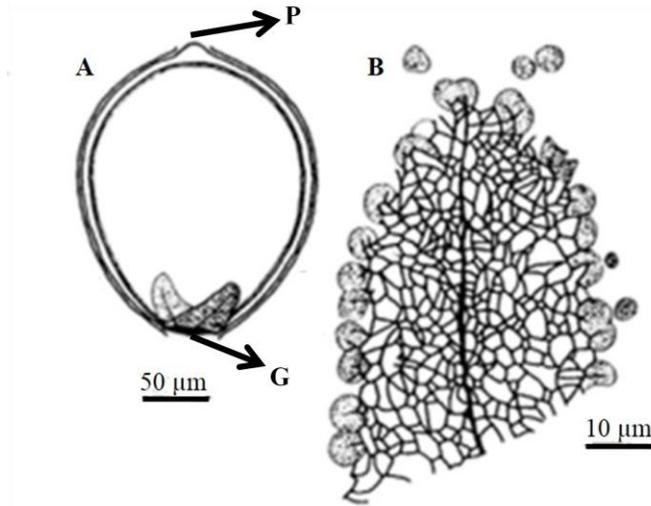


Fig. 19. A, ubicación del área de germinación en la oóspora de *V. sescuplicaria*; P= poro de fertilización, G= área de germinación. B, detalle del área de germinación de la oóspora de *V. dichotoma* donde se observa el sistema de grietas y una línea central. Tomado de Rieth (1980).

Considerando la presencia de anteridios y oogonios en el talo se puede indicar que la mayoría de las especies de *Vaucheria* son monoicas, es decir, anteridios y oogonios se desarrollan en el mismo talo, las especies dioicas presentan talos estrictamente definidos como masculinos o femeninos. Es de destacar el hecho de que en las especies monoicas cuyos anteridios y oogonios se encuentran muy próximos, son los órganos masculinos los primeros en formarse y posteriormente los femeninos, probablemente como un mecanismo para evitar la autofecundación (Kumar y Singh 1979; Rieth 1980; Bourrelly 1981; Johnson y Merritt 2002; Ott y Oldham-Ott 2003).

Variación morfológica de los gametangios

Aunque la descripción anterior de los procesos de espermatogénesis, ovogénesis, fecundación y germinación es general para *Vaucheria*, cada especie tiene sus particularidades, principalmente en cuanto a la morfología que adquieren los anteridios, oogonios y oósporas, cuya variación en cuanto a forma, disposición y tamaño ha sido la base de la taxonomía infragenérica (Rieth 1980; Bourrelly 1981; Johnson y Merritt 2002; Ott y Oldham-Ott 2003).

Los conjuntos de diversidad de formas del anteridio en el género pueden provenir de un tipo básico (Fig. 20: 1) que consiste en un tubo cilíndrico que abre por medio de un poro apical el cual sufrió ciertas modificaciones y las combinaciones de estas dieron origen a las siguientes formas derivadas:

1. Alargamiento y aumento del número de poros (Fig. 20: 2);
2. Curvatura (Fig. 20: 10-12);

3. Adquisición de una forma sacciforme con simetría radial (Fig. 20: 8 y 9);
4. Adquisición de una forma sacciforme con simetría radial y pérdida de un poro claramente definido (Fig. 20: 13 y 14);
5. Ensanchamiento apical en forma de martillo o almohada con proliferación de poros (Fig. 20: 5 y 15);
6. Ensanchamiento apical en forma de martillo, proliferación de poros y curvatura (Fig. 20: 6 y 7),
7. Proliferación de poros y curvatura (Fig. 20: 3 y 4).

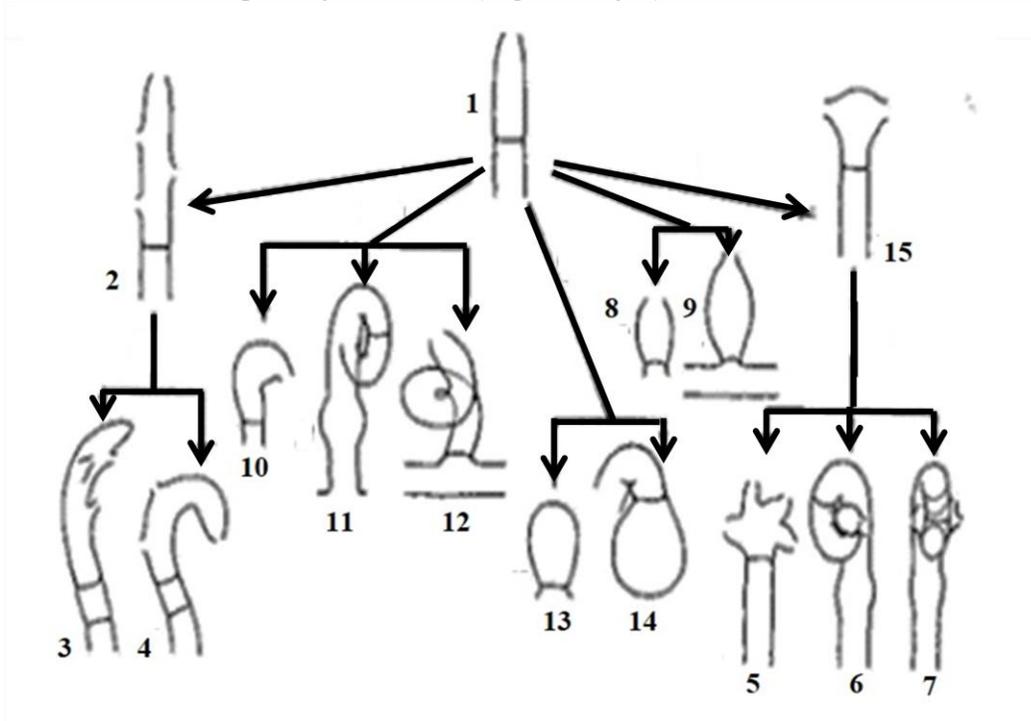


Fig. 20. Derivados de la forma anteridial básica. Tomado de Rieth (1980).

Debido a esta variabilidad, el género *Vaucheria* ha sido dividido en Secciones basadas en la morfología y posición de los anteridios. En la Tabla 2 se incluyen los distintos esquemas de clasificación infragenérica que se han propuesto por Walz (1866), Heering (1921), Blum (1972), Rieth (1980) y Entwisle (1988a).

Tabla 2. Secciones del género *Vaucheria*. SD=Sección no descrita, R=Rechazada, NC= no considerada en la publicación, ?= Entwisle considera que las especies de la sección *Pseudoanomalae* requieren revisión para ubicarlas taxonómicamente. Modificado de Entwisle (1988a).

Entwisle (1988a)	Rieth (1980)	Blum (1972)	Heering (1921)	Walz (1866)
<i>Corniculatae</i>	<i>Corniculatae</i>	<i>Corniculatae</i>	<i>Corniculatae</i>	"Grupo" <i>Corniculatae</i> ¹
R. (incluida en <i>Corniculatae</i>)	Subsect. <i>Sessiles</i>	Subsect. <i>Sessiles</i>	Subsect. <i>Sessiles</i>	"Subgrupo" <i>Sessiles</i>
<i>Racemosae</i>	Subsect. <i>Racemosae</i>	Subsect. <i>Racemosae</i>	Subsect. <i>Racemosae</i>	"Subgrupo" <i>Racemosae</i>
<i>Tubuligearae</i>	<i>Tubuligerae</i>	<i>Tubuligerae</i>	<i>Tubuligerae</i>	"Grupo" <i>Tubuligearae</i>
<i>Piloboloideae</i>	<i>Piloboloideae</i>	<i>Piloboloideae</i>	<i>Piloboloideae</i>	"Grupo" <i>Piloboloideae</i>
R (transferidas a <i>Corniculatae</i> y <i>Tubuligearae</i>)	<i>Globiferae</i>	R (transferida a <i>Pseudoanomalae</i> y subsect. <i>Sessiles</i>)	<i>Globiferae</i>	SD
<i>Woroninia</i>	<i>Woroninia</i>	<i>Woroninia</i>	<i>Woroninia</i>	SD
<i>Vaucheria</i>	<i>Anomalae</i>	<i>Anomalae</i>	<i>Anomalae</i>	SD
?	<i>Pseudoanomalae</i>	<i>Pseudoanomalae</i>	SD	SD
R (transferidas a <i>Corniculatae</i>)	<i>Contortae</i>	<i>Contortae</i>	SD	SD
R (transferidas a <i>Racemosae</i>)	<i>Heeringia</i>	<i>Heeringia</i>	SD	SD
<i>Androphorae</i>	<i>Androphorae</i>	NC	SD	SD
<i>Acrandrae</i>	<i>Acrandrae</i>	SD	SD	SD
<i>Hercynianae</i>	<i>Hercynianae</i>	SD	SD	SD

¹Todos los *taxa* son Secciones a menos que se indique lo contrario.

En este trabajo se consideró el esquema de clasificación de Entwisle (1988a) ya que estudios moleculares del gen *rbcL* han demostrado que las secciones propuestas por este autor corresponden a grupos monofiléticos (Andersen y Bailey 2002).

En la Tabla 3 se presentan los caracteres morfológicos principalmente del anteridio que definen a las secciones propuestas por Entwisle (1988a). A su vez en la figura 21, se muestra un panorama general de las características individuales de la morfología gametangial observada en cada sección.

Tabla 3. Caracteres diacríticos de las secciones de *Vaucheria* tomados de Entwisle 1988a. Caracteres: 1=anteridios sobre una cavidad septada, 2=andróforo, 3=número de poros anteridiales, 4=forma del anteridio, 5=gametóforos, 6=anteridio dirigido hacia el oogonio adyacente, 7=anteridio pedicelado, 8=poro oogonial diferenciado. Abreviaciones de estados de carácter: A=ausente, C=cilíndrico, Cl=claviforme, D= deltoide-pulvinado, F=fusiforme, I=intercalar, L=lateral, N/A=no aplica, O=ovoide a elipsoidal, P=Presente, T=terminal.

Secciones	Caracteres							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Acrandrae</i> Ott y Hommersand	A	I, T	1	C	A	A	P	P
<i>Androphorae</i> Nodstedt	A	L	1	C	A	A	P	P
<i>Corniculatae</i> (Walz) Heering, emend. Entwisle	A	A	1	C	A	N/A	P	P
<i>Hercynianae</i> Rieth	A	A	0	Cl	P	N/A	A	A
<i>Piloboloideae</i> (Walz) Heering	P	A	1-7	C, F	A, P	N/A	NA	A, P
<i>Racemosae</i> (Walz) Entwisle	A	A	1	C	P	N/A	P	A, P
<i>Tubuligerae</i> (Walz) Heering, emend. Entwisle	A	A	1	C, O	A	P	A	P
<i>Vaucheria</i>	A	A	2-4	D	P	NA	P	P
<i>Woroninia</i> (Solms-Laubach) Heering	A	A	1	F, O	A	A	A	P

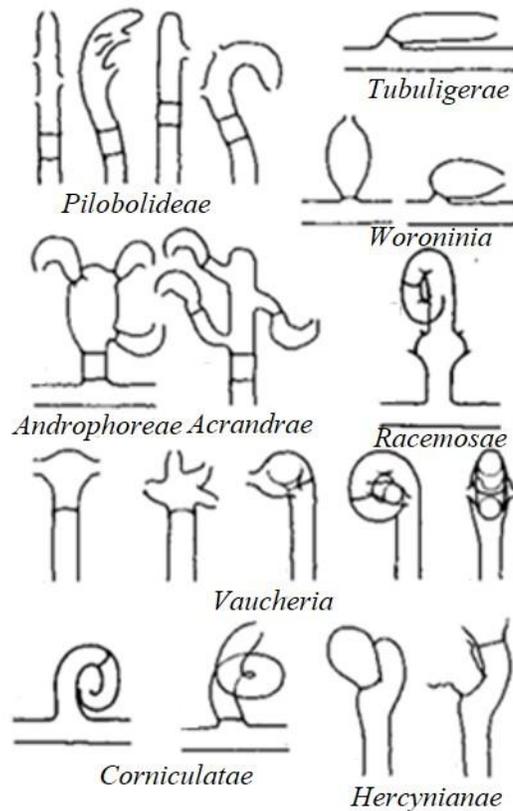


Fig. 21. Tipos de anteridios de las diferentes secciones del género *Vaucheria*. Tomado de Rieth (1980).

Contrastando con las diferencias o variedad de formas que se observan en los anteridios, la morfología de los oogonios es relativamente uniforme, dominada por dos tipos básicos: simetría radial, con formas esféricas, claviformes o de botella (Fig. 22: 1-6; 14; 18), o bien, con simetría bilateral y en forma de cabeza de ave (Fig. 22: 7-13; 15-17; 19-20). El número de poros oogoniales también puede variar (Fig. 22: 15-17) (Rieth 1980).

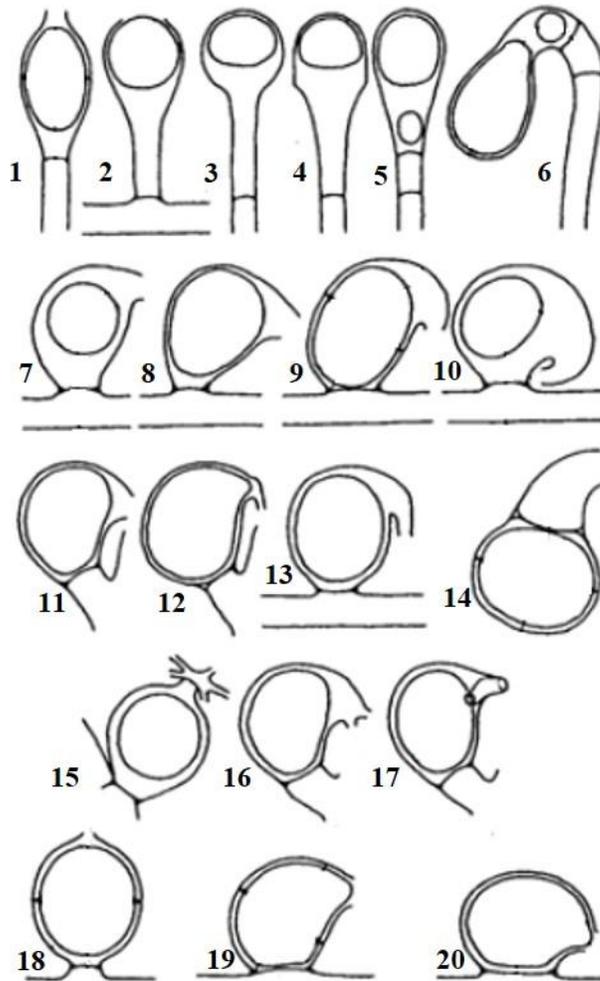


Fig. 22. Tipos de oogonios en *Vaucheria*. 1, *V. minuta*; 2, *V. compacta*; 3, *V. piloboloides*; 4, *V. bermudensis*; 5, *V. glomerata*; 6, *V. litorea*; 7 y 10, *V. aversa*; 8, *V. ornithocephala*; 9, *V. synandra*; 11, *V. pseudogeminata*, 12 *V. alaskana*, 13 *V. nasuta*, 14 *V. arrhyncha*, 15 *V. coronata*, 16 *V. lii* var. *bipora*, 17 *V. birostris*, 18 *V. dichotoma*, 19 *V. sessilis*, 20 *V. pachyderma*. Tomado de Rieth (1980).

La pared oogonial generalmente es lisa, aunque puede estar ornamentada con depresiones o una trama reticulada. A su vez el número de capas de la oóspora puede ser más de tres. En cuanto al área de germinación, los resultados obtenidos hasta el momento permiten la distinción de tres tipos morfológicos básicos (Rieth 1980):

1. Un disco de germinación bien delimitado con una línea central, que se ubica en la zona apical o basal (Fig. 23: 1-3 y 5).
2. Apertura basal con una línea de germinación circular y que se separa como una tapa (Fig. 23: 4).
3. Sin un disco de germinación definido claramente, pero con una línea de germinación ventral o rara vez dorsal en la capa interna de la pared de las oósporas con simetría bilateral (Fig. 23: 7-10).

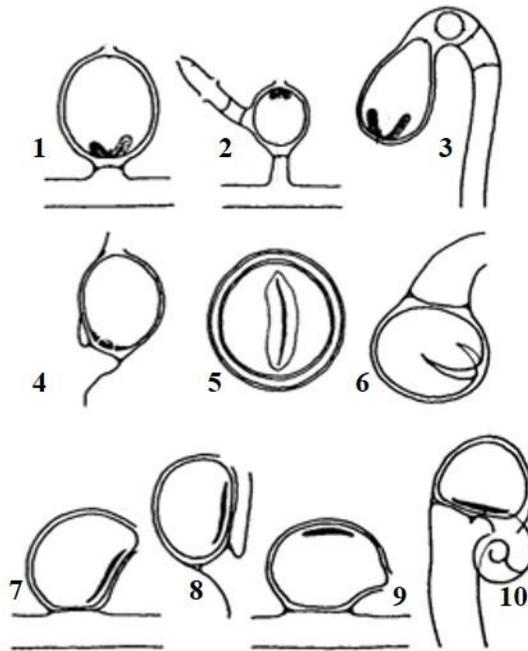


Fig. 23. Ubicación del sitio de salida del tubo de germinación sobre la oóspora en diferentes especies. Tomado de Rieth (1980). 1, *V. dichotoma*; 2, *V. intermedia*; 3, *V. litorea*; 4, *V. debaryana*; 5, *V. hercyniana*; 6, *V. arrhyncha*; 7, *V. sessilis*; 8, *V. woroniniana*; 9, *V. pachyderma*; 10, *V. hamata*.

Hábitat

Los ambientes en que habitan las especies también son muy variados, existen formas terrestres, anfibias y acuáticas, las dos últimas pueden encontrarse en ambientes dulceacuícolas, salobres o marinos. Algunos de los ambientes dulceacuícolas en que se han registrado son: zanjas, riachuelos, humedales, ríos, cascadas, estanques, pantanos y lagos. Ciertas especies pueden tener preferencia por alguno de estos hábitats, aunque en general los requerimientos ambientales son poco conocidos. La mayoría de las especies prefieren

temperaturas entre los 10 y 15°C y zonas sombreadas, por lo que generalmente pueden colectarse en otoño y hasta finales de la primavera. En cuanto a calidad de agua abarcan intervalos desde aguas oligosaprobias a α -mesosaprobias, mientras que con respecto al sustrato la mayoría son epilíticas o epipélicas, creciendo en suelos inundados y rocas. También crecen en macetas de plantas de invernadero. Por su parte, las raíces de los mangles suelen ser sustrato para especies marinas. En ciertas ocasiones los talos pueden desprenderse del sustrato y por tanto adquieren la forma de vida ticoplanctónica (Rieth 1980; Hoek *et al.* 1995; Ott y Oldham-Ott 2003; Wehr y Sheath 2003).

Diversidad específica en el mundo y en México

Tomando en cuenta la diversidad y combinaciones posibles de hábitats y de los caracteres morfológicos de anteridios, oogonios y oósporas; Rieth (1980) reconoció 68 especies en el mundo, mientras que actualmente Guiry y Guiry (2013) aceptan 80 especies. Para este trabajo se consideró la sumatoria de estas referencias que en conjunto reúnen 87 especies (Anexo 1).

La distribución de las especies del género es cosmopolita, aunque hasta la fecha no existen registros en varios países de Sudamérica, África, Centro de Asia, Indochina y la Antártida continental. Las naciones con mayor diversidad específica y en orden descendente son: Estados Unidos, Reino Unido, Australia, Países Bajos, Francia, Alemania, España, China e Irlanda (Fig. 24); esto puede deberse a que como lo han mencionado varios autores el género *Vaucheria* prefiere climas de fríos a templados (Wehr y Sheath 2003). Sin embargo es importante señalar que es en estos países donde se han llevado a cabo más listados y monografías del género. Por esta razón, es posible que el número de especies este subvalorado en otras regiones del mundo.

De manera importante, algunos de estos países “megadiversos” en cuanto a número de especies de *Vaucheria*, también son de los que poseen más especies que pueden considerarse endémicas, siendo los principales Australia y Estados Unidos (Fig. 25). Junto a esto, es importante considerar el caso de Australia, Chile, Sudáfrica y Nueva Zelanda, ya que al ubicarse todos ellos en el extremo sur de sus respectivos continentes y contar con posibles endemismos, sugieren que pudo existir un proceso de diversificación del género en el cono sur distinto al que se dio al norte, proceso que sucedió en otros grupos biológicos cuando el sur de África, Sudamérica y Australia estaban conectados en el supercontinente de Gondwana (McCarthy *et al.* 2007). Esta hipótesis podría probarse a través de análisis filogenéticos moleculares que incluyan poblaciones de estas zonas así como se ha hecho con otros grupos de organismos (Morrone 2013).

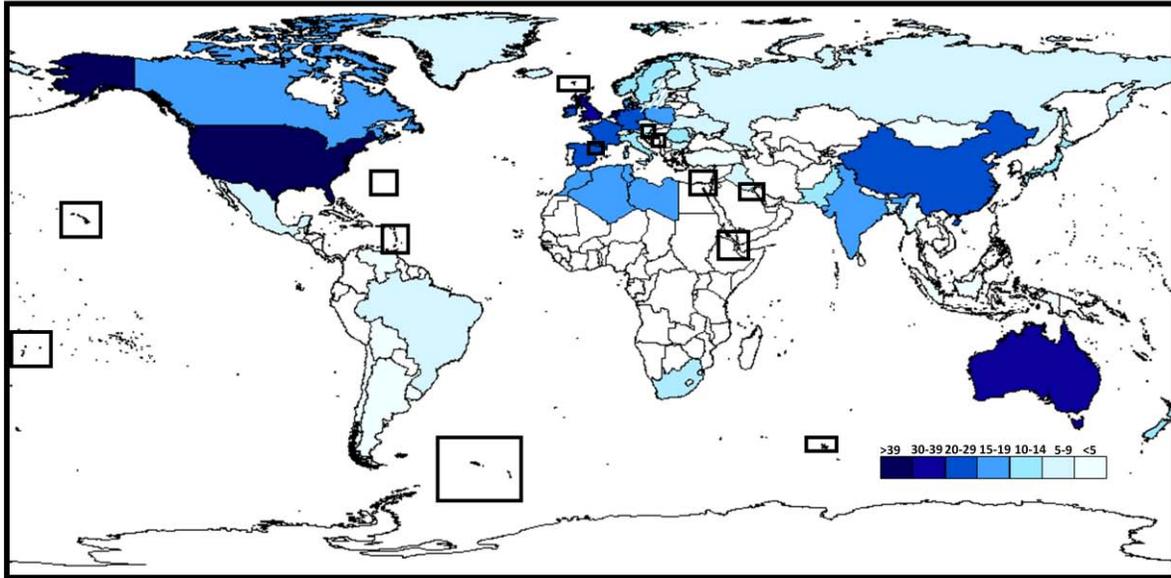


Fig. 24. Mapa de la distribución mundial y diversidad específica del género *Vaucheria* por país y territorios elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra. La barra de color indica el número de especies registradas. Los cuadrados representan territorios o países pequeños con menos de 5 especies registradas. Cabe mencionar que existen registros de 3 especies adicionales en Sudamérica, una para el Centro de África y una para el Norte de Europa.

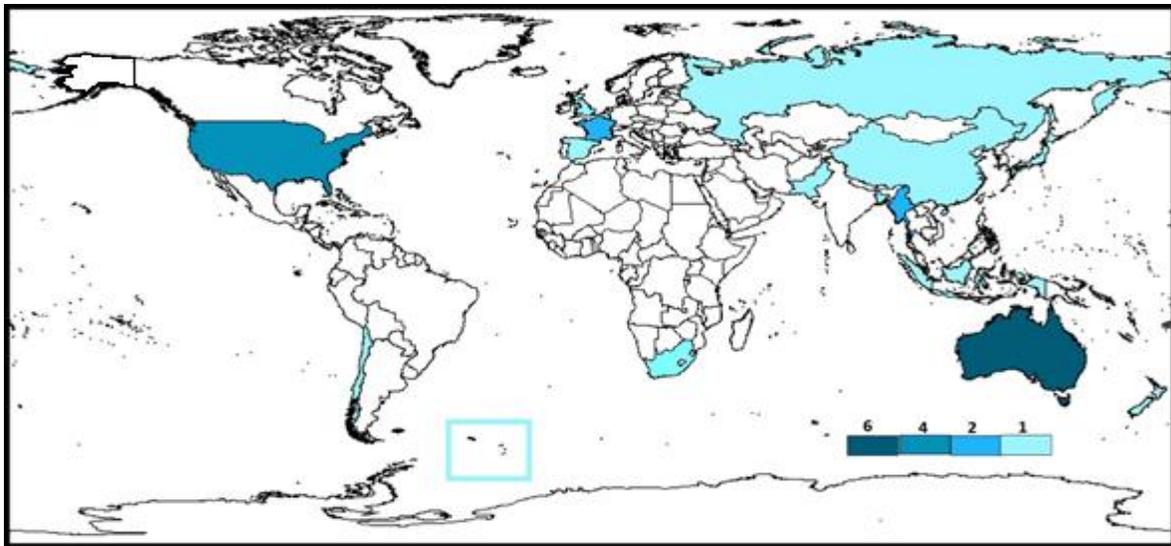


Fig. 25. Mapa de la distribución mundial de las especies posiblemente endémicas elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra. La barra de color indica el número de especies registradas para cada país o territorio.

Por su parte, México puede considerarse un país con pocas especies registradas. Durante el periodo de 1872 al 2013 en México sólo se han citado siete especies, cuatro de ellas en

ambientes dulceacuícolas: *V. geminata* para el Estado de México, Puebla, Morelos, Hidalgo y Oaxaca; *V. fontinalis* para Guanajuato, *V. zapotecana* para Oaxaca, *V. prona* para Guadalajara y *V. bursata* para San Luis Potosí., Morelos y el Estado de México (González-Coss 1872; Bravo-Hollis 1936; Hoffman y Sámano Bishop 1938; Blum, 1953; Valadez-Cruz *et al.* 1996; Novelo 1998; Pérez-Gutiérrez 2009; Bojorge-García *et al.* 2010; Bonilla-Rodríguez *et al.* 2013). Por su parte, dos especies corresponden a registros marinos: *V. longicaulis* para las costas de Baja California y *V. velutina* para Guerrero (Mendoza-González *et al.* 2008).

Es importante agregar que además de estas especies, existen registros de poblaciones sin determinación específica de ambientes tropicales, por ejemplo en la Laguna de Términos, Campeche y en Los Manantiales, Morelos (Ortega 1984; Ortega *et al.* 1994; Ortega 1995; Ramírez-Vázquez y Cantoral-Uriza 2003; Valadez-Cruz *et al.* 1996).

Una de las posibles causas de la ausencia de información sobre estas poblaciones y del bajo número de especies registradas en México es que los talos se encuentran frecuentemente sin estructuras de reproducción sexual en su hábitat natural (Linne von Berg y Kowallik 1996), llevando a la necesidad de cultivar estos organismos para inducir el desarrollo de oogonios y anteridios (Ott y Oldham-Ott 2003; Schagerl y Kerschbaumer 2008). Sin embargo, aunque estas estructuras pueden llegar a encontrarse en la naturaleza o se puede generar su inducción en el laboratorio, algunas especies son difíciles de diferenciar entre ellas solo por la morfología gametangial (Linne von Berg y Kowallik 1996). Por esta razón y con el fin de realizar una mejor delimitación taxonómica de las especies integrantes del género, algunos estudios como los de Andersen y Bailey (2002) y Schagerl y Kerschbaumer (2008) han utilizado algunos marcadores moleculares y datos ecológicos para la definición específica de algunos *taxa*. A pesar de ello, resalta la posible existencia de especies crípticas con características morfológicas indistinguibles. Gracias a todos estos esfuerzos se aprecia que dentro del género puede existir una gran diversidad dentro de las especies morfológicas e incluso biológicas (Linne von Berg y Kowallik 1996) y que la combinación de diferentes enfoques en su estudio permitirá reconocer los *taxa*.

Teniendo en cuenta la necesidad de llevar a cabo este tipo de estudios integrales sobre *Vaucheria* es preciso considerar que para su consecución es de importancia la obtención de cultivos para producción de estructuras reproductivas (Ott y Oldham-Ott 2003; Schagerl y Kerschbaumer 2008) y en especial cultivos unialgales para la obtención de ADN (Andersen y Bailey 2002). Sin embargo, a diferencia de otros estudios donde las cepas axénicas se han adquirido directamente de colecciones científicas especializadas (p.e. Andersen y Bailey 2002), en México no existen cultivos de *Vaucheria*, por lo cual se haría necesario iniciar la obtención de cepas a partir de poblaciones silvestres las cuales tendrían un mayor valor por su potencial de poseer características tanto morfológicas, ecológicas y genéticas distintas a las de poblaciones en otros países. Para poder establecer dichas cepas es primordial conocer los principales factores que afectan su desarrollo; en la literatura se indican diferentes formas de cultivo y técnicas de aislamiento que varían principalmente en cuanto al tipo de medio y las variables físicas. En particular, los medios de cultivo pueden ser naturales o artificiales con diferencias en su composición química (Kataoka 1980; Kataoka *et al.* 2000;

Alessa y Oliveira 2001; Wallace *et al.* 2001; Ott y Oldham-Ott 2003; Schagerl y Kerschbaumer 2008; Schneider *et al.* 2008; UTEX 2013).

Importancia

En los últimos años, algunas investigaciones han encontrado elementos de interés en este género, principalmente en las áreas de la ingeniería genética, farmacología y evaluación de la calidad del agua.

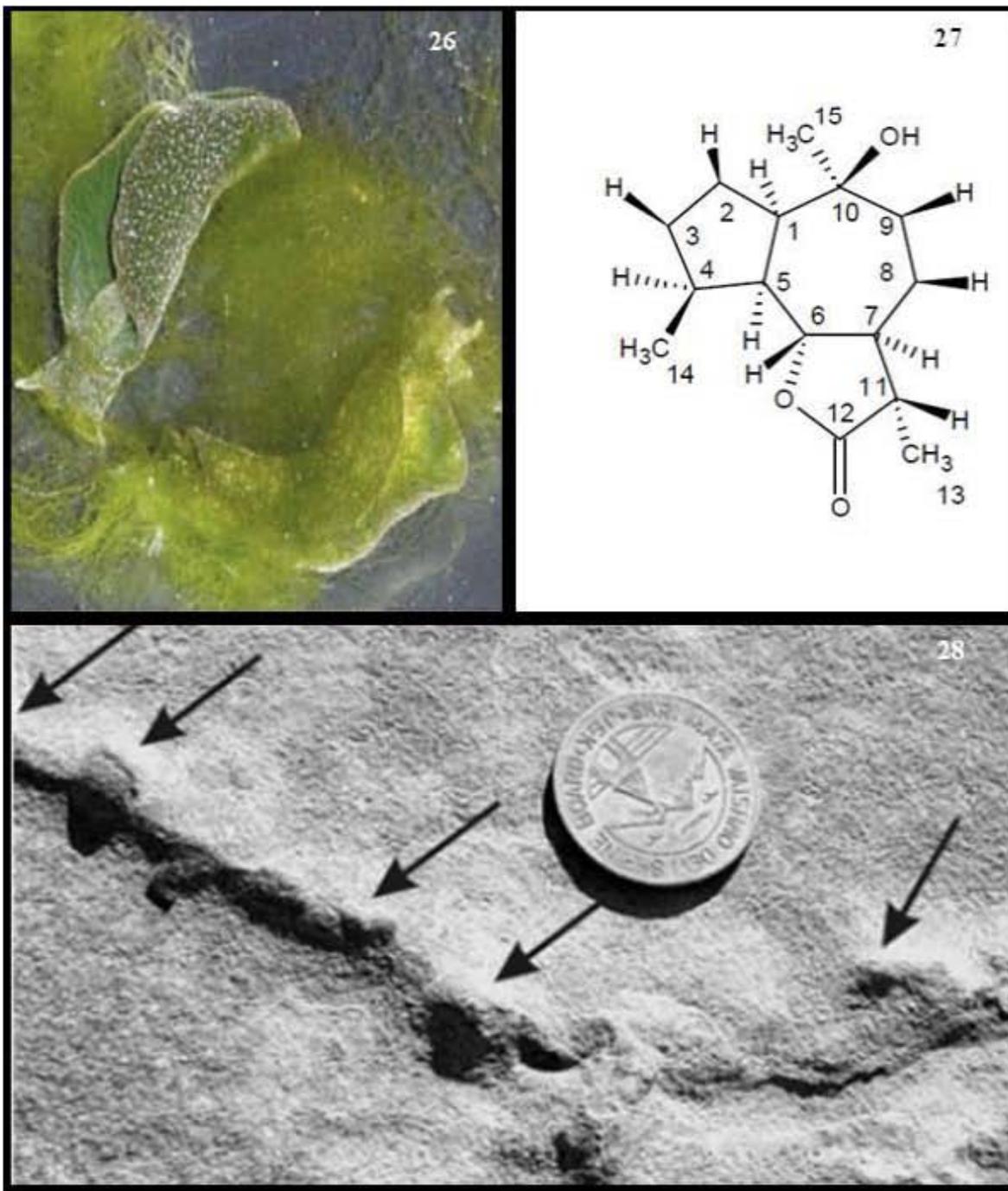
El fenómeno endosimbiótico de la cleptoplastosis consiste en la transferencia de plastos desde un organismo fototrófo a uno heterótrofo. Organismos tales como los ciliados, foraminíferos y moluscos opistobranquios del género *Elysia* (sacoglosos o babosas marinas) lo pueden llevar a cabo, variando este en cuanto a la longevidad y funcionalidad de los plastos involucrados (Rumpho *et al.* 2000 2007). Rumpho *et al.* (2008, 2009), Schwartz *et al.* (2010) y Bhattacharya *et al.* (2013) han investigado esta relación biológica entre *Vaucheria litorea* C. Agardh y el sacogloso *Elysia cholortica* Gould (Fig. 26), el cual adquiere los cloroplastos del alga permitiéndole sobrevivir y reproducirse fotoautotróficamente durante al menos nueve meses sin ingerir alimento. Esta es la relación funcional más larga que se conoce entre los cloroplastos de un alga y una babosa. Al estudiar las posibles causas de este notable hecho, se ha llegado al descubrimiento de genes involucrados en la fotosíntesis dentro de las células de este animal en su estadio adulto y no en la línea germinal. Dichos genes corresponden a los que existen dentro del genoma nuclear del alga. Los mecanismos de transferencia de estos genes entre *V. litorea* y *E. cholortica* aún no se conocen pero su descubrimiento podría ser importante para el desarrollo de herramientas de ingeniería genética como lo fue el descubrimiento de la relación simbiótica entre plantas dicotiledóneas y *Agrobacterium tumefaciens* donde existe transferencia horizontal de material genético (Snustad y Simmons 2009).

En cuanto al área farmacológica, Pérez-Gutiérrez (2009) aisló un antibiótico del grupo de las lactonas sesquiterpénicas (Fig. 27) a partir de *V. sessilis* (Vaucher) de Candolle colectada en México, aportando de esta manera el primer estudio sobre este tipo de compuestos para el género. Esto es importante debido a la crisis actual de búsqueda de nuevos antibióticos (French 2010).

La posibilidad de utilizar algunas especies de *Vaucheria* como bioindicadores de la calidad del agua se basa en el estudio de Schagerl y Kerschbaumer (2008) en Austria, quienes tomaron como indicador biológico de ambientes oligotróficos a *V. geminata* ya que solamente se desarrolla en ambientes con baja cantidad de nitrógeno y fósforo.

Recientemente Michalak *et al.* (2014) han sugerido con base en sus investigaciones, que la biomasa de *Vaucheria sessilis* puede ser utilizada como un fertilizante natural del suelo debido a su capacidad de retener micro y macronutrientes.

Además de estos ejemplos con un claro beneficio para el ser humano, los organismos de *Vaucheria* también desempeñan papeles importantes en procesos ecológicos, geológicos y evolutivos.



Figs 26-28. Importancia de *Vaucheria*.

Fig. 26. Babosas marinas (*Elysia chlorotica*) alimentándose de *Vaucheria litorea*. La coloración verde de los moluscos se debe a la presencia de cloroplastos en sus células. Tomada de Rumpho *et al.* (2000).

Fig. 27. Estructura química del antibiótico lactona sesquiterpénica descubierto en *Vaucheria sessilis*. Tomado de Pérez-Gutiérrez (2009).

Fig. 28. Fósil parecido a las *Vaucheria* actuales proveniente de la arenisca de Jodhpur del supergrupo Marwar en Rajasthan. Las flechas indican protuberancias asociadas al talo que podrían ser estructuras de reproducción sexual. Tomada de Kumar *et al.* (2009).

Ecológicamente los talos de *Vaucheria* son importantes ya que constituyen un hábitat para otros organismos que los utilizan como sustrato, ofreciendo así un refugio en zonas con corrientes rápidas. Además los sifones son fuente de alimento para otros organismos. Finalmente es importante mencionar que *Vaucheria* puede ser parasitada por rotíferos del género *Proales* y por una amplia gama de ficomicetos que generan deformaciones en las estructuras reproductivas y el talo en general (Rieth 1980).

Geológicamente, se ha descubierto que *Vaucheria* participa en la deposición de calcio por procesos de biocristalización, formando pequeños cristales laminados que al agregarse forman tufas (Rieth 1980; Freytet y Verrecchia 1998).

En el ámbito paleontológico, se han encontrado fósiles con afinidad a los organismos actuales de *Vaucheria*. Gracias a ello se ha propuesto que el grupo de las Xanthophyceae pudo aparecer junto con otros eucariontes hace aproximadamente 1800 mda. Uno de estos fósiles es el de *Jacutinema solubila*; con paredes orgánicas botuliformes y aparente citoplasma continuo, del Neoproterozoico medio (750 mda) en la Formación Svanbergfjellet en la isla Spistbergen (Océano Ártico), los cuales se interpretan como la etapa Gongrosira (formación de esporocistos) de Vaucheriaceae y confirman una relación con *Paleovaucheria* de la formación Lahkanda del Mesoproterozoico. Su descubrimiento permite obtener información sobre la vida en el Proterozoico y descifrar patrones evolutivos. Se piensa que los organismos que produjeron estos fósiles vivían en ambientes de baja profundidad. Su descubrimiento también indica que algunos protistas del Proterozoico tenían bajos niveles de especiación, lo que indicaría una menor diversidad biológica en esos tiempos (Butterfield 2004).

También en la Formación Lakhanda pero de la región de Khabarovsk de Siberia (>1000 mda), se han encontrado fósiles más parecidos a *Vaucheria* que los presentados por Butterfield (2004). Dichos fósiles proveen evidencia convincente de que el origen de los heterocontes es muy antiguo (Andersen 2009). A su vez, se han encontrado algunos restos parecidos a Vaucheriaceae en la arenisca de Jodhpur del supergrupo Marwar en Rajastán, que representan la parte media del periodo Ediacárico (Fig. 28). Estos se reconocen como los primeros fósiles no carbonados de un vegetal del Precámbrico, en los que se aprecia un talo bien desarrollado con un patrón ramificado, con posibles oogonios y zoosporas, además de anteridios similares a las *Vaucheria* actuales aunque el talo es 140 veces más grande. Asociado a él se encuentran tapetes bien preservados de microbios. En el mismo horizonte se localizan estructuras circulares poco preservadas semejantes a una medusa, por lo que se cree que el paleoambiente en el que habitaron estos organismos era una zona costera (Kumar *et al.* 2009).

Por otro lado, investigaciones realizadas en la década de los 60s, suministraron información acerca de la conexión filogenética entre estas algas y ciertos hongos. La posibilidad de que los oomicetos del orden Saprolegniales surgieran a partir de estas algas a través de la pérdida de clorofilas era sustentada por su similitud estructural y funcional. Ambos tipos de organismos poseen células con dos flagelos desiguales y presentan similitudes químicas en cuanto a los polisacáridos de su pared celular (Kumar y Singh 1979). Esta hipótesis ha sido sustentada por la presencia de secuencias parciales de los genes *rbcL* y *psbA* en más de 20 especies de hongos Saprolegniales. Raras veces se han reportado genes fotosintéticos para

otros organismos heterocontes no fototróficos, y este hecho fue el primer registro para organismos que carecen de fotosíntesis (Andersen 2009).

Estos ejemplos de la utilidad e importancia que pueden tener las especies de *Vaucheria* sustentan las acciones científicas encaminadas al mejor conocimiento de este grupo algal y el descubrimiento de nuevas especies y aplicaciones.

Tomando en cuenta los temas abordados en esta introducción, es posible decir que en México se han registrado pocas especies de *Vaucheria* en comparación con países de climas y latitudes semejantes. Esto contrasta con la cercanía que tiene nuestro país con Estados Unidos de América, que con sus 44 especies representa el país con mayor riqueza específica del género, y con el hecho de que México es considerado un país megadiverso, cuyas propiedades geológicas favorecen los procesos evolutivos que dan origen a nuevas especies (Toledo 1988). Por otro lado, en el país se han registrado un número importante de poblaciones de *Vaucheria* no determinadas a nivel de especie en condiciones relativamente inusuales. Tomando todo esto en cuenta, existe un alto potencial de encontrar más especies de *Vaucheria* en el territorio nacional. Esto es de vital importancia dada la actual crisis de la biodiversidad en la cual se pierden numerosas especies sin ser descritas, desaprovechando de esta manera la posibilidad de reconocer su importancia en los ecosistemas y las aplicaciones biotecnológicas que de ello se pueden derivar (Dirzo 1990; Loreau *et al.* 2006). Por esta razón es necesario emprender un mayor esfuerzo de colecta del género en el país para así reconocer su diversidad y contribuir al desarrollo de las importantes aplicaciones potenciales de este grupo de algas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Integrar el conocimiento sobre la diversidad específica del género *Vaucheria* en México considerando la información molecular, ultraestructural, morfológica, ecológica y de distribución procedente de publicaciones científicas, materiales de herbario, colectas y cultivos unialgales.

Objetivos particulares

Realizar exploraciones ficológicas en distintas entidades federativas para confirmar y ampliar los registros del género, describir su hábitat, medir parámetros fisicoquímicos en los que se encuentra y coleccionar material biológico para su estudio en el laboratorio.

Establecer cultivos unialgales a partir del material coleccionado para estudiar los caracteres morfológicos de las estructuras reproductoras y obtener secuencias del gen *rbcL* y regiones intergénicas adyacentes con las que se determinará la posición filogenética de las poblaciones.

Integrar los datos morfológicos y genéticos para determinar las especies a las que pertenecen las poblaciones mexicanas.

Ilustrar la distribución nacional a partir de los registros del género *Vaucheria*.

Enriquecer la colección científica de las Xanthophyceae del herbario IZTA, con el material biológico colectado y cultivado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El reconocimiento y caracterización de la diversidad del género *Vaucheria* en México se logró a través de investigación documental; consulta de colecciones científicas; exploraciones ficológicas; aislamiento y cultivo de material biológico; análisis de caracteres moleculares y morfológicos; caracterización del hábitat y variables hidrológicas; representación de la distribución; elaboración de una base de datos en Excel y de la preservación de material biológico.

Investigación documental

La búsqueda de información bibliográfica sobre *Vaucheria* en México y otras partes del mundo se llevó a cabo en Algbase (Guiry y Guiry 2013), Discover Life (2013), NCBI (2013) y el buscador de textos académicos de Google.

Consulta de colecciones científicas

Las colecciones ficológicas de MEXU, ENCB, FCME e IZTA (Thiers) fueron consultadas para obtener información de *Vaucheria*. Se tomaron fotografías de algunos ejemplares herborizados así como microfotografías a través de un microscopio óptico marca Olympus modelo CX31 a partir de material preservado en formol al 4%.

Exploraciones ficológicas

Las exploraciones ficológicas se llevaron a cabo desde abril de 2009 a diciembre de 2012, visitando 18 localidades. En la Tabla 4 se presentan las entidades federativas, los municipios, la fecha de visita y los nombres de las localidades que se exploraron. Así mismo se incluyen los números que se utilizarán para referirse a cada una de ellas en este trabajo.

En estas localidades se buscaron y colectaron manualmente crecimientos algales verdes y con forma de tapetes compactos y afelpados. Las muestras fueron almacenadas en recipientes de plástico debidamente marcados y a los cuales se agregó un poco de agua de la zona de colecta. En algunos casos se tomó una muestra de agua del sitio con botellas para llevar a cabo el cultivo en laboratorio. Dichos recipientes y botellas se colocaron en una hielera (Ott y Hommersand 1974, Ott y Oldham-Ott 2003, Mendoza-González *et al.* 2008) para su transporte al laboratorio de ficología en el herbario IZTA de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Aunado a esto se tomaron fotografías del área de estudio y de las poblaciones de *Vaucheria*.

En la exploración 6 se tomó suelo cercano a la orilla del cuerpo de agua por encima del nivel del agua para la elaboración del extracto de suelo que se utilizó en el medio de cultivo Bold 3N modificado (Watanabe 2005; UTEX 2013).

Tabla 4. Registro de Estado, municipio, localidad, fecha y No. de exploración de cada una de las visitas al campo.

Estado	Municipio	Localidad	Fecha	No. de exploración	
Hidalgo	Tezontepec de Aldama	Cerro Colorado	04/05/2010	11	
	Huasca de Ocampo	Los Prismas	23/12/2012	36	
México	Amanalco	Agua Bendita	15/04/2012	28	
		Arenal	01/03/2011	17	
		Arroyo en el cerro Cuate	01/03/2011	18	
		Arroyo la Garrapata	01/03/2011	19	
		Río la Cascada	01/03/2011	20	
	Lerma	Santa María Atarasquillo	22/12/2010	15	
		Santiago Analco	07/12/2009	8	
	Santa Ana Jilotzingo	Cascadas Catidey		05/04/2009	1
				17/01/2012	22
				27/03/2012	26
			San José de las Manzanas	05/04/2009	2
				21/05/2009	4
				13/08/2009	5
				22/08/2009	6
				07/11/2009	7
			26/01/2010	10	
			25/06/2010	13	
	25/09/2010	14			
	27/02/2011	16			
	10/08/2011	21			
	17/01/2012	23			
Morelos	Tlalquitenango	Los Manantiales	18/12/2009	9	
			28/03/2012	27	
			14/05/2012	30	
			29/08/2012	35	
Oaxaca	San Miguel Villa Talea de Castro	Manantial en la cabecera de Talea	06/07/2012	34	
		Río cercano a la cabecera de Talea	06/07/2012	33	
		Río Santa Gertrudis	03/07/2012	32	
			20/01/2013	37	
		Talea de Castro	01/07/2012	31	
Puebla	Xicotepec	Hotel Mi Ranchito	07/04/2009	3	
			05/05/2010	12	
			25/04/2012	29	
	Zapotitlán	Tilapa	15/02/2012	24	
			24/03/2012	25	

Aislamiento y cultivo

Parte del material biológico colectado en cada sitio fue enjuagado con agua corriente usando una coladera. Después se limpió mecánicamente de macrozoobentos y epifitas grandes con pinzas de punta fina (Schagerl y Kerschbaumer 2008). Los talos de las exploraciones 1, 3 y 6-9 fueron cultivados en agua estéril del sitio de colecta o agua destilada tras el proceso mínimo de limpieza anterior. Bajo condiciones asépticas y con el fin de eliminar microorganismos de los talos de las exploraciones 7-13, 15, 17-20, 23-35, estos se agitaron suavemente en carbón activado estéril (Fig. 29), se enjuagaron con agua destilada (Fig. 30) y enseguida se deslizaron varias veces en una placa de agar al 0.8% (Fig. 31) (Kataoka 1980). El material así tratado fue inoculado en medio Bold 3N modificado con agar al 1.1% (UTEX 2013) dentro de cajas de Petri (Fig. 32) o en frascos cubiertos parcialmente (Fig. 33) para cultivarse en una cámara de cultivo “FrioLuz Vauchegrow” (Fig. 34) a 15°C, bajo un fotoperiodo de 16:8 horas luz/oscuridad y una densidad de flujo fotónico fotosintético de entre 10 y 47 $\mu\text{mol fotones m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para la obtención de estructuras reproductivas (Pecora 1976; Schagerl y Kerschbaumer 2008).

La mayoría de talos de *Vaucheria* cultivados bajo estas condiciones en la cámara de cultivo produjeron nuevo crecimiento de sifones (Fig. 32), los cuales fueron separados del resto del cultivo utilizando pinzas y tijeras de punta fina estériles para ser sembrados en nuevas cajas con medio Bold 3N modificado con agar. El corte del ápice de crecimiento se repitió con el fin de obtener cultivos unialgales y para preservar las cepas (Kataoka 1980).

Para obtener volúmenes mayores, los cultivos unialgales en cajas de Petri con agar fueron inoculados en medio Bold 3N modificado líquido dentro de matraces Erlenmeyer de distintas capacidades (West 2005).

Los sifones cultivados se observaron periódicamente tanto en microscopio óptico (Nikon YS2-T) como estereoscópico (ZEISS) con el fin apreciar el desarrollo de estructuras reproductivas, nuevo crecimiento y organismos contaminantes.



Figs 29-34. Establecimiento de cultivos de *Vaucheria*.

Fig. 29. Agitación de talo en carbón activado estéril dentro de una caja de Petri.

Fig. 30. El talo se enjuaga con agua destilada estéril mientras se sostiene con pinzas y el agua cae en un matraz.

Fig. 31. El talo se desliza en una caja de Petri con agar al 0.8%.

Fig. 32. Crecimiento de sifones en caja de Petri.

Fig. 33. Frascos de vidrio con crecimiento de sifones de *Vaucheria* hacia el área no cubierta con cartulina negra debido a fototropismo positivo.

Fig. 34. Cámara de cultivo "FrioLuz Vauchegrow".

Caracteres moleculares

La extracción de ADN del material biológico de la exploración ficológica No. 13 se llevó a cabo empleando el método DNeasy Plant Kit (Qiagen). En el caso del material de las exploraciones 22, 25, 26, 28, 29 y 32, la extracción y la reacción de PCR fueron llevadas a cabo usando el kit Phire® Plant Direct PCR (Finnzymes, Thermo Scientific) directamente a partir de material fresco en cultivo unialgal. Independientemente del método de extracción de ADN utilizado, se emplearon tres pares de primers para obtener mediante PCR el amplicón del gen *rbcL* y sus dos regiones espaciadoras (*psbA5-4RA*, 3F-9R, X5F-RS3) (Andersen y Bailey 2002). Las características de estos primers se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Secuencia, posición en *Vaucheria aversa* y Tm de los primers utilizados para amplificación y secuenciación.

Primers	Secuencia 5'-3'	Posición ¹	Tm (°C)
Primers directos			
<i>psbA5</i>	TTAGGTATGGAAGTAATGCA	1-20	54.8
3F	AAAAGTGACCGTTATGAATC	584-603	55.6
X5F	ATGCGTTGGARAGA	1196-1209	33
Primers reversos			
4RA	AAAATGGGTTACTGGGATGC	623-640	62.5
9R	ATTTGGTGGTGGTACTATTGG	1762-1782	60
RS3	GAATGGACAGATGATC	2182-2197	47

¹ El primer *psbA5* y las posiciones 1-108 se encuentran en el extremo 3' del gen *psbA*; el primer RS3 y las últimas 75 posiciones se encuentran en el extremo 5' del gen *rbcS*.

Las condiciones de PCR fueron las siguientes: desnaturalización inicial a 98°C por 5 min., seguida de 35 ciclos que consistieron de una etapa de desnaturalización a 98°C por 30 seg., una de alineamiento a 55°C por 30 seg. y una de elongación a 72°C por 80 seg., para concluir con una elongación final a 72°C por 5 min, seguida de una temperatura constante de 4°C. Esta reacción se llevó a cabo en un termociclador Gene Amp® PCR System 9700 (Perkin-Elmer, San José, California, EUA). Alícuotas de los productos de PCR fueron separadas mediante electroforesis en gel de agarosa y fueron teñidas con verde Midori (Nippon Genetics, Tokio, Japón) para su visualización bajo luz ultravioleta y así determinar si los productos de PCR correspondían al tamaño deseado: ≈640 pb para el par *psbA5-4RA*; ≈1198 pb para 3F-9R; y ≈1001 pb para X5F-RS3). Finalmente los productos de PCR fueron secuenciados en un instrumento ABI/Hitachi 3130xl Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, EUA). Estas secuencias se editaron, ensamblaron, y alinearon junto con otras citadas por Andersen y Bailey (2002) usando el software Geneious 6.0 básico. Las secuencias de *Asterosiphon dichotomous* y *Odontella sinensis* fueron consideradas como grupos externos. Durante el proceso de edición se eliminaron algunos nucleótidos de la secuencia del espaciador *psbA-rbcL* por ser sumamente variables y difíciles de alinear, y del espaciador *rbcL-rbcS* para poder incluir en el análisis aquellas especies para las que esta región no estaba reportada de forma completa en el NCBI. Los datos de las secuencias utilizadas y el número de nucleótidos considerados para cada región se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6: Números de acceso en GeneBank y número de nucleótidos considerados para cada región. El número de nucleótidos indicado aquí para el espaciador *psbA-rbcL* incluye los nucleótidos inmediatos anteriores al codón de inicio del gen *rbcL*; el número de nucleótidos indicados para el espaciador *rbcL-rbcS* incluye las nucleótidos inmediatos posteriores al codón de paro del gen *rbcL*. Entre paréntesis se indica el número y la colección científica de las cepas citadas por Andersen y Bailey (2002).

Taxa/cepas	No. en GeneBank	Número de nucleótidos considerados		
		Espaciador <i>psbA-rbcL</i>	Gen <i>rbcL</i>	Espaciador <i>rbcL-rbcS</i>
Grupos externos				
<i>Asterosiphon dichotomous</i> (UTEX2066)	AF476927	290	1467	75
<i>Odontella sinensis</i>	HQ912428	-	1473	-
Sección <i>Androphorae</i>				
<i>Vaucheria coronata</i> (K364)	AF476928	263	1467	73
<i>V. synandra</i> (K388)	AF476929	262	1467	73
Sección <i>Corniculatae</i>				
<i>V. arcassonensis</i> (UTEX 761)	AF476940	267	1467	75
<i>V. bursata</i> (CCMP1084)	AF476938	270	1467	75
<i>V. bursata</i> (UTEX2067)	AF476939	267	1467	75
<i>V. bursata</i> (K402)	AF476937	267	1467	75
<i>V. dillwynii</i> (K464)	AF476941	266	1467	75
<i>V. repens</i>	AF476942	267	1467	75
Sección <i>Piloboloideae</i>				
<i>V. compacta</i> (CAN)	AF476934	257	1467	74
<i>V. litorea</i> (K379)	AF476935	249	1467	72
<i>V. medusa</i> (K362)	AF476936	250	1467	72
Sección <i>Racemosae</i>				
<i>V. frigida</i>	AB266740	266	1467	73
<i>V. frigida</i> (T9818)	AF476945	278	1467	73
<i>V. terrestris</i> (UTEX2065)	AF476946	266	1467	72
<i>V. terrestris</i> (CCAP745/6)	AF476947	266	1467	73
<i>V. frigida</i> (K461)	AF476948	266	1467	72
<i>V. geminata</i> (UTEX1035)	AF476952	266	1467	73
<i>V. geminata</i> (CCMP2055)	AF476953	267	1467	73
<i>V. pseudogeminata</i> (K460)	AF476949	267	1467	74
<i>V. hamata</i> (SAG48.81)	AF476954	267	1467	72
<i>V. prona</i> (HML1)	AF476957	267	1467	73
<i>V. prona</i> (QP1A)	AF476958	267	1467	73
<i>V. prona</i> (K568)	AF476956	267	1467	73
<i>V. prona</i> (K462)	AF476955	267	1467	73
<i>V. erythrospora</i> (K387)	AF476951	266	1467	71
<i>V. walzii</i> (SAG51.81)	AF476950	266	1467	75
Sección <i>Tubuligerae</i>				
<i>V. aversa</i> (K384)	AF476943	267	1467	75
Sección <i>Vaucheria</i>				
<i>V. canalicularis</i> (K385)	AF476944	265	1467	71

Tabla 6. Continuación.

Sección <i>Woroninia</i>					
<i>V. conifera</i> (K366)	AF476930	261	1470	66	
<i>V. dichotoma</i> (K312)	AF476931	261	1470	84	
<i>V. dichotoma</i> (K314)	AF476932	262	1470	85	
<i>V. schleicheri</i> (K386)	AF476933	252	1470	66	
Poblaciones mexicanas					
<i>V. borealis</i>	JQ967036	266	1470	75	
<i>V. aversa</i>	KF598748	267	1467	75	
<i>V. canalicularis</i>	KF598745	266	1467	71	
<i>V. aff. dillwynii</i>	KF598746	267	1467	75	
<i>V. aff. dillwynii</i>	KF598747	267	1467	75	
<i>V. cf. repens</i>	KF598744	267	1467	76	
<i>V. zapotecana</i>	KC346361	267	1467	73	

A partir del alineamiento principal se obtuvieron subalineamientos con el fin de comparar el porcentaje de variación de las secuencias entre varios pares de especies o cepas pertenecientes a la misma sección taxonómica del género *Vaucheria*. El porcentaje de variación se calculó dividiendo el número de mutaciones puntuales entre el número de nucleótidos de la secuencia más larga y multiplicando al final por 100. Los valores obtenidos se incluyeron en matrices de datos para su interpretación (Anexo 2, Tablas 20-24). Adicionalmente se incluyen tablas con el número de mutaciones y porcentaje de variación de cada región génica de las poblaciones mexicanas de *Vaucheria* con respecto a las especies de las secciones taxonómicas correspondientes que fueron reportadas anteriormente por Andersen y Bailey (2002) (Anexo 2, Tablas 25-27).

Por otro lado, con el alineamiento principal se construyeron dos árboles filogenéticos (Anexo 3, Figs 102 y 103), uno con la secuencias del gen *rbcL* y otro con el gen y los espaciadores, en el software Geneious mediante el método de Neighbor-joining utilizando el modelo Tamura-Nei de sustitución de bases. Los valores de proporción Bootstrap calculados con 1000 réplicas fueron obtenidos para evaluar el soporte de los nodos en los árboles (Andersen y Bailey 2002).

Caracteres morfológicos

Durante las exploraciones ficológicas se registraron datos de las poblaciones de *Vaucheria* como: el color de la muestra dentro y fuera del agua, su textura y consistencia (González-González y Novelo-Maldonado 1986).

En el laboratorio el material colectado se observó en microscopio óptico (Nikon YS2-T) para llevar a cabo la determinación taxonómica a nivel de género de los organismos colectados con base en la clave de Johnson y Merritt (2002).

Los organismos de las exploraciones 3, 7, 8, 13, 22, 25, 26, 28, 29, 32 y de los materiales de herbario FCME-PA 2540, 2556, 2557, FCME-PAP 1-4, 7, 197, 198 presentaron

estructuras de reproducción sexual en el campo o fueron inducidos mediante cultivo a producirlas, ellas se observaron en microscopio óptico (MO), microscopio electrónico de barrido (MEB) y en un caso en microscopio confocal laser (MCL). Durante las observaciones se tomaron microfotografías de las estructuras de interés taxonómico: sifones, anteridios, oogonios y oósporas.

La preparación del material para el MEB consistió en congelar las muestras frescas en una platina JEOL 6380 sin ser recubiertas para después observarse en el microscopio JEOL modelo JSM6380LV (JEOL Ltd, Tokyo, Japón). Para el MCL (LSM510 META) el material fue preservado en formol al 4% y posteriormente se tiñó con yoduro de propidio para realizar las observaciones de la ultraestructura de la pared del oogonio (Manteca *et al.* 2005).

A través de las microfotografías obtenidas con estos instrumentos se llevó a cabo la recopilación de información morfológica correspondiente de 51 caracteres. El marco conceptual para interpretar los caracteres se basó principalmente en las definiciones de Rieth (1980) y Entwisle (1987, 1988b). Cuando la cantidad de material fértil fue adecuada se realizaron por lo menos diez observaciones y mediciones de cada carácter.

Con los caracteres cualitativos y cuantitativos discretos se elaboraron tablas comparativas entre las especies y poblaciones de una misma sección taxonómica (Anexo 4, Tablas 28-39) y con los datos cuantitativos continuos se elaboraron gráficas de puntos con barras de desviación (Anexo 5, Figs 104-125). En dichas gráficas los puntos representan los valores promedio y los extremos de las barras de desviación representan los valores máximos y mínimos. En el caso de los datos obtenidos de publicaciones científicas el valor promedio corresponde al punto medio entre el valor máximo y el valor mínimo. Una vez realizados estos análisis de caracteres morfológicos se consultaron las claves de Rieth (1980), Entwisle (1987, 1988a, 1988b) y Johnson y Merritt (2002) para determinar las afinidades subgenéricas de las poblaciones de *Vaucheria* en México.

En el Anexo 6 se presentan esquemas de apoyo y un glosario que menciona la forma en que se deben interpretar los caracteres morfológicos considerados en este estudio y sus diferentes estados (Figs 126-147). Las notas se presentan en el orden en que de preferencia deben ser evaluados los caracteres. Cabe mencionar que todas estas observaciones deben realizarse en material maduro, es decir, en oogonios con oósporas y en anteridios separados por un septo de su pedicelo (Entwisle 1988a).

Hábitat y variables hidrológicas

En las colectas 1-9, 11, 13, 14, 16-23, 25-30, 32 y 35 se registraron datos ecológicos cualitativos de las poblaciones de *Vaucheria* como: tipo de cuerpo de agua, forma de vida, tipos de sustrato y vegetación, además de organismos asociados. Por otro lado se midieron la altitud y temperatura del aire con un GPS marca Magellan modelo Meridian, pH con potenciómetro marca Conductronic, conductividad con un multisonda YSI-85 y la temperatura del agua con termómetro marca Brannan. La alcalinidad total, dureza total y concentración de oxígeno se determinaron por titulometría (Robles-Valderrama *et al.*

2008). Por su parte los métodos con ácido ascórbico, reducción de cadmio y de Nessler se emplearon para medir la concentración de fósforo soluble reactivo, nitratos y amonio respectivamente empleando un espectrofotómetro marca Hach modelo 2800. Cuando fue posible estos parámetros fueron medidos *in situ*; en caso contrario se tomaron muestras de agua para su análisis posterior en el laboratorio, las cuales fueron mantenidas en hielo para su transporte (APHA *et al.* 1995).

Para su comparación, los datos hidrológicos cualitativos se presentan en el Anexo 7 (Tabla 40) y los datos cuantitativos continuos se presentan en el Anexo 8 (Figs. 148-158). En dichas gráficas los puntos representan los valores promedio y los extremos de las barras de desviación representan los valores máximos y mínimos. En el caso de los datos obtenidos de publicaciones científicas y de herbarios el valor promedio corresponde al punto medio entre el valor máximo y el valor mínimo.

Distribución

En las exploraciones No. 5, 6, 8, 11, 13-15, 17-22, 25-29 y 35 se registraron las coordenadas geográficas con un GPS marca Magellan modelo Meridian. De las publicaciones científicas sobre poblaciones de *Vaucheria* en México y de los datos de los ejemplares de herbario se obtuvieron las coordenadas geográficas o los datos de los sitios de colecta para inferir la localización probable en coordenadas. Las coordenadas obtenidas fueron empleadas para construir un mapa utilizando el sistema de información geográfica DIVA-GIS y el mapa de división política nacional en formato *.shp que proporciona la página web de la CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>). De esta manera se ubicaron los sitios de colecta en el territorio nacional.

Por otro lado, utilizando el mismo sistema de información geográfica, se elaboraron mapas de la distribución mundial para las especies de *Vaucheria* registradas para México. Dichos mapas se basaron en 269 publicaciones que se encuentran marcadas en negritas en la sección de referencias de este trabajo.

Base de datos y otros archivos

La información obtenida de publicaciones, herbarios, exploraciones ficológicas y material biológico colectado y cultivado correspondiente a datos de caracteres moleculares, morfológicos, de hábitat y distribución se almacenó en una base de datos electrónica para facilitar su análisis y consulta. Esta base de datos se construyó en un libro de Microsoft Excel y cuenta con las siguientes hojas: 1, análisis integral; 2, datos de herbario; 3, datos de fotografías; 4, condiciones de cultivo; 5, RFA (radiación fotosintéticamente activa) en cámara de cultivo; 6, secuencias *rbcL* y espaciadores; 7 distribución de mutaciones; 8, % var *rbcL*+espaciadores; 9, simbología de caracteres; 10, caracteres cl. (cualitativos) y cn. d. (cuantitativos discretos); 11, comp. (comparación) caracteres cl. y cn. d.; 12, caracteres cn. c. (cuantitativos continuos); 13, comp. caracteres cn. c.; 14, datos de campo; 15, simbología de datos ambientales; 16, datos ambientales cualitativos por población; 17, comparación de datos amb. (ambientales) cl.; 18, comparación de datos amb. cn.; 19; especies de

Vaucheria; 20, citas de distribución; 21, no. de especies por país o región; 22, endemismos; 23, registros en México.

Además de esta base de datos se guardó un archivo de Geneious con la información de las secuencias genéticas y alineamientos realizados, una carpeta con las fotografías, y otra con las referencias consultadas. Estos materiales electrónicos pueden solicitarse a la curadora de la colección ficológica del herbario IZTA para su consulta.

Colecciones

Parte del material biológico colectado fue preservado con formol neutro al 4% y glicerina por tres semanas. Posteriormente se enjuagó con agua, se colocó en una cartulina y se prensó cambiando el papel absorbente varias veces hasta lograr el secado. Finalmente el material fue debidamente etiquetado (González-González y Novelo-Maldonado 1986). También existen colecciones anexas correspondientes a material preservado con formol al 4% en tubos de plástico de 50 mL, además de tubos eppendorf y preparaciones elaboradas con gelatina glicerinada con anteridios y oogonios (Kumar y Singh 1979). Todos estos materiales fueron depositados en el herbario IZTA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tomando en cuenta el análisis integral de la información de *Vaucheria*, en el presente estudio se reconocen un total de 12 especies pertenecientes a seis secciones taxonómicas para México en los últimos 141 años. El Estado de México encabeza la lista de mayor riqueza de especies con seis, seguido por Puebla con cuatro, el D. F., Oaxaca y San Luis Potosí con dos y Baja California, Guanajuato, Guerrero, Jalisco y Morelos con una. Además se registraron un total de 38 poblaciones sin determinación específica.

Las entidades federativas en orden de mayor a menor cantidad de registros poblacionales de *Vaucheria* son: México (19), Puebla (10), Distrito Federal (6), Oaxaca (5), Hidalgo (4), Campeche (3), Baja California Norte (2), Guanajuato (2), Jalisco (2), Morelos (2), San Luis Potosí (2), Baja California Sur (1), Colima (1), Guerrero (1), Michoacán (1), Quintana Roo (1), Sinaloa (1), Sonora (1) y Veracruz (1). La distribución del género en el territorio nacional se señala en la figura 35.

A continuación se incluye la información de las especies de cada Sección taxonómica con base en el criterio de clasificación de Entwisle (1988a). En el apartado de cada especie se incluye: el epíteto de la especie, figuras, las citas consultadas, la etimología, los sinónimos, el material tipo, la localidad tipo, su distribución, el material estudiado, la información de la secuencia del gen *rbcL*, la posición filogenética, la descripción morfológica del material colectado en México, los caracteres morfológicos diacríticos, la variación morfológica del material mexicano, el hábitat, datos de cultivo y comentarios. Algunos de estos datos no aparecen en ciertas especies ya que no se tiene información sobre ellos.

Descripción de especies

***Vaucheria* De Candolle 1801**

Sinónimos: *Conferva* Linneo 1753. *Debsalga* Habeeb 1965. *Ectosperma* Vaucher 1803. *Vaucheriopsis* Heering 1921. *Woroninia* Solms-Laubach 1867.

Lectotipo: *Vaucheria disperma* De Candolle (escogido por Silva en 1952).

Sección *Corniculatae* (Walz) Heering emend. Entwisle 1988a

Basiónimo: “Grupo” *Corniculatae* “subgrupo” *Sessiles* Walz 1866.

Sinónimos: *Contortae* Dangeard 1939b. *Corniculatae* subsección *Sessiles* (Walz) Heering 1907. “Grupo” *Globiferae* Heidinger 1908. *Globiferae* (Heidinger) Heering 1921.

Especie lectotipo: *Vaucheria sessilis* (Vaucher) De Candolle (escogido por Blum 1972).

Descripción: Gametangios sésiles o pedicelados sobre los sifones vegetativos. Anteridios pedicelados, cilíndricos a sacciformes, que descargan su contenido por medio de un poro apical; sistema anteridial circinado y cilíndrico, contorsionado o raramente recto; anteridios no ubicados sobre una cavidad vacía. Oogonios generalmente sésiles con simetría bilateral.

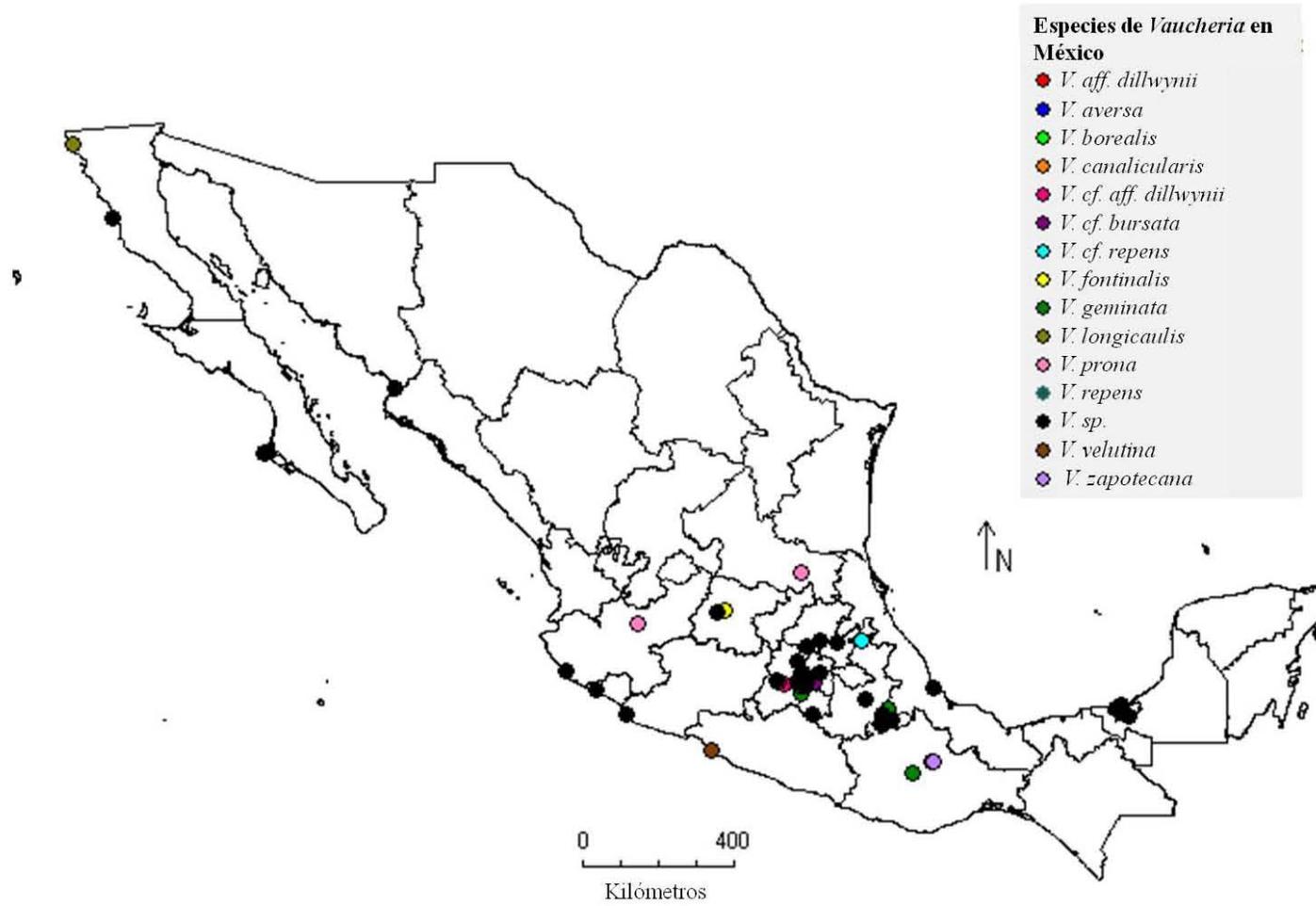


Fig. 35. Distribución de poblaciones y especies de *Vaucheria* en México.

Vaucheria borealis Hirn 1900

Figs 36-41

Aboal 1989a; b. Álvarez-Cobelas 1984. Brown 1929. González-Guerrero 1945. Hoppaugh 1930. Johnson y Merritt 2002. Kaporina 2008. Kim *et al.* 2008. Prescott 1938. Nemjová y Kaufnerová 2009. Rieth 1962; 1980. Rushforth y Merkley 1988.¹

Etimología: del latín, referente a regiones septentrionales (Guiry y Guiry 2013).

Sinónimos heterotípicos: *Vaucheria pachyderma* var. *islandica* Børgesen 1898. *V. borealis* f. *minor* Woronichin 1925. *V. pachyderma* var. *islandica* f. *filis crassioribus* Borge 1930. *V. islandica* (Børgesen) Cedergren 1933.

Lectotipo: Entwisle (1987) sugiere como tipo la descripción e ilustración original ya que Hirn no designó el material tipo.

Localidad tipo: Descripción original realizada a partir de material de las cascadas Kurittukoski, de un río en el pueblo de Umba y creciendo sobre suelo húmedo en Porocno, Laponia, Finlandia (Hirn 1900).

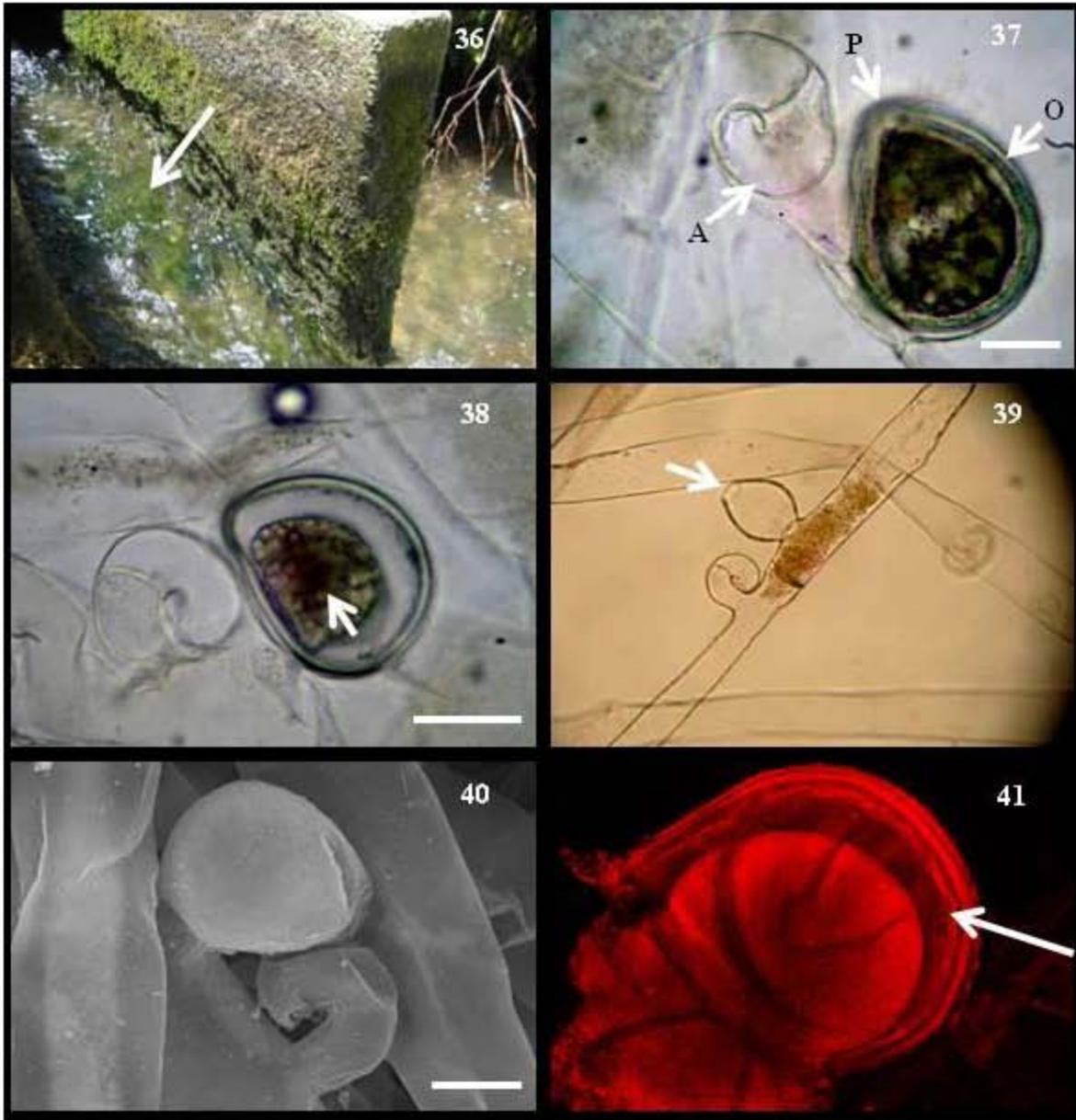
Distribución: Solamente se ha registrado para el hemisferio norte en América, Europa y Asia existiendo registros para Canadá, E. U. A., Finlandia, Islandia, Noruega, Rusia, Reino Unido, Alemania, Austria, República Checa, España y China (Fig. 42). En México se registra en San José de las Manzanas, Jiltozingo, Estado de México situado en las coordenadas 19°23'33" N y 99°29'33" O (Fig. 35).

Material estudiado: IZTA 1784.

Secuencia del gen rbcL y espaciadores: Número de acceso en GeneBank=JQ967036. La secuencia de *V. borealis* comprende 2084 pb repartidos de la siguiente manera: 509 para el espaciador *psbA-rbcL* (espaciador 1), 1470 para el gen *rbcL* y 105 para el espaciador *rbcL-rbcS* (espaciador 2). Dentro de la secuencia del gen se reconocen dos sitios de restricción para EcoRI en las posiciones 428 y 1247.

La especie cuya secuencia tiene menor variación (1.93%) con respecto a la de *V. borealis* en México es *V. repens*. Dicha variación se asocia a 35 mutaciones puntuales. Al traducir la secuencia, se observó que muchas de las mutaciones con respecto a la secuencia de *V. repens* son sinónimas, sin embargo existen cambios de aminoácidos en las posiciones 40 (I/V), 151 a 157 (NFPTVQR/TFQGPA) y 355 (D/E). El primero y último cambio podrían no tener efecto en las características de la proteína ya que los aminoácidos sustituidos

¹ También ha sido citada por Taylor (1928).



Figs 36-41. *Vaucheria borealis* Hirn 1900. IZTA 1784. Barras de escala=50µm.

Fig. 36. Tapetes creciendo en el fondo de un canal de la granja de truchas San José de las Manzanas, Jilotzingo, Estado de México (señalados con una flecha).

Fig. 37. Oogonio (O) y anteridio (A) ubicados lateralmente sobre el sífon. Anteridio sobre un pedicelo conspicuo, con forma circinada-cilíndrica y un poro de descarga. Oogonio con pico (P). Oóspora sin punto de pigmento.

Fig. 38. El oogonio ovoide-reniforme con simetría bilateral y esta ligeramente inclinado hacia arriba. La oóspora de la misma forma con un punto de pigmento pardo (señalado con una flecha).

Fig. 39. Oogonio con poro de fertilización (señalado con una flecha), simetría radial, forma ovoide y orientado perpendicularmente con respecto al sífon.

Fig. 40. Microfotografía de MEB. Se observa la textura lisa de la pared oogonial externa.

Fig. 41. Microfotografía de MCL donde se observa que la pared de la oóspora consta de tres capas; la interna reticulada (señalado con flecha).

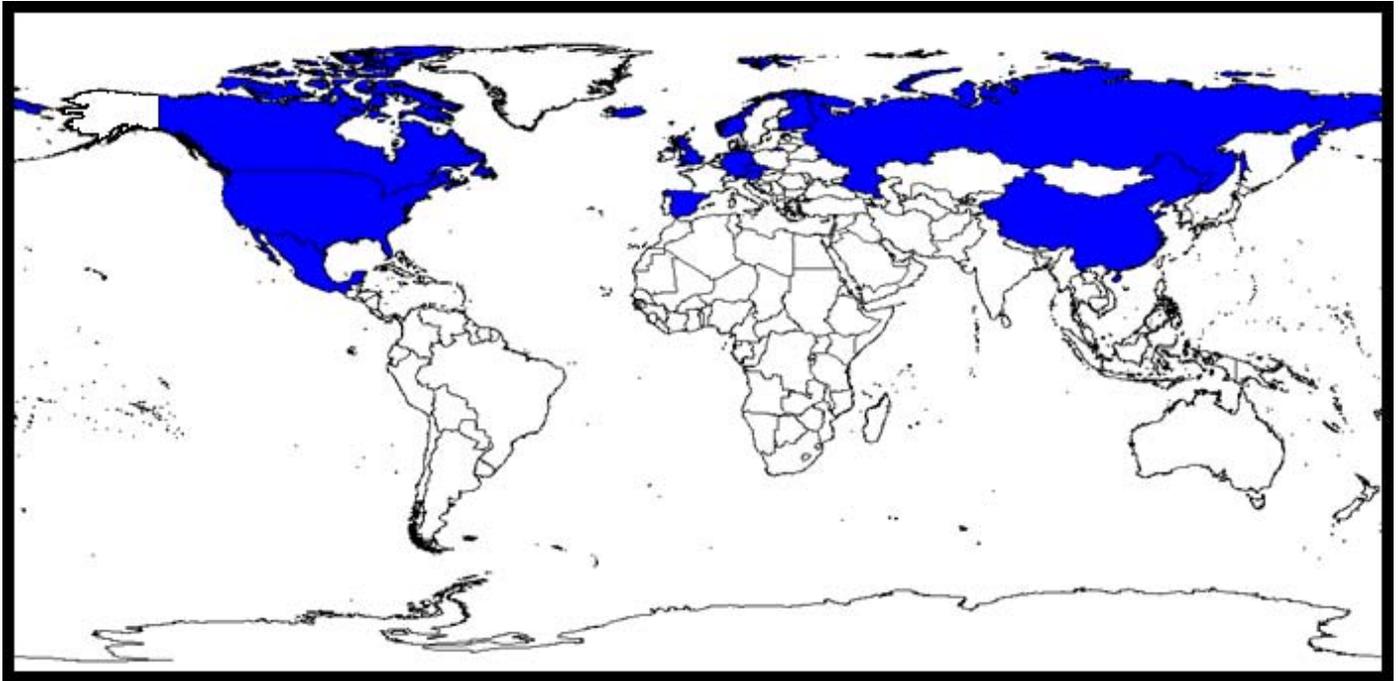


Fig. 42. Mapa de la distribución mundial de *V. borealis* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

presentan propiedades similares. Cabe mencionar que el cambio de isoleucina por valina solamente se observa para la cepa K583 de *V. repens*.

V. borealis en México se distingue genéticamente de *V. bursata* por 67 a 69 mutaciones puntuales en las secuencias del gen *rbcL* y sus espaciadores con resultados de variación de las secuencias entre 3.7 y 3.81%. Por tanto, este porcentaje supera al mínimo entre especies morfológicamente bien definidas de la sección *Corniculatae* (1.93%, *V. arcaissonensis* vs. *V. aff. dillwynii*) y para especies del género (1.66%, *V. prona* vs *V. geminata*). Los porcentajes de variación entre *V. borealis* y las especies del Subclado II también superan o igualan estos valores mínimos (ver Anexo 2, Tablas 20-24) lo que apoya su separación como una especie distinta junto a las diferencias morfológicas que se tratarán más adelante. Sin embargo, es necesario secuenciar el gen *rbcL* de las especies restantes de la Sección *Corniculatae* para corroborar su posición filogenética y descartar que sean conspecíficas de *V. borealis*.

Por otro lado, considerando que es la primera vez que se obtiene una secuencia genética de una población que morfológicamente corresponde a *V. borealis*, es importante estudiar molecularmente el material de la localidad tipo de este taxón y el material de otras partes del mundo para corroborar que las poblaciones corresponden a la especie descrita por Hirn (1900).

Posición filogenética: En ambos árboles de similitud (Anexo 3, Figs 102 y 103) *V. borealis* se ubica en un clado junto con las demás especies de la sección *Corniculatae*. Las especies de esta sección se agrupan a su vez en dos subclados: uno (Subclado I) que incluye al material colectado en la localidad tipo de *V. bursata* (UTEX2067) y a una población

emparentada que solo cuentan con un sitio de restricción para EcoRI en el gen *rbcL* y otro (Subclado II) que incluye a *V. arcassonensis*, *V. repens*, *V. borealis* (IZTA 1784), *V. dillwynii*, *V. repens* y *V. aff. dillwynii* las que cuentan con dos sitios de restricción para la misma enzima. Esta segregación de las poblaciones morfológicamente afines a *V. bursata* – donde se podría incluir a *V. repens* y *V. aff. dillwynii*– ya había sido señalada por Linne von Berg y Kowallik (1996) quienes al estudiar los patrones de restricción de esta enzima en diversas poblaciones observaron que había dos grupos principales. Esto permite separar a *V. borealis* del material colectado en la localidad tipo de *V. bursata*.

Dentro del Subclado II, dependiendo del árbol que se considere, *V. borealis* puede aparecer en una rama independiente (Fig. 102) o en un subclado junto con *V. repens* (Fig. 103). Se requieren estudios complementarios con otros genes para verificar la relación monofilética de estas dos últimas especies.

Descripción morfológica: Tapetes de color verde oscuro con textura suave y compacta. Sifones con diámetro de 67 a 170 μm . Talo monoico con gametangios que se ubican lateralmente sobre los sifones en pares (un oogonio y un anteridio). Pedicelo anteridial curvado distalmente o recto; formando un ángulo de 53 a 130° con respecto al sifón; de 38 a 97 μm de largo. Anteridios laterales a un oogonio, entre dos oogonios o dos rodeando a un oogonio; con un poro apical dirigido hacia el oogonio adyacente o alejándose de él; circinado-cilíndricos; curvándose en un ángulo de 107 a 280°; de 70 a 92 μm de largo por 22 a 60 μm de diámetro; la zona apical o basal puede ser la que tiene el mayor diámetro o puede no haber variación del diámetro. Pedicelo oogonial ausente. Oogonios con pico de 13 a 31 μm de largo y cuya base mide de 17 a 57 μm de diámetro y su ápice 11 a 40 μm ; de simetría bilateral (radial); ovoide-reniformes o subsféricos; de 108 a 157 μm de largo por 83 a 118 μm de diámetro; proporción L/D de 1.1 a 1.5; ángulo del eje mayor de -12 a 23°; ángulo del poro de fertilización de -35 a 18°; pared externa lisa. Oósporas que llenan el oogonio; pared de tres capas, de 1 a 9 μm de grosor; capa interna reticulada; con protuberancia; ovoide-reniformes; de 93 a 144 μm de largo y de 70 a 118 μm de diámetro; proporción L/D de 1 a 1.4; ángulo del eje mayor de igual al del oogonio; con o sin un punto de pigmento color pardo.

Caracteres morfológicos diacríticos: Los caracteres que separan a *V. borealis* y al material de mexicano (IZTA 1784) del resto de las especies de *Corniculatae* se presentan en la Tabla 7. Se observa que de manera general el material correspondiente a IZTA 1784 presenta las características que definen a *V. borealis* por lo que con base en los caracteres morfológicos se determina como miembro de este taxón. Aunque algunos de los caracteres cuantitativos continuos de IZTA 1784 y de *V. borealis* se traslapan con los de otras especies, es posible decir que en las primeras, las estructuras siempre pueden llegar a tener mayores dimensiones.

Respecto a lo anterior, cabe agregar que las dimensiones del oogonio han sido utilizadas como uno de los caracteres principales para diferenciar a esta especie (Rieth 1980; Entwisle 1987; Johnson y Merritt 2002). Sin embargo, Entwisle (1987) mencionó que existía una disyunción muy ligera entre los intervalos de variación de dicho carácter cuantitativo para *V. borealis* con respecto a otras especies de *Corniculatae*; por lo que en un futuro podrían

encontrarse traslapados. Después del análisis de la información morfológica de *V. borealis* en el presente estudio se reconoce que los valores de las dimensiones del oogonio sí pueden

Tabla 7: Caracteres morfológicos diacríticos de *V. borealis*, su comparación con el material IZTA 1784 y con los *taxa* correspondientes de la sección *Corniculatae*. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros a excepción del número de capas de la pared de la oóspora. El símbolo (!) indica que se obtuvieron menos de 10 mediciones para ese carácter en el taxón correspondiente. Literatura consultada: Lamarck y de Candolle (1805), Reinsch (1890), Hirn (1900), Brown (1929), Hoppaugh (1930), Tiffany (1937), González-Guerrero (1945), Chapman (1956), Wunderlin (1971), Ott y Hommersand (1974), Sarma (1974), Rieth (1980), Entwisle (1987), Entwisle (1988a), Cambra (1992), Krzyk (2001), Johnson y Merritt (2002), Wolowski (2002), Zelazna-Wieczorek (2002), Nemjová y Kaufnerová (2009), Fernández-García *et al.* (2011), Tonetto *et al.* (2012).

Estructura	Carácter	<i>V. borealis</i>	IZTA 1784	<i>Taxa</i>	Estado de carácter en el taxón
Anteridio	Largo del pedicelo	50-200	38-97	<i>V. nanandra</i>	10-40
	Forma	Circinado-cilíndrico	Circinado-cilíndrico	<i>V. arcassonensis</i>	Contorsionado, espiralado, ganchudo, irregular, recto
	Largo	40-167	70-92	<i>V. nanandra</i>	35-60
	Diámetro	20-67	22-60	<i>V. aff. dillwynii</i> ¹ <i>V. bursata s.l.</i> <i>V. cf. bursata</i> ¹ <i>V. cf. repens</i> ¹ <i>V. nanandra</i> <i>V. repens</i>	24-35 15-32 17-22 (!) 20-28 12-19 18-20
Oogonio	Pico	Presente	Presente	<i>V. antarctica</i>	Ausente
	Diámetro de la base del pico	33-55	17-57	<i>V. aff. dillwynii</i> ¹ <i>V. bursata s.l.</i> <i>V. cf. bursata</i> ¹ <i>V. cf. repens</i> ¹ <i>V. repens</i>	11-33 16-43 22-42 (!) 12-30 18-33
	Diámetro del ápice del pico	22-39	11-40	<i>V. aff. dillwynii</i> ¹ <i>V. bursata s.l.</i> <i>V. cf. bursata</i> ¹ <i>V. cf. repens</i> ¹ <i>V. repens</i>	4-15 8-25 4-19 (!) 8-21 13-21
	Simetría	Bilateral	Bilateral (radial)	<i>V. antarctica</i> <i>V. pseudosessilis</i>	Radial Radial
	Forma	Ovoide, ovoide-reniforme	Ovoide-reniforme, subesférica	<i>V. dillwynii</i>	Truncado napiforme
	Largo	120-226	108-157	<i>V. aff. dillwynii</i> ¹ <i>V. bursata s.l.</i> <i>V. cf. bursata</i> ¹ <i>V. cf. repens</i> ¹ <i>V. nanandra</i> <i>V. pseudosessilis</i> <i>V. repens</i>	65-92 46-130 76-104 65-87 89-127 118-122 60-97
	Diámetro	66-174	83-118	<i>V. aff. dillwynii</i> ¹ <i>V. bursata s.l.</i> <i>V. cf. bursata</i> ¹ <i>V. cf. repens</i> ¹ <i>V. pseudosessilis</i> <i>V. repens</i>	57-75 46-103 64-79 48-71 70-75 50-80
	Pared externa	Lisa	Lisa	<i>V. dillwynii</i>	Escrobiculada
	Número de capas de la pared	3	3	<i>V. antarctica</i> <i>V. dillwynii</i>	5 Numerosas
	Forma	Ovoide, ovoide-reniforme	Ovoide-reniforme	<i>V. arcassonensis</i> <i>V. pseudosessilis</i>	Elipsoidal, oblongo-reniforme, reniforme Subesférica
Puntos de pigmento	Ausentes	Ausentes o presentes (pardo)	<i>V. arcassonensis</i> <i>V. cf. repens</i>	Presentes (Café rojizos) Presentes (Café rojizos)	

¹ Los datos de esta especie corresponden a material colectado en México en el presente estudio. Su descripción se presenta más adelante en el texto.

llegar a traslaparse con las de otras especies, sin embargo, estas últimas no alcanzan los valores de dimensiones máximas que alcanzan las poblaciones de *V. borealis*, tanto para el tamaño del oogonio como para caracteres que antes no habían sido considerados como diagnósticos: el diámetro del anteridio y de los picos oogoniales. El uso de estos caracteres

como diacríticos también se justifica por las diferencias genéticas entre *V. borealis* y otras especies de *Corniculatae* discutidas en secciones anteriores.

Además de estos caracteres que diferencian en conjunto a *V. borealis* de *V. repens*, *V. cf. repens* y *V. bursata sensu lato*; la ausencia de puntos de pigmento de color rojo o negro (Figs 37 y 38) como un estado de carácter diagnóstico también debe ser evaluado en distintas poblaciones de estas especies, bajo diferentes condiciones de cultivo y con inclusión de datos moleculares. Cabe mencionar que para *V. borealis* se ha reportado (Rieth 1980) que la textura de la pared interna de la oóspora es reticulada (ver. Anexo 4, Tabla 34 y Fig. 41) lo que no se ha mencionado u observado para *V. bursata*, *V. repens* y *V. aff. dillwynii*, por lo que podría constituir un carácter diagnóstico adicional. Sin embargo, es necesario estudiar la ultraestructura de la pared de la oóspora en estas especies. Por otro lado, la orientación paralela del oogonio con respecto al sifón, que antes había sido considerada como un carácter importante para distinguir a *V. borealis*, con los datos obtenidos en este estudio permite señalar que no es diagnóstica.

Variación morfológica del material mexicano: En la tabla 8 se presentan algunos caracteres para los cuales el material mexicano amplió el rango de variación morfológica reportado por otros autores para *V. borealis*.

Estas variaciones no pueden considerarse como diacríticas para separar al material IZTA 1784 como una especie diferente a *V. borealis*, ya que los intervalos de variación de estos caracteres se traslapan y no existen evidencias genéticas para separar al material mexicano de otras poblaciones de *V. borealis*.

Tabla 8: Comparación de algunos caracteres del material mexicano IZTA 1784 que amplían el rango de variación de *V. borealis*. En la tercera columna se presentan los estados de carácter reportados para *V. borealis* en la literatura y en la cuarta columna los observados al estudiar el material IZTA 1784. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros a excepción de la variación del ángulo del eje mayor oogonial y el ángulo del poro. Literatura consultada: Hirn (1900), Brown (1929), Hoppaugh (1930), González-Guerrero (1945), Rieth (1980), Entwisle (1987), Entwisle (1988a), Johnson y Merritt (2002).

Estructura	Carácter	<i>V. borealis</i>	IZTA 1784
Sifón	Diámetro	34-143	67.5-170
Anteridio	Largo del pedicelo	50-200	38-97
	Variación del diámetro	Más ancho en la base	Más ancho en ápice, más ancho en la base, sin variación
Oogonio	Forma	Ovoide, ovoide-reniforme	Ovoide-reniforme, Subesférica
	Variación del ángulo del eje mayor oogonial	0-20	-12-23
	Ángulo del poro	-55-0	-35-18
	Largo	120-226	108-157
	Simetría	Bilateral	Bilateral, Radial
Oóspora	Color de los puntos de pigmento	N/A	Pardo negruzco
	Grosor de la pared	5-12	1-9

Hábitat: La población registrada en México se localizó en un bosque de pino entre los 2900 y 2941 m.s.n.m., específicamente en canales artificiales con paredes de cemento de una granja de truchas en los que crecía de forma bentónica y subaérea sobre cieno (Anexo 7, Tabla 40) (Fig. 36). Se encontró asociada a musgos, tardígrados, oligoquetos, nemátodos, diatomeas, algas verdes filamentosas como *Oedogonium* y hongos acuáticos. La temperatura del aire fue de 15 a 25 °C. Los parámetros fisicoquímicos del agua fueron: temperatura de 10 a 14°C; pH de 6.9 a 7.8; alcalinidad y dureza total de 30 a 44 mg/L CaCO₃ y 35 a 55 mg/L CaCO₃ respectivamente por lo que puede clasificarse como agua suave; de ligeramente oxigenada a bien oxigenada (2.9-6.8 mg/L O₂) (Gama-Flores *et al.* 2010); con concentraciones de 0.2 a 1.2 mg/L NO₃⁻, 0.25 a 0.56 mg/L NH₄⁺ y 0.5 a 0.7 mg/L de fósforo soluble reactivo (FSR); con conductividad de 0.07 a 22.23 µS.

En cuanto a las características del hábitat, *V. borealis* se distingue de *V. arcaissonensis* y *V. nanandra* ya que estas últimas habitan en aguas con alta salinidad. Con respecto a las especies dulceacuícolas de *Corniculatae*, *V. borealis* es la única que se ha registrado hasta ahora en desagües, pantanos y creciendo sobre paredes de cemento. Sin embargo comparte otro tipo de ambientes con algunas especies (ver Anexo 7, Tabla 40). Es de destacar que en México *V. borealis* se colectó a mayor altitud que *V. cf. repens* (2900-2941 vs 1167-1200 m.s.n.m.) lo que también explica que se haya encontrado a una menor temperatura del agua (10-14 vs. 19-20 °C). Prescott (1938) ya había mencionado que *V. repens* podía habitar en sitios cuya temperatura del aire es relativamente elevada (de hasta 50°C). Esto es importante ya que la tolerancia a las altas temperaturas podría evaluarse como un carácter diagnóstico para estas especies que se relacionan cercanamente en cuanto a filogenia, aunque es necesario considerar que en otros sitios *V. borealis* se ha colectado hasta los 23°C. Por otro lado, es probable que la presencia de *V. borealis* en México sea posible por su ubicación en un hábitat de montaña con condiciones similares a las que se encuentran a mayores latitudes de donde ese taxón ha sido citado (Hirn 1900; Brown 1929; Aboal 1989a; Johnson y Merritt 2002).

Al comparar la información del hábitat de material mexicano con respecto a la información sobre hábitat reportada para *V. borealis* en España, se observa una ampliación del espectro ecológico en que habita este taxón, tomando en cuenta que es la primera vez que se reporta en canales y escurrimientos de una granja de truchas y a menor temperatura del agua (14.5-23 vs 10-14 °C), pH (7.4-8.3 vs 6.9-7.8), alcalinidad (124-163 vs 30-44 mg/L CaCO₃), concentración de oxígeno (6.5-17 vs 2.9-6.8 mg/L), de nitratos (0.45-7.66 vs 0.2-1.2 mg/L), y mayor de amonio (0-0.02 vs 0.25-0.56 mg/L) y FSR (0-0.04 vs 0.5-0.7 mg/L) (ver Anexos 7 y 8, Tabla 40 y Figs 148-158).

Estas variaciones no pueden considerarse como diacríticas para separar al material IZTA 1784 como una especie diferente a *V. borealis*, considerando que los intervalos de variación de algunos datos ambientales cuantitativos se traslapan; que se ha estudiado anteriormente solo el hábitat de una población en España; que no se cuenta con datos de hábitat de la población tipo; y que no existen evidencias genéticas para separar al material mexicano de otras poblaciones de *V. borealis*.

Cultivo: El material de esta especie inicio su crecimiento después de 3 a 10 días de ser inoculada. Las estructuras reproductivas se observaron entre los días 21 a 28 y los cultivos unialgales se obtuvieron después de 42 días. El alga mostró crecimiento tanto en medio líquido como en agar.

***Vaucheria cf. bursata* (O. F. Müller) C. Agardh 1811**

Figs 43-46

Andersen y Bailey 2002. Entwisle 1987; 1988a. Linne von Berg y Kowallik 1996. Wolowski 2002.²

Etimología: del latín, referente a la forma de bolso del oogonio.

Basiónimo y sinónimo homotípico: *Conferva bursata* O. F. Müller 1788.

Sinónimos heterotípicos: *Ectosperma sessilis* Vaucher 1803. *Vaucheria sessilis* (Vaucher) de Candolle in Lamarck et de Candolle 1805.

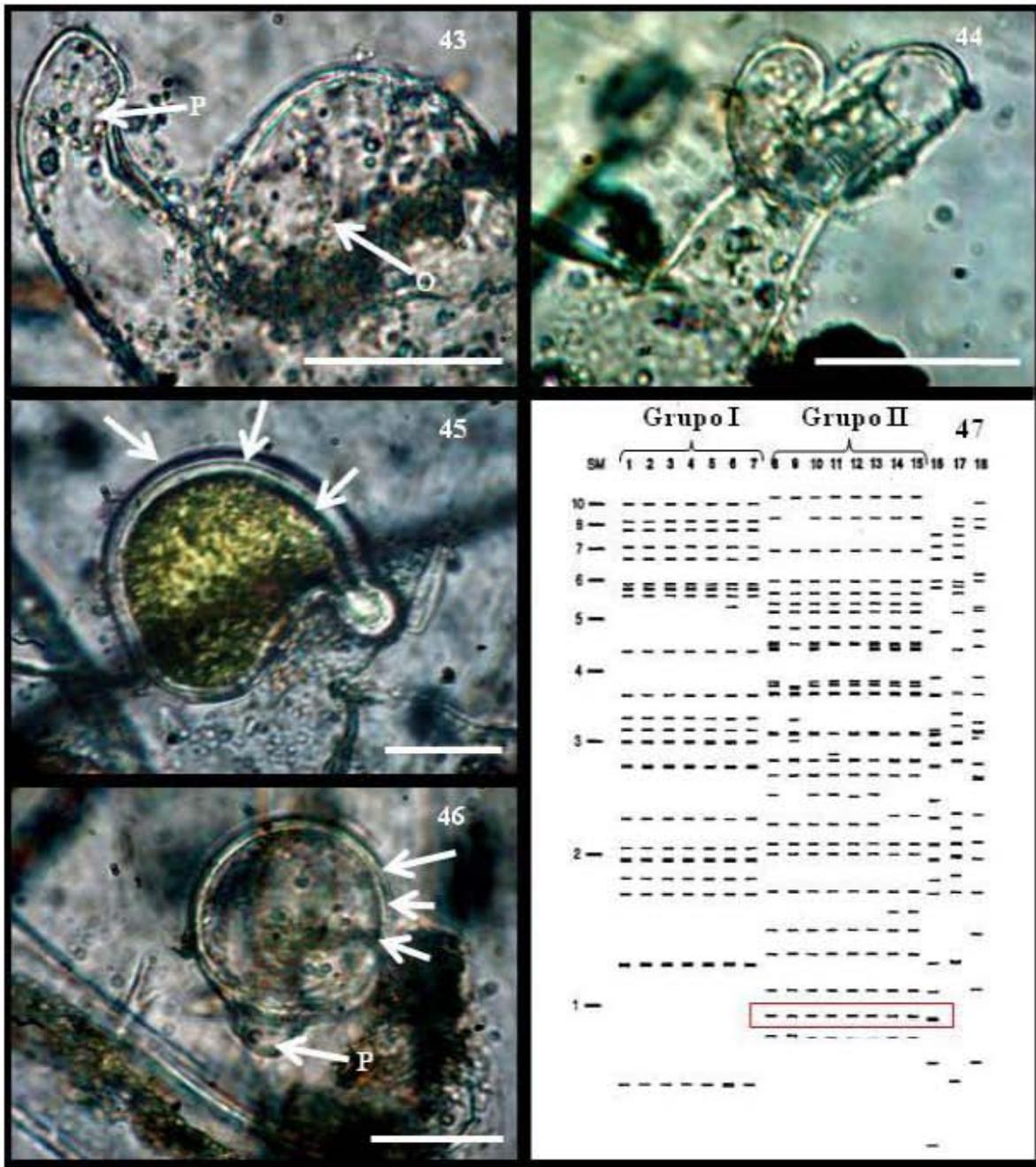
Nombre ilegítimo: *Vaucheria clavata* auct. non (Vaucher) de Candolle: Klebs 1896.

Lectotipo: Descripción e ilustración de Müller (1788) según Christensen (1973).

Localidad tipo: Meinberg, Alemania (Müller 1788).

Distribución: *V. bursata s.l.* es un complejo de especies crípticas (*V. bursata*, *V. repens* y *V. aff. dillwynii*) que se distribuye ampliamente en cinco continentes a excepción de la Antártida. Principalmente existen registros en el hemisferio norte correspondiendo a Canadá, Estados Unidos (incluyendo Alaska), México, Puerto Rico, Alemania, Andorra, Austria, Bulgaria, Dinamarca, Eslovenia, España, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, República Checa, Rumania, Rusia, Suecia, Suiza, Ucrania,

² Además de estas referencias consultadas para *V. bursata*, existen otras donde se cita a este taxón o a sus sinónimos; sin embargo, es necesario revisar el material colectado en esos estudios para corroborar su afinidad taxonómica. A continuación se presenta la lista de estas referencias: Aboal (1989a); Andersen y Bailey (2002); Bailey (1895); Blum (1972); Bojorge-García *et al.* (2010); Borge (1896); Bostock y Holland (2010); Brown (1929); Carmona-Jimenez y Montejano-Zurita (1993); Caraus (2002, 2012); Cassie (1984); Chapman (1956); Christensen (1969, 1973, 1987b); Collins (1909); Couch (1932); Cullinane (1972, 1975, 1978); Day *et al.* (1995); Discover Life (2013); Fernández-García *et al.* (2011); Funk (1961); Gauthier-Lièvre (1955); Götz (1897); Gross (1937); Hardy (1906); Hassall (1843); Heering (1907); Hirn (1900); Hodgetts (1921); Hoppaugh (1930); Hu y Wei (2006); Jao (1936); Johnson y Merritt (2002); Johnstone (1972); Kaporina (2008); Karling (1966); Kataoka *et al.* (2000); López-Rodríguez *et al.* (2009); Linne von Berg y Kowallik (1988); Menezes y Bicudo (2010); Michev *et al.* (1998); Möbius (1895); Montejano *et al.* (2000); Nemjová y Kaufnerová (2009); Nurul-Islam (1984); Pérez-Gutiérrez (2009); Phillips (2002); Prescott (1938); Punjab Envis Centre (2013); Rieth (1963, 1980); Rushforth y Merkley (1988); Sarma y Chapman (1975); Schagerl y Kerschbaumer (2008); Schneider *et al.* (2008); Silva *et al.* (1996); Simons (1975, 1994); Simons y van Beem (1990); Smith (2010); Spencer (1883); Teodoresco (1907); Tiffany (1937); Tkachenko y Kustin (2012); Tonetto *et al.* (2012); Valadez *et al.* (1996, 1998); Zarina *et al.* (2005); Zelazna-Wieczorek (2002).



Figs 43-47. *Vaucheria cf. bursata* FCME-PA 2540, 2556, 2557. Barras de escala=50µm.

Fig. 43. Grupo gametangial con un oogonio (O) y un pedicelo anteridial curvo (P).

Fig. 44. Anteridio circinado-cilíndrico.

Fig. 45. Oogonio ovoide-reniforme con oóspora que llena su base y que presenta tres capas en su pared (señaladas con flechas) y sin puntos de pigmento.

Fig. 46. Oogonio con pico (P) y donde aún se observan las tres capas de la oóspora (señaladas con flechas).

Fig. 47. Patrones de restricción para EcoRI de varias cepas de *V. bursata* s.l. tomado de Line von Berg y Kowallik (1996). Se señalan los patrones que corresponden a las cepas de los grupos I y II así como el fragmento de ≈800 pb característico del grupo II.

Algeria, Libia, Marruecos, Túnez, China, India, Iraq, Japón y Pakistán. En el hemisferio sur solo ha sido citado para Australia, Brasil y Nueva Zelanda (Fig. 48). Esto contrasta con la distribución de especies cercanas como *V. antarctica*, *V. borealis*, *V. pseudosessilis* y *V. nanandra* que solo han sido reportadas para las Islas Geórgicas del Sur, el hemisferio norte, Australia y Nueva Zelanda respectivamente.

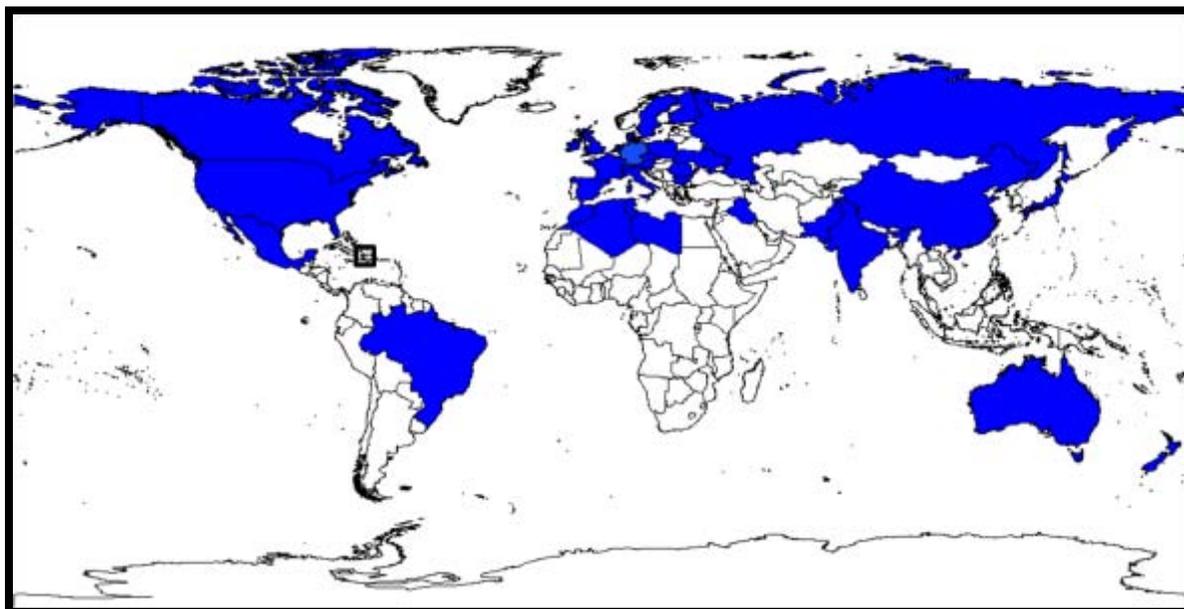


Fig. 48. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria bursata s.l.* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

Actualmente se ha avanzado en la separación de especies del complejo *V. bursata s.l.*, por lo que es necesario corroborar numerosos registros ya que algunos dan el epíteto correspondiente pero no presentan datos morfológicos o moleculares que podrían ser críticos para distinguir a *V. bursata* de *V. aff. dillwynii* y *V. repens* (especies del complejo que se tratarán más adelante).

Aunado a esto es importante considerar que los registros de Johnson y Merritt (2002), Nemjová y Kaufnerová (2009), Tonetto *et al.* (2012), Wunderlin (1971) y Zelazna-Wieczorek (2002), presentan datos morfológicos que son intermedios entre *V. bursata*, *V. aff. dillwynii* y *V. repens* o presentan datos mezclados de varias poblaciones que pudieran corresponder a estas tres especies.

El material mexicano estudiado (*V. cf. bursata*) fue colectado en Tamasopo, San Luis Potosí. También se ha registrado a *V. bursata* (= *V. sessilis*) en otras localidades de ese Estado, en Morelos y en el D.F. (Xochimilco, MEXU 433) (Carmona-Jimenez y Montejano-Zurita 1993; Valadez *et al.* 1996; Valadez *et al.* 1998; Montejano *et al.* 2000; Pérez-Gutiérrez 2009). Sin embargo, este material no fue revisado en cuanto a su morfología para corroborar su afinidad taxonómica. La presencia de varias poblaciones

morfológicamente afines a *V. bursata* en el país abre una importante posibilidad de estudiar las especies crípticas (p.e. *V. repens* y *V. aff. dillwynii*) que se han sugerido por Andersen y Bailey (2002) y Linne von Berg y Kowallik (1996). Hacen falta más estudios que incluyan aspectos morfológicos, ecológicos y moleculares en otros países donde se han encontrado estos organismos, para resolver el problema del complejo *V. bursata*.

Material estudiado: FCME-PA 2540, 2556, 2557, Puente de Dios, Tamasopo, San Luis Potosí, México.

Descripción morfológica: Sifones con diámetro de 56 a 74 μm (promedio de 62 μm). Talo monoico con gametangios que se ubican lateralmente sobre los sifones. Pedicelo anteridial curvado distal, lateral y paralelamente; formando un ángulo de 74 a 118° con respecto al sifón; de 66 a 117 μm de largo. Anteridios uno por grupo gametangial; laterales a un oogonio o solitarios; con un poro apical alejándose del oogonio adyacente; circinado-cilíndricos; curvándose en un ángulo de 110°; de 37 a 46 μm de largo por 17 a 22 μm de diámetro; la zona basal puede ser la que tiene el mayor diámetro o sin variación del diámetro. Pedicelo oogonial ausente. Oogonios uno por grupo gametangial; sin o con pico de 10 a 21 μm de largo y cuya base mide de 22 a 42 μm de diámetro y su ápice 4 a 19 μm ; de simetría bilateral o radial; ovoides a ovoide-reniformes; de 76 a 104 μm de largo por 64 a 79 μm de diámetro; proporción L/D de 1.2 a 1.4; ángulo del eje mayor de -37 a 75°; ángulo de poro de fertilización de -85 a 40°. Oósporas que llenan el oogonio o dejan libre el pico; con una pared de tres capas y de 3 a 5 μm de grosor; sin protuberancia; dimidiado-globosas, ovoide-reniformes o subesférreas; de 54 a 76 μm de largo y de 52 a 67 μm de diámetro; proporción L/D de 1 a 1.2; ángulo del eje mayor de 8 a 35; sin puntos de pigmento.

Caracteres morfológicos diacríticos: En la Tabla 9 se presentan los caracteres morfológicos que definen a *V. bursata s.l.* del resto de la especies de la sección *Corniculatae* y que coinciden con los materiales mexicanos FCME-PA 2540, 2556 y 2557 (*V. cf. bursata*). Para la elaboración de esta tabla se tomó en cuenta que anteriormente no era posible hacer los análisis moleculares necesarios para distinguir a *V. bursata* (= *V. sessilis*) de *V. repens* y *V. aff. dillwynii*, y que por lo tanto muchos autores pudieron reportar poblaciones de las últimas dos con el epíteto de la primera; por lo que los intervalos de variación morfológica y ambiental tomados de la literatura y presentados en los Anexos 4, 5, 7, 8 (Figs 104-125 y 148-158; Tablas 20-27 y 40) y en la Tabla 9 para *V. bursata sensu lato* podrían corresponder a la variación conjunta de *V. bursata*, *V. repens* y *V. aff. dillwynii*.

Con respecto a los datos presentados para *V. nanandra* en la Tabla 9, es importante resaltar que *V. bursata s.l.* parece solo diferir en cuanto a que el diámetro del anteridio puede ser ligeramente mayor (12-19 vs 15-32 μm). Ninguno de los caracteres mencionados como diagnósticos por Entwisle (1988) en la descripción original de *V. nanandra* parece distinguirla de *V. bursata s. l.*; estos caracteres son: largo del anteridio menor a 70 μm , curvatura del anteridio de al menos 360° y orientación más o menos paralela del oogonio y su pico con respecto al sifón (ver Anexo 5, Figs 109, 111, 113 y 117). Aunado a esto, Entwisle comentó que el hábitat salobre en que se colectó a *V. nanandra* también podía ser

diagnóstico aunque *V. bursata* también ha sido colectada en estos ambientes (ver Anexo 7, Tabla 40). Es necesario llevar a cabo análisis filogenético molecular para determinar la relación de *V. bursata* y *V. nanandra* -además de *V. antarctica* y *V. pseudosessilis*- y comparar su morfología directamente (no como *V. bursata* s. l.) para descartar la posibilidad de que sean conspecíficas.

Tabla 9: Caracteres morfológicos diacríticos de *V. bursata* s.l., su comparación con *V. cf. bursata* (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) y los *taxa* correspondientes de la sección *Corniculatae*. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros a excepción del número de oogonios por grupo gametangial y el número de capas de la pared de la oóspora. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 mediciones u observaciones de ese carácter en el taxón correspondiente. Literatura consultada: Lamarck y de Candolle (1805), Reinsch (1890), Hirn (1900), Brown (1929), Hoppaugh (1930), Tiffany (1937), González-Guerrero (1945), Chapman (1956), Wunderlin (1971), Ott y Hommersand (1974), Sarma (1974), Rieth (1980), Entwisle (1987), Entwisle (1988a), Cambra (1992), Krzyk (2001), Johnson y Merritt (2002), Wolowski (2002), Zelazna-Wieczorek (2002), Nemjová y Kaufnerová (2009), Fernández-García *et al.* (2011) y Tonetto *et al.* (2012).

Estructura	Carácter	<i>V. bursata</i> s.l.	<i>V. cf. bursata</i>	<i>Taxa</i>	Estado de carácter en el taxón	
Anteridio	Forma	Circinado-cilíndrico	Circinado-cilíndrico	<i>V. arcassonensis</i>	Contorsionado, espiralado, ganchudo, irregular, recto	
	Largo	17-121	37-46 (!)	<i>V. pseudosessilis</i>	162.5	
	Diámetro	15.5-32	17-22 (!)	<i>V. borealis</i>	20-67	
				<i>V. nanandra</i>	12-19	
Oogonio	Número por grupo gametangial	1-2	1 (!)	<i>V. pseudosessilis</i>	37.5	
				<i>V. antarctica</i>	1	
	Diámetro de la base del pico Diámetro del ápice del pico Forma	16-43	22-42 (!)	<i>V. arcassonensis</i>	1-4	
				<i>V. pseudosessilis</i>	1	
		8-25	4-19 (!)	<i>V. borealis</i>	33-55	
				<i>V. borealis</i>	22-39	
		Oblongo, ovoide, ovoide-reniforme, subesférico		Ovoide, Ovoide-reniforme	<i>V. dillwynii</i>	Truncado napiforme
					<i>V. arcassonensis</i>	Elipsoidal, oblongo-reniforme, ovoide-reniforme, reniforme
		Largo	46-130	76-104	<i>V. borealis</i>	120-226
		Diámetro	46-103	64-79	<i>V. borealis</i>	66-174
Ultraestructura de la pared externa	Lisa	-	<i>V. dillwynii</i>	Escrobiculada		
Oóspora	Espacio que ocupa en el oogonio	Llena el oogonio o lo llena a excepción del pico	Llena el oogonio o lo llena a excepción del pico (!)	<i>V. arcassonensis</i>	No llena ni el pico ni la base del oogonio	
	Número de capas de la pared	3	3	<i>V. antarctica</i>	5	
	Forma	Ovoide, ovoide-reniforme	Dimidiado-globosa, ovoide-reniforme, subesférica (!)	<i>V. dillwynii</i>	Numerosas	
				<i>V. arcassonensis</i>	Elipsoidal, oblongo-reniforme, reniforme	
	Largo	43-130	54-76 (!)	<i>V. pseudosessilis</i>	Subesférica	
	Diámetro	38-103	52-67 (!)	<i>V. pseudosessilis</i>	156	
	Presencia de puntos de pigmento	Presentes	Ausentes (!)	<i>V. pseudosessilis</i>	137.5	
				<i>V. antarctica</i>	No registrados	
				<i>V. pseudosessilis</i>	Ausentes	
				<i>V. aff. dillwynii</i> ¹ (!)	Ausentes	
Color de los puntos de pigmento	Café-rojizo, oscuros, rojizos	-	<i>V. repens</i>	Pardo-negruzcos		

¹ Los datos de esta especie corresponden a material colectado en México en el presente estudio. Su descripción se presenta más adelante en el texto.

Nótese que los únicos caracteres que podría distinguir a *V. repens* y *V. aff. dillwynii* de *V. bursata s.l.* en la Tabla 9 son la presencia y el color de los puntos de pigmento dentro de la oóspora. En los materiales mexicanos FCME-PA 2540, 2556 y 2557 no se observaron puntos de pigmento conspicuo dentro de la oóspora por lo que se complicaría su determinación a nivel de especie. Además es necesario hacer estudios de cultivo de *V. repens*, *V. aff. dillwynii*, *V. bursata* y las poblaciones donde se colectaron los ejemplares FCME-PA 2540, 2556 y 2557, bajo diferentes condiciones, con el fin de evaluar si existe estabilidad en la presencia y composición química de los puntos de pigmento.

A pesar de esto, existen otros caracteres que diferencian a los ejemplares FCME-PA 2540, 2556 y 2557 de *V. repens*, *V. aff. dillwynii* y otras especies de *Corniculatae*. Estos se presentan en la Tabla 10. Es importante aclarar que, aunque existe variación con respecto a otras especies, es necesario estudiar una mayor cantidad de gametangios de *V. cf. bursata* – así como de algunas otras de estas especies- ya que en la mayoría de los casos se hicieron menos de 10 observaciones por carácter. Además debería realizarse un estudio filogenético paralelo a dicho estudio morfológico para corroborar la independencia filogenética de los *taxa* ya que los caracteres de la Tabla 10 serían desechados como diacríticos en caso de que en un futuro se confirme que *V. cf. bursata* de México corresponde filogenéticamente a la cepa UTEX 2067 colectada en la localidad tipo de *V. bursata*; por lo que solamente servirían para aumentar el rango de variación morfológica del taxón. En el presente estudio se decidió aplicar el término “*V. cf. bursata*” para los ejemplares FCME-PA 2540, 2556 y 2557 precisamente debido a que es necesaria la comparación filogenética de estos con la cepa UTEX 2067 colectada en la localidad tipo de *V. bursata* para apoyar lo observado en cuanto a la morfología.

Variación morfológica del material mexicano: *V. cf. bursata* no presentó diferencias con respecto a *V. bursata s.l.* más que la ausencia de puntos de pigmento en la oóspora (ver Anexos 4 y 5; Tablas 28-39 y Figs 104-125) por lo que puede considerarse que morfológicamente corresponde al complejo *V. bursata*. Será importante estudiar a futuro materiales en cultivo colectados en las localidades de donde anteriormente se obtuvo a FCME-PA 2540, 2556 y 2557 con el fin de corroborar la ausencia de puntos de pigmento en la oóspora. Paralelo a esto se deberán analizar las secuencias del gen *rbcL* de los materiales cultivados para descartar que se trate de *V. repens* o *V. aff. dillwynii* (esta entidad se tratará más adelante en el texto de esta obra).

Hábitat: Los ejemplares 2540, 2556 y 2557 se colectaron en un ambiente dulceacuícola lo que permite separarlos de *V. arcassonensis*, especie característica de ambientes salobres (ver Anexo 7, Tabla 40).

Para apoyar la delimitación de estos ejemplares con respecto a *V. aff. dillwynii* y *V. cf. repens* sería pertinente estudiar de forma más completa el ambiente donde se desarrollan. Esto se sugiere ya que *V. bursata s.l.*, presenta ciertas preferencias ambientales distintas a *V. aff. dillwynii* y *V. cf. repens*. Por ejemplo, *V. bursata s.l.* comparada con *V. cf. repens* no se había reportado para caídas de agua, a una temperatura del aire mayor (7-11 vs 26 °C), y mayor concentración de FSR (0-0.8 vs 2.1 mg/L) (ver Anexos 7 y 8; Tabla 40 y Figs 149, 157). Por otro lado, *V. aff. dillwynii* se registró a una mayor altitud (600-2300 vs 2753-2867

m.s.n.m.) y a una mayor temperatura del aire (7-11 vs 19-30 °C) (Anexo 8 Figs 148 y 149). La delimitación filogenética de las poblaciones de *V. bursata s. l.* para las que se tomaron estos datos ambientales, así como el estudio tanto en campo como en cultivo de las poblaciones de donde se colectaron los ejemplares 2540, 2556 y 2557, y de un número mayor de cepas de *V. bursata*, *V. aff. dillwynii* y *V. repens* son necesarios para determinar los gradientes ambientales que ocupan estas especies y evaluar la importancia de las

Tabla 10: Caracteres morfológicos diacríticos de *V. cf. bursata* (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) su comparación con *V. bursata s.l.* y con los *taxa* correspondientes de la sección *Corniculatae*. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros a excepción de la proporción L/D del oogonio. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 mediciones u observaciones de ese carácter en el taxón correspondiente. Literatura consultada: Lamarck y de Candolle (1805), Reinsch (1890), Hirn (1900), Brown (1929), Hopppaugh (1930), Tiffany (1937), González-Guerrero (1945), Chapman (1956), Wunderlin (1971), Ott y Hommersand (1974), Sarma (1974), Rieth (1980), Entwisle (1987), Entwisle (1988a), Cambra (1992), Krzyk (2001), Johnson y Merriitt (2002), Wolowski (2002), Zelazna-Wieczorek (2002), Nemjová y Kaufnerová (2009), Fernández-García et al. (2011) y Tonetto et al. (2012).

Estructura	Carácter	<i>V. cf. bursata</i> FCME-PA 2540, 2556 y 2557	<i>V. bursata s.l.</i>	<i>Taxa</i>	Estado de carácter en el taxón
Talo	Diámetro del sifón	56-74 (!)	23-150	<i>V. pseudosessilis</i>	96-105
Anteridio	Curvatura del pedicelo	Curvado distal, lateral o paralelamente	Curvado distal, lateral o paralelamente; recto	<i>V. antarctica</i>	Recto
				<i>V. arcassonensis</i>	Recto
				<i>V. pseudosessilis</i>	Recto
	Largo del pedicelo	66-117 (!)	5-141	<i>V. nanandra</i>	10-40
				<i>V. pseudosessilis</i>	125
			<i>V. repens</i>	59	
	Ángulo sobre el que se curva	110 (!)	35-405	<i>V. antarctica</i>	360
	Largo	37-46 (!)	17-121	<i>V. arcassonensis</i>	75-190
				<i>V. nanandra</i>	360
				<i>V. pseudosessilis</i>	170
Oogonio	Diámetro	17-22 (!)	15.5-32	<i>V. aff. dillwynii</i> ¹	24-35 (!)
	Largo	76-104	46-130	<i>V. pseudosessilis</i>	118-122
	Proporción L/D	1.2-1.4	1-1.7	<i>V. arcassonensis</i>	1.6-1.9
Oóspora	Grosor de la pared	3-5	2-7	<i>V. nanandra</i>	6-7
	Forma	Dimidiado-globosa, ovoide-reniforme, subsférica (!)	Ovoide, ovoide-reniforme	<i>V. nanandra</i>	Ovoide
				<i>V. repens</i>	Ovoide
	Largo	54-76 (!)	43-130	<i>V. nanandra</i>	89-127
				<i>V. repens</i>	79-108
	Diámetro	52-67 (!)	38-103	<i>V. nanandra</i>	72-101
			<i>V. repens</i>	60-87	
Color de los puntos de pigmento	Ausentes (!)	Café-rojizo, oscuros, rojizos	<i>V. arcassonensis</i>	Café rojizo	
			<i>V. cf. repens</i> ¹	Café rojizo	

¹ Los datos de esta especie corresponden a material colectado en México en el presente estudio. Su descripción se presenta más adelante en el texto.

diferencias observadas como apoyo para la determinación específica de organismos con morfología afín al complejo *V. bursata s.l.*.

Comentarios: Histórica y sobre todo recientemente, se ha observado que existe un problema para poder determinar a nivel de especie poblaciones de *Vaucheria* con una morfología que va entre *V. bursata* (= *V. sessilis*) y *V. repens*; como es el caso de los materiales mexicanos FCME-PA 2540, 2556 y 2557. Sin embargo durante la investigación bibliográfica llevada a cabo en el presente estudio se recopiló cierta información que podría ayudar a establecer hipótesis para llegar a la solución del problema del complejo *V. bursata*

s.l.. A continuación se discute esta información con el fin de aclarar el estatus taxonómico de los ejemplares mexicanos tratados en este apartado.

Linne von Berg y Kowallik (1988, 1996) estudiaron los patrones de restricción de EcoRI del genoma cloroplástico en varias poblaciones morfológicamente referibles a *V. bursata* de distintas localidades europeas y encontraron dos grupos (Grupo I y Grupo II) de patrones de restricción principales además de tres patrones independientes pertenecientes a poblaciones únicas (Fig. 47).

En el presente trabajo se llevó a cabo el análisis de restricción de EcoRI *in silico* con las secuencias del gen *rbcL* de la sección *Corniculatae* y se observó una correspondencia de los patrones de restricción con la disposición filogenética de las secuencias. En los árboles del Anexo 3 (Figs 102 y 103) se observa que el clado monofilético de la sección *Corniculatae* se divide en dos subclados: uno (Subclado I) que incluye a *V. bursata* (UTEX 2067) colectada en la localidad tipo y a una población afín (CCMP 1084) y otro que incluye al resto de las especies que hasta ahora se han secuenciado de la sección *Corniculatae* (Subclado II), incluyendo la cepa (K402) que aquí se considera como *V. aff. dillwynii* aunque anteriormente Andersen y Bailey (2002) la habían reportado como *V. bursata*. En sus secuencias, los miembros del Subclado I presentan un solo sitio de restricción mientras que todos los del Subclado II presentan dos sitios de restricción entre los cuales se genera un fragmento de alrededor de 800 pb que no se formaría en los miembros del Subclado I debido a la ausencia de un sitio de restricción. Al analizar los patrones de restricción del genoma cloroplástico presentados por Linne von Berg y Kowallik (1996) se observa que uno de los grupos (Grupo II) de poblaciones con un patrón característico presenta un fragmento que puede ser de alrededor de 800 pb, mientras que el Grupo I no lo presenta (Fig. 47). Aunque estos investigadores no llevaron a cabo el mapeo de los fragmentos de restricción en el genoma cloroplástico, es muy probable que este fragmento de alrededor de 800 pb corresponda al que se observó en el presente estudio dentro del gen *rbcL* ya que cuentan con aproximadamente el mismo número de pares de bases. Así los patrones de restricción de la colección de poblaciones que Linne y Kowallik reconocieron como el Grupo I podría corresponder a lo observado en las secuencias del Subclado I del presente estudio y los del Grupo II podrían corresponder al Subclado II.

De esta manera, si se reconoce que el material colectado en la localidad tipo de *V. bursata* se ubica en el Grupo/Subclado I, todas las poblaciones afines filogenéticamente a esta cepa (UTEX 2067) deberían reconocerse taxonómicamente como *V. bursata* (p.e. *V. bursata* CCMP 1084), asumiendo que la población original de la que se hizo la descripción de la especie no ha sido sustituida por otros organismos morfológicamente similares pero filogenéticamente divergentes. Aunque esto último puede representar un problema; asumirlo parece necesario ya que el material tipo de *V. bursata* corresponde a una ilustración y por lo tanto no sería posible extraer ADN para analizar la relación filogenética del material tipo con las poblaciones del Grupo/Subclado I, con las dificultades que ese mismo proceso implica en material preservado. Una posible solución sería designar a la cepa UTEX 2067 como el epitipo de *V. bursata*.

Si se acepta esto, se estaría en condiciones de reconocer que las poblaciones morfológicamente similares a *V. bursata*, pero filogenéticamente divergentes al material de la localidad tipo, corresponden a especies diferentes y no a subespecies como lo sugirieron Linne von Berg y Kowallik (1988, 1996). Esto es apoyado por el hecho de que el análisis filogenético del presente estudio muestra que el Grupo/Subclado II en realidad incluye varias especies más o menos afines morfológicamente a *V. bursata*: *V. arcassonensis*, *V. borealis*, *V. dillwynii*, *V. repens* (cepa K583), *V. cf. repens* y *V. aff. dillwynii* (Ver Anexo 3, Figs 102 y 103). Estas especies presentan un porcentaje de variación genética con respecto a los miembros del Grupo/Subclado I, donde se incluye al material de la localidad tipo de *V. bursata*, que va de 3.2 a 3.97% lo que supera de manera importante al valor mínimo para especies morfológicamente bien definidas del género (1.66%) (ver Anexo 2, Tablas 20-24 y 26-27) apoyando su independencia taxonómica. De esta manera, debido a su filogenia y variación genética sería posible separar a las tres especies crípticas del complejo *V. bursata* s.l.: *V. bursata*, *V. repens* (cepa K583) y *V. aff. dillwynii*; aunque será necesario conseguir material de la localidad tipo de *V. repens* para corroborar que está emparentada con la cepa K583 y material de la localidad tipo de *V. sessilis* para determinar su afinidad filogenética y tomar así decisiones nomenclaturales.

Como apoyo a esta hipótesis filogenética, Linne von Berg y Kowallik (1988 y comunicación personal) también reconocieron diferencias morfológicas que distinguían a las poblaciones de los dos grupos; ajustándose igualmente *V. cf. repens* y *V. aff. dillwynii* (poblaciones mexicanas) a lo descrito para el Grupo II.

El (Grupo I) se distingue por tener sifones que en promedio miden de 56 a 85 μm , zoosporangios con un coeficiente promedio de largo: ancho de 2.35 a 3.33 y la proporción promedio de oogonios: anteridios por grupo gametangial de 1.3 a 1.74 lo que se interpreta como una mayor proporción de grupos gametangiales con dos oogonios. Los valores para el Grupo II fueron: 37 a 53 μm , 4.1 a 4.86 y 0.91 a 1.18. Entwisle (1987) también encontró cierta disyunción en el diámetro de los sifones en distintas poblaciones referibles a *V. bursata* cultivados bajo diferentes condiciones aunque observó solapamiento en los valores extremos por lo que no lo consideró un carácter con valor para distinguir entidades dentro de *V. bursata*. Por otro lado, la proporción de oogonios: anteridios estudiada por este último autor parece ser muy variable dependiendo de las condiciones de cultivo.

Así tomando en cuenta que la proporción de oogonios: anteridios puede variar según las condiciones de cultivo y que no siempre es posible obtener zoosporangios; un buen carácter más estable para definir a los grupos de poblaciones morfológicamente afines a *V. bursata* parece ser el diámetro promedio de los sifones; con lo que, al tener un diámetro promedio de 44, <32 o <49.5 (según Blum, 1972; Rieth, 1980 y Götz, 1897) y 45 a 49 μm respectivamente, *V. cf. repens*, *V. repens* y *V. aff. dillwynii* pueden ubicarse dentro del rango de variación del Grupo II. De hecho *V. cf. repens* y *V. aff. dillwynii* no podrían reconocerse como miembros del Grupo II por la proporción de oogonios: anteridios. De esta manera, resta aún analizar en próximas investigaciones el diámetro promedio de los sifones de la cepa UTEX 2067 colectada en la localidad tipo de *V. bursata* para asegurarse que coincida con lo reportado para las poblaciones del Grupo I y así tomar a este carácter morfológico como el principal para distinguir entre *V. bursata*, *V. cf. repens*, *V. repens* y *V. aff. dillwynii*. Además se tendrán que estudiar las características de los puntos de pigmento

en estas especies, ya que como se mencionó en el apartado de caracteres diacríticos, también podrían ayudar a diferenciar a estos *taxa*.

La discusión detallada anterior sobre el complejo *V. bursata* y los datos presentados en el apartado de caracteres morfológicos diacríticos para *V. bursata s.l.* y para los ejemplares FCME-PA 2540, 2556 y 2557, tienen repercusiones y son valiosos para la determinación taxonómica de dichos ejemplares.

Por lo tanto, a los materiales FCME-PA 2540, 2556 y 2557 se les aplicó el epíteto “*V. cf. bursata*” ya que: 1. como se observa en la Tabla 9, los ejemplares FCME-PA 2540, 2556 y 2557 presentan una morfología afín al complejo *V. bursata s.l.* y distinta a otras especies de *Corniculatae*; 2. *V. bursata s.l.* es un complejo de especies crípticas (*V. bursata*, *V. cf. repens*, *V. repens*, *V. aff. dillwynii*) que pueden distinguirse por su filogenia, proximidad genética y diámetro promedio de los sifones; 3. los ejemplares FCME-PA 2540, 2556 y 2557 presentan un diámetro promedio de los sifones de 62.5 µm, por lo cual se le puede clasificar en el Grupo I de Linne von Berg y Kowallik (1988 y comunicación personal); 4. la cepa UTEX 2067 colectada en la localidad tipo de *V. bursata* podría clasificarse en el Grupo I por indicios en el patrón de restricción de su secuencia del gen *rbcL*; 5. las poblaciones del Grupo I deberían considerarse conspecíficas de *V. bursata*; 6. Es necesario contar con secuencias genéticas de los materiales FCME-PA 2540, 2556 y 2557 para confirmar que pertenecen al Grupo I y que son conspecíficos con *V. bursata* como lo sugiere el diámetro promedio de sus sifones.

En caso de que en un futuro se llegue a la conclusión de que los ejemplares FCME-PA 2540, 2556 y 2557 no pertenecen filogenéticamente a *V. bursata*, los caracteres de la Tabla 10 podrían ser utilizados como diagnósticos para designar a estos materiales como el tipo de una nueva especie.

Finalmente es importante resaltar que el problema para el reconocimiento adecuado de las especies dentro del complejo *V. bursata* va más allá del ámbito taxonómico. Pérez-Gutiérrez (2009) reportó la presencia de antibióticos (lactonas sesquiterpénicas) para “*V. sessilis*”. Sin embargo la población estudiada por esta autora podría corresponder a *V. bursata* (*¿=V. sessilis?*), *V. repens* o *V. aff. dillwynii* y será importante establecer cual de estas tres especies crípticas produce dicha sustancia antibiótica para fines biotecnológicos.

*Vaucheria aff. dillwynii*³

Figs 49-54

Distribución: Las poblaciones que anteriormente fueron nombradas como *V. sessilis* o *V. bursata* y que presentan un diámetro promedio de los sifones correspondientes a *V. aff. dillwynii* se han colectado únicamente en tres continentes separados por océanos: América, Europa y Oceanía. En ellos se encontraron en Cuba, EUA, México, Brasil, Alemania, España, Francia, Italia, Polonia, Reino Unido, República Checa y Australia (Fig. 55).

Así su distribución parece ser más discontinua que la de *V. bursata*. Sin embargo es necesario corroborar la identidad de numerosos registros de *V. bursata* ya que en algunos no se presentan datos morfológicos ni moleculares que al estudiarse podrían indicar que dichos registros corresponden a *V. aff. dillwynii*. Además, los registros de Johnson y Merritt (2002), Nemjová y Kaufnerová (2009), Tonetto *et al.* (2012), Wunderlin (1971) y Zelazna-Wieczorek (2002), presentan datos morfológicos que son intermedios entre *V. bursata* o *V. aff. dillwynii* o son valores mezclados de varias poblaciones que pudieran corresponder a estas dos especies. En México solo se han encontrado poblaciones afines en las localidades de Cascadas Catidey (19°29'32" N, 99°23'15" O), Agua Bendita (19°16'03" N, 99°57'13" O) y Santa María Atarasquillo (19°19'34" N, 99°27'23" O) en el Estado de México. Es posible que la población de *V. bursata* citada por Bojorge-García *et al.* (2010) para Amanalco (19°14.77' N, 99°50.36' O) más bien corresponda a *V. aff. dillwynii* debido a la proximidad de esta localidad con la de Agua Bendita; sin embargo es necesario estudiar el material de Amanalco morfológica y molecularmente para corroborar su identidad por lo que esta población se considera como *V. cf. aff. dillwynii*.

Material estudiado: IZTA 1788, IZTA 1792, IZTA 1785.

Secuencia del gen rbcL y espaciadores: Número de acceso en GeneBank= KF598746 y KF598747. La secuencia de *V. aff. dillwynii* comprende 2082 pb repartidos de la siguiente manera: 510 para el espaciador *psbA-rbcL* (espaciador 1), 1467 para el gen *rbcL* y 105 para el espaciador *rbcL-rbcS* (espaciador 2). El porcentaje de variación total de la secuencia con respecto a la especie más cercana (*V. dillwynii*) es de entre 2.49 y 2.54%, lo que se asocia a entre 45 y 46 mutaciones puntuales. Por su parte el porcentaje de variación para cada región es el siguiente: para el espaciador 1, 4.12%, asociado a 11 mutaciones; para el gen *rbcL*, entre 2.32 y 2.39%, asociado a entre 34 y 35 mutaciones; para el espaciador 2 no hubo variación (Anexo 2, Tabla 26). Así la región más variable es el espaciador 1. Además, *V. aff. dillwynii* presenta porcentajes de variación total en la secuencia del gen *rbcL* y

³ Debido a que aún existen dificultades para reconocer formalmente a esta especie críptica del complejo *Vaucheria bursata*, el epíteto que aquí se emplea solamente es provisional y hace referencia a su afinidad genética con *V. dillwynii*. Es probable que algunas poblaciones estudiadas en el pasado por otros autores también correspondan filogenéticamente a una especie críptica afín a *V. dillwynii*. Las siguientes referencias incluyen evidencias (diámetro promedio de los sifones) que sugieren que las poblaciones que estudiaron podrían ser afines a las poblaciones de *V. aff. dillwynii* en México aunque fueron identificadas como *V. bursata* o *V. sessilis*: Andersen y Bailey (2002); Cambra (1992); Entwisle (1987; 1988a); Johnson y Merritt (2002); Krzyk (2001); Linne von Berg y Kowallik (1996); Nemjová y Kaufnerová (2009); Rieth (1980); Tonetto *et al.* (2012); Wunderlin (1971); Zelazna-Wieczorek (2002).



Figs 49-54. *Vaucheria aff. dillwynii*. Barras de escala=50 μ m.

Fig. 49. Población (señalada con una flecha) creciendo en la pared de un escurrimiento de agua en la localidad de Agua Bendita, Amanalco, Estado de México.

Fig. 50. Población (señalada con una flecha) creciendo en una piedra sumergida en un río en la localidad de Cascadas Catidey, Jiltozingo, Estado de México.

Fig. 51. Grupo gametangial con un oogonio y un anteridio inmaduro. La oóspora que llena por completo el oogonio dimidiado-globoso no presenta puntos de pigmento. IZTA1792.

Fig. 52. Grupo gametangial con un anteridio circinado-cilíndrico entre dos oogonios, uno ovoide y uno subsférico. Se señala con una flecha el espacio del oogonio que no ocupa la oóspora IZTA 1788.

Fig. 53. Oogonio y oóspora sin contenido citoplasmático que permite observar las tres capas de la pared que se señalan con flechas. IZTA 1792.

Fig. 54. Microfotografía de MEB donde se observa que la zona de la pared oogonial cercana al poro de fertilización (señalada con una flecha) presenta textura lisa. La textura rugosa que se observa en la zona contraria al poro de fertilización puede deberse a la deshidratación del material. IZTA 1792.

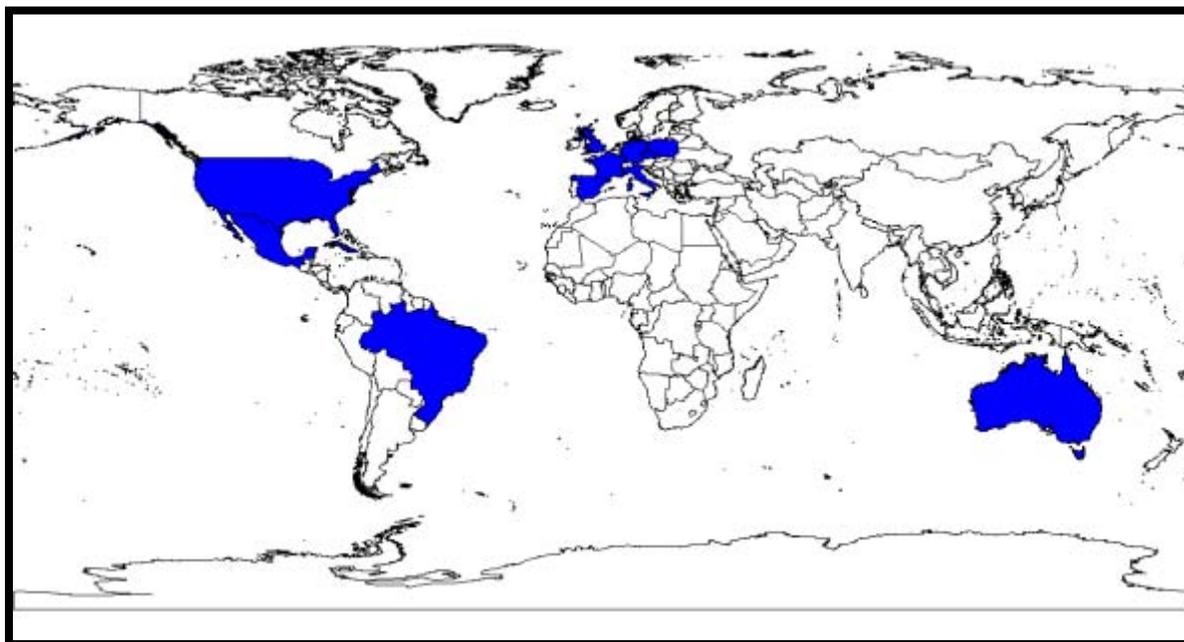


Fig. 55. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria aff. dillwynii* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

espaciadores de 2.05-2.1, 2.6-2.65, 3.32-3.59, 2.21 y 2.43-2.49% con respecto a *V. arcassonensis*, *V. borealis*, *V. bursata* (cepas UTEX 2067 de la localidad tipo y CCMP 1084), *V. repens* (cepa K583) y *V. cf. repens* respectivamente (ver Anexo 2, Tablas 26 y 27). Estos porcentajes sobrepasan al valor mínimo (1.66%) para especies morfológicamente bien definidas del género; lo que apoya que *V. aff. dillwynii* es una especie distinta.

Dentro del gen *rbcL* se reconocen dos sitios de restricción para EcoRI en las posiciones 428 y 1244. Al traducir la secuencia del gen en aminoácidos se observa que muchos de los cambios son sinónimos, sin embargo existen cambios de aminoácidos entre las secuencias de *V. aff. dillwynii* y *V. dillwynii* en las posiciones 233 (C/A), 239 (V/I), 354 (E/D). Estos cambios parecen no tener gran efecto en las propiedades de la proteína ya que los aminoácidos sustituidos tienen propiedades similares. Por otro lado las cepas mexicanas solo presentan una mutación de nucleótidos en el gen *rbcL* dando un porcentaje de diferencia total de 0.06% (ver Anexo 2, Tabla 27) mientras que estas dos con respecto a la tercera cepa de *V. aff. dillwynii* presentan un porcentaje de diferencia total de entre 0.55 a 0.61, asociado a entre 10 y 11 mutaciones puntuales (ver Anexo 2, Tabla 26) que al ser traducidas representan en su mayoría cambios sinónimos a excepción del cambio en las posición 354 (E/D).

Posición filogenética: En ambos árboles filogenéticos del Anexo 3 (Figs 102 y 103) estas poblaciones de *Vaucheria* se ubican en el clado que agrupa a las demás especies de la sección *Corniculatae* (100/100). Además se separan de la población tipo de *V. bursata* (con un sitio de restricción para EcoRI) al ubicarse en un subclado (99.43/99.97) distinto (especies con dos sitios de restricción) junto con *V. arcassonensis*, *V. borealis*, *V. repens* y *V. dillwynii* con la que a su vez forman un subclado independiente (82.18/78.66).

Descripción morfológica: Tapetes de color verde oscuro a verde amarillento con una textura suave y consistencia esponjosa. Sifones con diámetro de 35 a 72 μm ($\bar{x}=53 \mu\text{m}$). Talo monoico con gametangios que se ubican lateralmente sobre los sifones. Pedicelo anteridial curvado distal, lateral y paralelamente o recto; formando un ángulo de 50 a 115° con respecto al sifón; de 31 a 140 μm de largo. Anteridios uno o dos por grupo gametangial; laterales a un oogonio, entre dos oogonios o solitarios; con un poro apical dirigido hacia el oogonio adyacente o alejándose de él; circinado-cilíndricos; curvándose en un ángulo de 62 a 283°; de 25 a 80 μm de largo por 24 a 35 μm de diámetro; la zona apical o basal puede ser la que tiene el mayor diámetro o sin variación del diámetro. Pedicelo oogonial ausente o presente; de 17 a 30 μm de largo; erecto. Oogonios uno a dos por grupo gametangial; pico ausente o presente, de 5 a 13 μm de largo y cuya base mide de 11 a 33 μm de diámetro y su ápice de 4 a 15 μm ; de simetría bilateral o radial; dimidiado-globosos u ovoides; de 65 a 92 μm de largo por 57 a 75 μm de diámetro; proporción L/D de 1.04 a 1.4; ángulo del eje mayor de 6 a 70°; ángulo de poro de fertilización de -84 a 70°; pared externa lisa. Oósporas que llenan el oogonio o dejan libre el pico; pared celular con tres capas de 3 a 8 μm de grosor; con o sin protuberancia; dimidiado-globosas, ovoides o subesféricas; de 62 a 82 μm de largo y de 48 a 65 μm de diámetro; proporción L/D de 1.08 a 1.6; ángulo del eje mayor de 6 a 70; sin puntos de pigmento.

Caracteres morfológicos diacríticos: Los caracteres morfológicos que apoyan la separación de *V. aff. dillwynii* del resto de las especies de la sección *Corniculatae* se presentan en la Tabla 11.

Hábitat: Las poblaciones registradas en México se localizaron en bosques de coníferas entre los 2667 y 2867 m.s.n.m., específicamente en ríos, arroyos y escurrimientos creciendo de forma subaérea y bentónica sobre cieno y rocas (Anexo 7, Tabla 40) (Figs 49 y 50). La temperatura del aire en las zonas de colecta oscilaba entre los 19 y 30 °C. Los parámetros fisicoquímicas del agua fueron: temperatura de entre 11 y 16°C; pH ligeramente ácido (6.9) a ligeramente alcalino (7.1); alcalinidad de 26 a 40 mg/L CaCO₃ y dureza de 44.62 a 46.56 mg/L CaCO₃ por lo que puede considerarse un agua suave; bien oxigenada (5 a 5.8 mg/L O₂) (Gama-Flores *et al.* 2010); con concentraciones de 0.2 a 0.5 mg/L NO₃⁻, 0.12 a 0.13 mg/L NH₄⁺ y de 0 a 0.3 mg/L de FSR; con conductividad baja (64 a 81.5 μS) (Anexo 8, Figs 148-158).

Cabe agregar que *V. aff. dillwynii* también puede distinguirse de *V. nanandra* y *V. arcassonensis* por habitar en agua dulce y no en un medio salobre (ver Anexo 7, Tabla 40). Además, en comparación con *V. cf. repens* (material que será descrito posteriormente), *V. aff. dillwynii* se encontró a mayor altitud (2753-2867 vs 1167-1200 m.s.n.m.); a una menor temperatura del agua (11-16 vs 19-20 °C); a menor alcalinidad (26-40 vs 53 mg/L) y dureza (44.6-46.5 vs 74.4 mg/L); mayor concentración de oxígeno (5-5.8 vs 4 mg/L) y nitratos (0.2-0.5 vs 0 mg/L) pero menor de FSR (0-0.3 vs 2.1 mg/L) y amonio (0.12-0.13 vs 0.35 mg/L) (ver Anexo 8, Figs 148, 150 y 152-157). Sin embargo estos parámetros deben estudiarse en otras poblaciones genéticamente afines a *V. cf. repens* y *V. aff. dillwynii* para corroborar su utilidad como datos diagnósticos.

Tabla 11: Caracteres morfológicos diacríticos de *V. aff. dillwynii* (IZTA 1788, 1792 y 1785) y su comparación con los *taxa* correspondientes de la sección *Corniculatae*. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros a excepción del ángulo sobre el que se curva el anteridio, el número de oogonios por grupo gametangial, la proporción L/D del oogonio y el número de capas de la pared de la oóspora. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 mediciones u observaciones de ese carácter para el taxón correspondiente. Literatura consultada: Lamarck y de Candolle (1805), Reinsch (1890), Hirn (1900), Brown (1929), Hoppaugh (1930), Tiffany (1937), González-Guerrero (1945), Chapman (1956), Wunderlin (1971), Ott y Hommersand (1974), Sarma (1974), Rieth (1980), Entwisle (1987), Entwisle (1988a), Cambra (1992), Krzyk (2001), Johnson y Merritt (2002), Wolowski (2002), Zelazna-Wieczorek (2002), Nemjová y Kaufnerová (2009), Fernández-García *et al.* (2011) y Tonetto *et al.* (2012).

Estructura	Carácter	<i>V. aff. dillwynii</i> (IZTA 1788, 1792 y 1785)	<i>Taxa</i>	Estado de carácter en el taxón	
Talo	Diámetro promedio de los sifones	45-49	<i>V. bursata</i>	56-85	
	Diámetro del sifón	35-72	<i>V. nanandra</i> <i>V. pseudosessilis</i>	53-103 96-105	
Anteridio	Largo del pedicelo	31-140	<i>V. nanandra</i>	10-40	
	Forma	Circinado cilíndrico	<i>V. arcassonesis</i>	Contorsionado, espiralado, ganchudo, irregular, recto	
	Ángulo sobre el que se curva	62-283	<i>V. antarctica</i> <i>V. nanandra</i>	360 360	
	Largo	25-80	<i>V. arcassonesis</i> <i>V. pseudosessilis</i>	75-190 162	
	Diámetro		24-35	<i>V. borealis</i>	20-67
				<i>V. nanandra</i> <i>V. repens</i>	12-19 18-20
Oogonio	Largo del pedicelo	17-30 (!)	<i>V. arcassonesis</i>	35-100	
	Número por grupo gametangial	1-2	<i>V. antarctica</i> <i>V. arcassonesis</i> <i>V. pseudosessilis</i>	1 1-4 1	
	Diámetro de la base del pico	11-33	<i>V. borealis</i>	33-55	
	Diámetro del ápice del pico	4-15	<i>V. borealis</i>	22-39	
	Forma	Dimidiado-globoso, ovoide	<i>V. arcassonesis</i> <i>V. dillwynii</i> <i>V. antarctica</i> <i>V. borealis</i> <i>V. nanandra</i> <i>V. pseudosessilis</i>	Elipsoidal, oblongo-reniforme, ovoide-reniforme, reniforme Truncado-napiforme 106 120-226 89-127 118-122	
	Largo	65-92	<i>V. nanandra</i> <i>V. pseudosessilis</i> <i>V. nanandra</i> <i>V. borealis</i>	89-127 118-122 72-101 66-174	
	Diámetro	57-75	<i>V. borealis</i> <i>V. arcassonesis</i>	66-174 1.6-1.9	
	Proporción L/D	1.04-1.4	<i>V. arcassonesis</i>	1.6-1.9	
	Ultraestructura de la pared	Lisa externa (!)	<i>V. dillwynii</i>	Escróbulada	
	Oóspora	Espacio que ocupa en el oogonio	Llena el oogonio, llena el oogonio menos el pico (!)	<i>V. arcassonesis</i>	Llena el oogonio menos la base, llena el oogonio menos el pico
Número de capas de la pared		3	<i>V. antarctica</i> <i>V. dillwynii</i>	5 >3	
Largo		62-82 (!)	<i>V. repens</i>	79-108	
Diámetro		48-65 (!)	<i>V. repens</i>	60-87	
Color de los puntos de pigmento		Ausentes (!)	<i>V. arcassonesis</i> <i>V. bursata s.l.</i> <i>V. cf. repens</i> ¹ <i>V. repens</i>	Café rojizo Café-rojizo, oscuros, rojizos Café-rojizo Pardo negruzco	

¹ Los datos de esta especie corresponden a material colectado en México en el presente estudio. Su descripción se presenta más adelante en el texto.

Cultivo: El material de esta especie colectado en las Cascadas Catidey inició su crecimiento tras un día después de la inoculación en medio con agar. Después de 10 días se obtuvieron las estructuras reproductivas. Para el día 11 se obtuvo el cultivo unialgal.

Se utilizaron las mismas condiciones de cultivo para *V. cf. repens* y *V. aff. dillwynii* en este estudio y para la primera se observó que alcanzó un crecimiento más abundante sobre el agar y además una persistencia de los filamentos relativamente mayor cuando el medio

comenzaba a secarse. Sin embargo estos procesos no se analizaron de manera precisa y de forma cuantitativa lo que debería estudiarse en un futuro ya que estas diferencias en cultivo podrían ayudar a la separación de estos *taxa*.

Comentarios: Las diferencias genéticas, morfológicas y de hábitat que presenta *V. aff. dillwynii* con el resto de las especies de la sección *Corniculatae* justifican que se trata de una especie distinta aunque filogenéticamente afin a *V. dillwynii*. Probablemente se trate de un nuevo taxón que requerirá describirse de manera formal en una publicación científica futura; sin embargo es necesario secuenciar y reestudiar la morfología del material de la localidad tipo de *V. repens* y *V. sessilis* para establecer sus relaciones filogenéticas y descartar la posibilidad de que sean conspecíficas de *V. aff. dillwynii*. También es necesario estudiar la morfología de la cepa (K402) que aquí se considera como parte de *V. aff. dillwynii* por su posición filogenética y baja diferencia genética con las cepas mexicanas (0.55-0.61%) (ver Anexo 2, Tabla 26). Lo mismo deberá hacerse con otras poblaciones que aquí se sugiere forman parte de este taxón.

Es necesario agregar que el material colectado en la exploración 15 a Santa María Atarasquillo formó en cultivo gametangios que corresponden a *V. bursata* s.l.. Sin embargo estos no maduraron y no pudieron analizarse detalladamente en cuanto a su morfología y secuencias genéticas ya que el cultivo se perdió. Sin embargo se midió en el material preservado el diámetro de los sifones (n=100) obteniendo un valor promedio de 41.7 µm, lo que sugiere que es afin a *V. aff. dillwynii* o *V. cf. repens*, con base en lo discutido en el apartado de *V. cf. bursata*. Por fines prácticos el epíteto que se aplica a esta población es *V. cf. aff. dillwynii*, debido a la relativa cercanía de esta localidad con respecto a las otras donde se registró *V. aff. dillwynii* y con el fin de dar énfasis a que la población en Santa María Atarasquillo debe ser estudiada ampliamente en un futuro para corroborar su afinidad filogenética con *V. aff. dillwynii*. Lamentablemente en una exploración realizada en 2012, se observó que el escurrimiento donde crecía esta población, estaba seco, y no fue posible su cultivo.

Vaucheria cf. repens Hassall 1843⁴

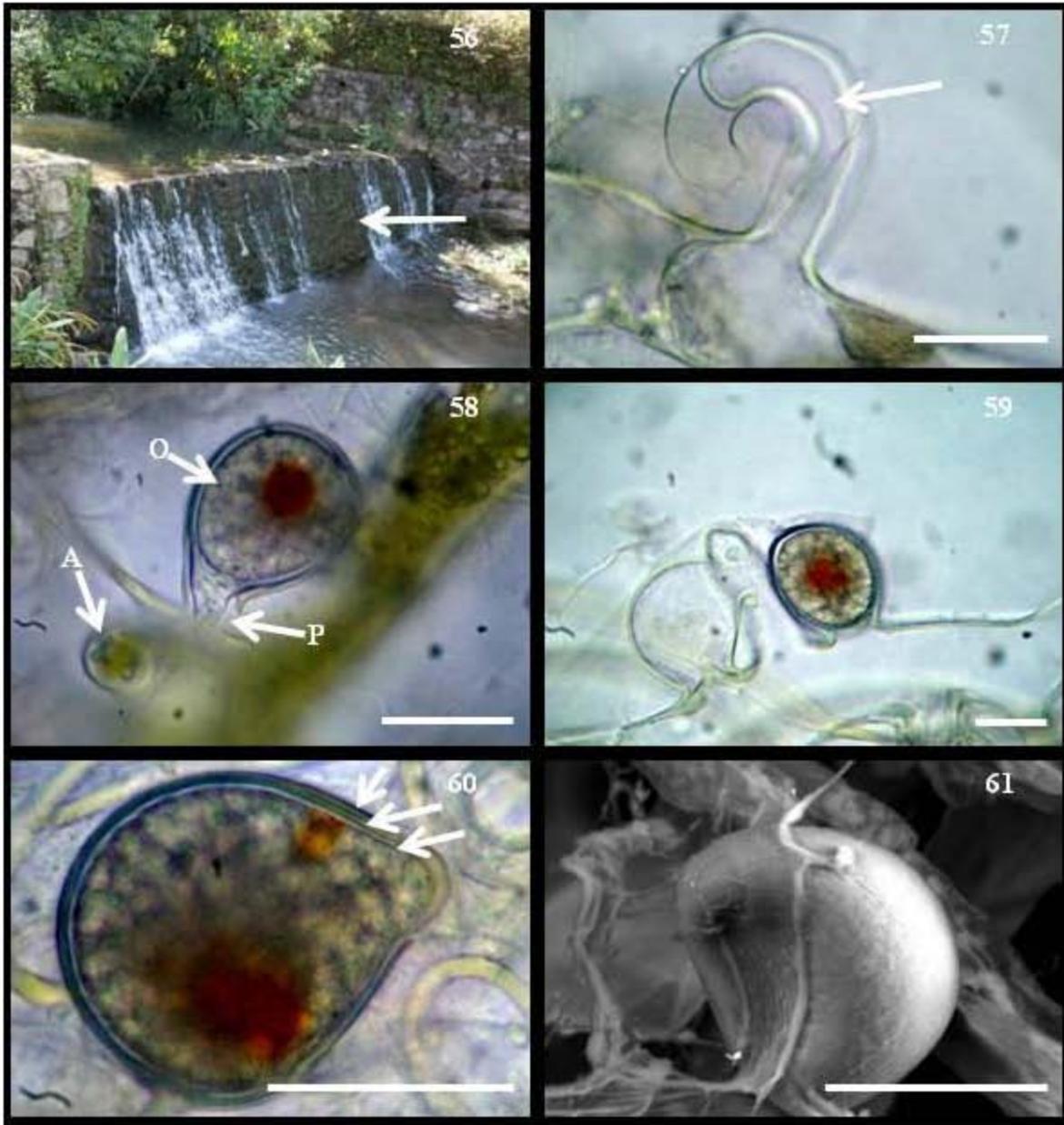
Figs 56-61

Etimología: del latín, referente a la orientación postrada del oogonio (Guiry y Guiry 2013).

Sinónimo homotípico: *Vaucheria sessilis* f. *repens* (Hassall) Hansgirg 1886.

Tipo: no se encontró información en la bibliografía sobre el material tipo de esta especie. Probablemente la descripción por parte de Hassall (1843) puede considerarse como el lectotipo.

⁴ En las siguientes referencias se ha citado a *V. repens*; aunque es dudoso que las poblaciones tratadas en ellas sean conspecíficas con las poblaciones mexicanas ya que no existe información molecular que permita descartar que se trata de *V. aff. dillwynii*: Brown (1929); Discover Life (2013); Hirn (1900); Hu y Wei (2006); Kützing (1849); Prescott (1938). Además *V. sessilis* f. *repens* (sinónimo) ha sido citado por Álvarez-Cobelas (1984); Caraus (2002); González-Guerrero (1945); Hoppaugh (1930); Sarma (1974); Tsarenko *et al.* (2000).



Figs 56-61. *Vaucheria cf. repens*. IZTA 1793. Barras de escala=50µm.

Fig. 56. Población (señalada con una flecha) creciendo en la pared de una caída de agua en un arroyo del Hotel Mi Ranchito, Xicotepec, Puebla.

Fig. 57. Anteridio ganchudo con un poro de fertilización. El pedicelo anteridial (señalado con una flecha) es curvo.

Fig. 58. Grupo gametangial con un anteridio (A) y un oogonio ovoide (O) con pico (P). La oóspora presenta un punto de color café-rojizo.

Fig. 59. Grupo gametangial con dos oogonios y un anteridio. Un oogonio ovoide conserva una oóspora pigmentada.

Fig. 60. Oóspora con dos puntos de pigmento. Las tres capas de la pared de la oóspora se señalan con flechas.

Fig. 61. Microfotografía de MEB donde se observa que la pared oogonial es lisa.

Localidad tipo: Roydon, Essex, Inglaterra.

Distribución: *Vaucheria repens* tiene una distribución amplia en el mundo abarcando cinco continentes a excepción de la Antártida. Sin embargo esta distribución parece fragmentada, posiblemente por la falta de estudios en algunos países o por la dificultad para diferenciar morfológicamente a *V. repens* de *V. bursata* y *V. aff. dillwynii*. Se ha citado para Albania, Algeria, China, España, E. U. A., Fiji, Finlandia, Grecia, Israel, Nueva Zelanda, Reino Unido, Rumania, Sudáfrica y Suiza (Fig. 62). En México fue colectada en 1923 por Carlos Stansch, en la delegación Magdalena Contreras, D. F.. El conocimiento sobre la distribución de esta especie en el país aumenta con el presente estudio registrándose en las coordenadas 20° 15' 45" N y 97°57'47" O, para el municipio de Xicotepec en Puebla (Fig. 35).

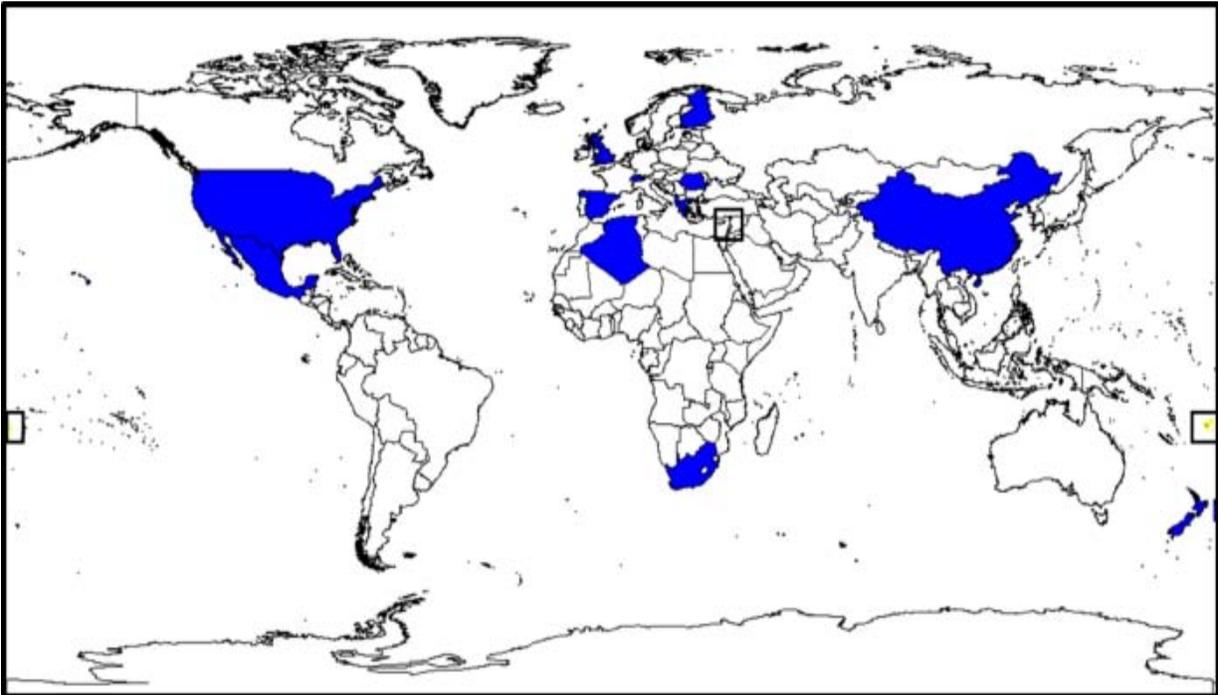


Fig. 62. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria repens* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas con negritas de esta obra.

Material estudiado: IZTA 1793, IZTA 1799.

Secuencia del gen rbcL y espaciadores: Número de acceso en GeneBank= KF598744. Las secuencias de *V. repens* (K583) y *V. cf. repens* comprenden 2112 pb repartidos de la siguiente manera: 540 para el espaciador *psbA-rbcL* (espaciador 1), 1467 para el gen *rbcL* y 105 para el espaciador *rbcL-rbcS* (espaciador 2). El porcentaje de variación total de las

secuencias con respecto a la especie más cercana (*V. borealis*) es de entre 1.93 y 2.16%, lo que se asocia a 35 o 39 mutaciones puntuales. Por su parte el porcentaje de variación para cada región es el siguiente: para el espaciador 1, entre 2.25 y 2.26%, asociado a 6 mutaciones; para el gen *rbcL*, entre 1.9 y 2.04%, asociado a 28 o 30 mutaciones; para el espaciador 2, entre 1.33 y 3.95%, asociado a 1 o 3 mutaciones (Anexo 2, Tablas 26 y 27). Con respecto a *V. aff. dillwynii*, *V. arcaissonensis*, *V. bursata*, y *V. dillwynii* el porcentaje de variación total de las secuencias es de 2.21-2.49, 1.99-2.04, 3.31-3.87, 2.98-3.21% respectivamente. Estos porcentajes de variación y el observado con respecto a *V. borealis* sobrepasan al porcentaje mínimo (1.66%) para especies morfológicamente bien definidas del género (ver Anexo 2, Tablas 24 y 26) lo que apoya su separación como especies distintas. Dentro del gen *rbcL* se reconocen dos sitios de restricción para EcoRI en las posiciones 428 y 1244. Al traducir la secuencia del gen en aminoácidos se observa que muchos de los cambios son sinónimos, sin embargo existen cambios de aminoácidos entre las secuencias de *V. repens* y *V. cf. repens* con respecto a *V. borealis* en las posiciones 40 (V/I), 151 a 156 (TFQGPA/NFPTVQR) y 354 (E/D). El primero y último cambio parece no tener gran efecto en las propiedades de la proteína ya que los aminoácidos sustituidos tienen propiedades similares. Cabe mencionar que el cambio de valina por isoleucina solamente se observa en la cepa K583 de *V. repens*.

Por otro lado *V. repens* (K583) y *V. cf. repens* difieren por ocho mutaciones de nucleótidos, seis en el gen *rbcL* y dos en el espaciador 2 dando un porcentaje de diferencia total de 0.44% (Anexo 2, Tabla 26) que al ser traducidas representan en su mayoría cambios sinónimos a excepción de uno en la posición 40 (V/I). Este porcentaje de variación de las secuencias es inferior al porcentaje mínimo entre especies morfológicamente bien definidas del género (1.66%) apoyando que probablemente pertenecen a la misma especie. Sin embargo no existen datos morfológicos de la cepa K583, los cuales deberán ser estudiados en futuro para apoyar esta hipótesis. Además, la razón principal por la cual no se reconoce abiertamente al material de Xicotepec, Puebla como *V. repens* es debido a que no se han obtenido secuencias del gen *rbcL* y sus espaciadores para el material de la localidad tipo de esa especie (en ausencia de material tipo en herbario); por lo que aunque el material mexicano es cercano filogenéticamente a la cepa K583 de *V. repens*, existe la posibilidad de que esta última no esté emparentada al material de la localidad tipo de *V. repens* y porte así un epíteto mal aplicado. Por lo tanto es necesario confrontar las secuencias y morfología de la cepa K583 y el material de Xicotepec para corroborar su afinidad con el material de la localidad tipo de *V. repens*.

Posición filogenética: En ambos árboles de similitud del Anexo 3 (Figs 102 y 103), *Vaucheria repens* y *V. cf. repens* se ubican en el clado que agrupa a las demás especies de la sección *Corniculatae* (100/100) y en el Grupo/Subclado II (99.43/99.97) que agrupa a las especies de la sección que tienen dos sitios de restricción para EcoRI, excluyendo a la población de *V. bursata* colectada en la localidad tipo y a otra población emparentada que solamente cuentan con un sitio de restricción para EcoRI. Esto apoya la hipótesis de que *V. cf. repens* corresponde a una especie filogenéticamente distinta de *V. bursata* y posiblemente afín a *V. repens*. Además, dependiendo del árbol, puede ubicarse en un clado

(76.2) junto con *V. borealis* (Anexo 3, Fig. 103) o aparecer en una rama independiente (99.99/99.97) (Anexo3, Fig. 102).

Las relaciones filogenéticas de *V. cf. repens* con *V. antarctica*, *V. nanandra* y *V. pseudosessilis* deberían ser estudiadas en un futuro para apoyar la delimitación de estos taxones.

Descripción morfológica: Tapetes de color verde oscuro con una textura suave y esponjosa. Sifones con diámetro de 37 a 57 μm . Talo monoico con gametangios que se ubican lateralmente sobre los sifones. Pedicelo anteridial curvado distal y lateralmente; formando un ángulo de 38 a 115° con respecto al sifón; de 45 a 85 μm de largo. Anteridios uno lateral a cada oogonio, entre dos oogonios o solitarios; con un poro apical dirigido hacia el oogonio adyacente o alejándose de él; circinado-cilíndricos o ganchudos; curvándose en un ángulo de 45 a 260°; de 21 a 50 μm de largo por 20 a 28 μm de diámetro; la zona apical o basal puede ser la que tiene el mayor diámetro o sin variación del diámetro. Pedicelo oogonial ausente. Oogonios uno a dos por grupo gametangial; pico presente, de 6 a 17 μm de largo y cuya base mide de 12 a 30 μm de diámetro y su ápice de 8 a 21 μm ; de simetría bilateral o radial; dimidiado-globosos, elipsoidales u ovoides; de 65 a 87 μm de largo por 48 a 71 μm de diámetro; proporción L/D de 1.1 a 1.3; ángulo del eje mayor de -15 a 55°; ángulo de poro de fertilización de -20 a 50°; pared externa lisa. Oósporas que llenan el oogonio o dejan libre el pico; con una pared de tres capas y de 2 a 4 μm de grosor; con protuberancia; dimidiado-globosas, elipsoidales u ovoides; de 52 a 81 μm de largo y de 41 a 67 μm de diámetro; proporción L/D de 1 a 1.3; ángulo del eje mayor de -15 a 55; con uno a numerosos puntos de pigmento café-rojizo.

Caracteres morfológicos diacríticos: Los caracteres morfológicos que apoyan la separación de *V. cf. repens* y *V. repens* del resto de las especies de la sección *Corniculatae* se presentan en la Tabla 12. Cabe aclarar que no todos los caracteres que separan a *V. cf. repens* sirven también para separar a *V. repens*. Dichos caracteres se remarcan con negritas en la Tabla. En caso de que se compruebe que *V. cf. repens* de México es conspécifica de *V. repens* estos caracteres se tendrían que desechar como diacríticos.

Variación morfológica del material mexicano: Las únicas diferencias morfológicas relativamente claras de *V. cf. repens* con respecto a lo reportado para *V. repens* en la literatura son: oósporas con puntos de pigmento rojo en lugar de negro y de un largo menor (52-81 vs 79-108 μm). Sin embargo es necesario aclarar que los datos morfológicos reportados en la literatura para *V. repens* (= *V. sessilis* f. *repens*) pueden corresponder a *V. bursata* o *V. aff. dillwynii* ya que en estudios anteriores no se incluían datos moleculares que ayudan a diferenciar estas especies.

Hábitat: La población registrada en México se localiza en un bosque de encino con otras plantas de jardín entre los 1167 y 1200 m.s.n.m., específicamente en la caída de agua de un río creciendo de forma subaérea sobre ciénos y rocas (Anexo 7, Tabla 40) (Fig. 100). Se encontró asociada a otras algas. La temperatura del aire en las zonas de colecta fue de 26 °C. Los parámetros físicoquímicos del agua fueron: temperatura de entre 19 y 20°C; pH ligeramente ácido (6.71); alcalinidad de 53 mg/L CaCO₃ y dureza de 75 mg/L CaCO₃ por lo

Tabla 12: Caracteres morfológicos diacríticos de *V. cf. repens* (IZTA 1793 y 1799) su comparación con *V. repens* y con los taxa correspondientes de la sección *Corniculatae*. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros a excepción del ángulo sobre el que se curva el anteridio, el número de oogonios por grupo gametangial y el número de capas de la pared de la oóspora. El símbolo (!) indica que se realizaron menos 10 diez mediciones su observaciones del carácter para el taxón correspondiente. Literatura consultada: Lamarck y de Candolle (1805), Reinsch (1890), Hirn (1900), Brown (1929), Hoppaugh (1930), Tiffany (1937), González-Guerrero (1945), Chapman (1956), Wunderlin (1971), Ott y Hommersand (1974), Sarma (1974), Rieth (1980), Entwisle (1987), Entwisle (1988a), Cambra (1992), Krzyk (2001), Johnson y Merritt (2002), Wolowski (2002), Zelazna-Wieczorek (2002), Nemjová y Kaufnerová (2009), Fernández-García *et al.* (2011) y Tonetto *et al.* (2012).

Estructura	Carácter	<i>V. cf. repens</i> (IZTA 1793 y 1799)	<i>V. repens</i>	Taxa	Estado de carácter en el taxón
Talo	Diámetro promedio de los sifones	44	<32 ó <49.5 ¹	<i>V. bursata</i>	56-85
	Diámetro del sifón	37-54	30-65	<i>V. antarctica</i> <i>V. cf. bursata</i> (!) <i>V. pseudosessilis</i>	59-65 56-74 96-105
Anteridio	Curvatura del pedicelo	Curvado distal y lateralmente	Curvado distalmente, lateralmente paralelamente o recto	<i>V. antarctica</i> <i>V. arcassonensis</i> <i>V. pseudosessilis</i> <i>V. nanandra</i> <i>V. pseudosessilis</i> <i>V. arcassonensis</i>	Recto Recto Recto 10-40 125
	Largo del pedicelo	45-85	59	<i>V. arcassonensis</i> <i>V. pseudosessilis</i> <i>V. nanandra</i>	75-190 162
	Forma	Circinado-cilíndrico, ganchudo	Circinado-cilíndrico	<i>V. arcassonensis</i>	Contorsionado, espiralado, ganchudo, irregular, recto
	Ángulo sobre el que se curva	45-260	88-215	<i>V. nanandra</i>	360
	Largo	21-50	39	<i>V. arcassonensis</i> <i>V. pseudosessilis</i>	75-190 162
	Diámetro	20-28	18-20	<i>V. aff. dillwynii</i> <i>V. borealis</i> <i>V. nanandra</i> <i>V. pseudosessilis</i> <i>V. antarctica</i>	24-35 20-67 12-19 37 1
Oogonio	Número por grupo gametangial	1-2	1-2	<i>V. arcassonensis</i> <i>V. pseudosessilis</i> <i>V. borealis</i>	1-4 1 33-55
	Diámetro de la base del pico	12-30	18-33	<i>V. borealis</i>	22-39
	Diámetro del ápice del pico	8-21	13-21	<i>V. borealis</i>	22-39
	Forma	Dimidiado-globosa, elipsoidal, ovoide	Ovoide	<i>V. arcassonensis</i>	Elipsoidal, oblongo-reniforme, ovoide-reniforme, reniforme
	Largo	65-87	60-97	<i>V. dillwynii</i> <i>V. antarctica</i> <i>V. borealis</i> <i>V. nanandra</i> <i>V. pseudosessilis</i>	Truncado-napiforme 106 120-226 89-127 118-122
	Diámetro	48-71	50-80	<i>V. antarctica</i> <i>V. borealis</i> <i>V. nanandra</i> <i>V. pseudosessilis</i> <i>V. dillwynii</i>	75 66-174 72-101 70-75 Escrobiculada
Oóspora	Ultraestructura de la pared	Lisa externa (!)	-	<i>V. antarctica</i> <i>V. arcassonensis</i>	A
	Presencia de pico	P	P	<i>V. antarctica</i> <i>V. arcassonensis</i>	Llena el oogonio menos la base y el pico
	Espacio que ocupa en el oogonio	Llena el oogonio, llena el oogonio menos el pico	Llena el oogonio menos el pico	<i>V. antarctica</i>	5
	Número de capas de la pared	3 (!)	3	<i>V. dillwynii</i> <i>V. nanandra</i>	>3 6-7
	Grosor de la pared	2-4	4-8	<i>V. pseudosessilis</i>	Subesférica
	Forma	Dimidiado-globosa, elipsoidal, ovoide	Ovoide	<i>V. pseudosessilis</i>	Subesférica
Color de los puntos de pigmento	Café-rojizo	Pardo-negruzco	<i>V. aff. dillwynii</i> (!)	Ausentes	
			<i>V. cf. bursata</i> (!) <i>V. pseudosessilis</i>	Ausentes Ausentes	

¹ El valor depende según se tomen en cuenta los criterios de Blum (1972), Rieth (1980) o Götz (1897).

que puede clasificarse como ligeramente dura; bien oxigenada (4 mg/L O₂) (Gama-Flores *et al.* 2010); con concentraciones de 0 mg/L NO₃⁻, 0.35 mg/L NH₄⁺ y de 2.1 mg/L de FSR; con conductividad baja (76 µS) (Anexo 8, Figs 148-158).

Cabe agregar que *V. cf. repens* también puede distinguirse de *V. nanandra* y *V. arcassonensis* por habitar en agua dulce y no en un medio salobre (ver Anexo 7, Tabla 40).

Cultivo: Durante el presente estudio los cultivos de *V. cf. repens* se mantuvieron metabólicamente activos por 16 meses. Cabe señalar que el crecimiento en agar de esta especie fue más denso y que su tolerancia a la desecación del agar también fue mayor en comparación con *V. aff. dillwynii*.

Comentarios: *V. repens* ya había sido colectada en México por Carlos Stansch en 1923 aunque esto no había sido publicado anteriormente. El ejemplar MEXU=432 corresponde a esta colecta.

Sección *Piloboloideae* (Walz) Heering 1907

Basónimo: “Grupo” *Piloboloideae* Walz 1866.

Especie tipo: *Vaucheria piloboloides* Thuret (ver Walz 1866).

Descripción: Gametangios que se desarrollan en gametóforos o que tienen un pedicelo que se desarrolla sobre el sifón. Anteridios sobre una cavidad hueca del sifón, cilíndricos, con un poro terminal y de uno a muchos poros de descarga laterales. Oogonios de simetría radial o bilateral.

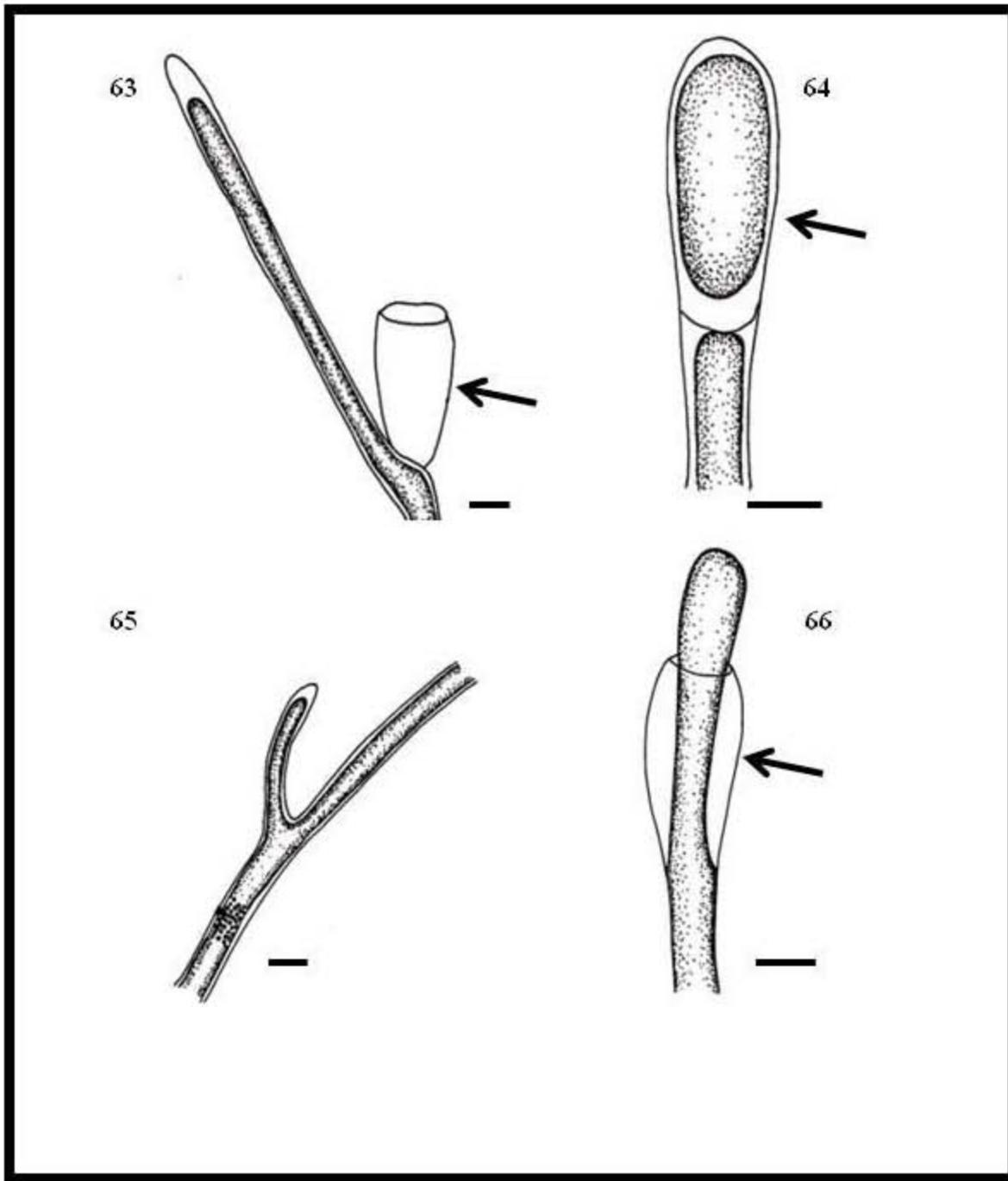
***Vaucheria longicaulis* Hoppaugh 1930**

Figs 63-66

Alessa y Oliveira 2001. Blum 1971. Entwisle 1988a. Gallagher y Humm 1981. Discover Life 2013. Mendoza-González *et al.* 2008. Nurul-Islam 1984. Oliveira 1992. Ott y Hommersand 1974. Prescott 1938.⁵

Etimología: su epíteto hace referencia a los largos pedúnculos que portan los oogonios (Hoppaugh 1930).

⁵ Además de estas referencias consultadas, también ha sido citada por: Punjab Envis Centre (2012); Abbott y Hollenberg (1976); Blum (1972); Christensen (1996); Hansen (1997); Hardy y Guiry (2003); Islam (1979); Littler *et al.* (2008); Menezes y Bicudo (2010); Oliveira-Filho (1977); Pecora (1977); Rieth (1980); Scagel *et al.* (1989); Schneider y Searles (1991); Silva (1979); Silva *et al.* (1996); Stegenga *et al.* (2007); Taylor (1952); Wilcox (2012); Womersley (1987); Yamagishi (1959, 1963).



Figs 63-66. *Vaucheria longicaulis* Hoppaugh 1930. Ilustraciones modificadas de Mendoza-González *et al.* (2008). Barras de escala=50µm.

Fig. 63. Detalle de un aplanosporangio vacío señalado con una flecha y desarrollo de una ramalateral.

Fig. 64. Porción terminal de un sifón mostrando un aplanosporangio maduro que se señala con una flecha.

Fig. 65. Detalle de una ramificación del sifón.

Fig. 66. Proliferación de un sifón a través de un aplanosporangio vacío señalado con una flecha.

Sinónimos heterotípicos: *Vaucheria longicaulis* var *bengalensis* Islam 1974. *Vaucheria longicaulis* var. *orientalis* Islam 1965.

Tipo: no fue designado por Hoppaugh (1930).

Localidad tipo: Elkhorn Slough, Monterey County, California, E. U. A. (Hoppaugh 1930).

Distribución: Se distribuye de manera discontinua en cuatro continentes: América, Europa, Asia y Oceanía. La falta de estudios en varios países podría justificar la distribución fragmentada de la especie. Se ha reportado para Australia, Bangladesh, Brasil, Canadá, E.U.A, India, Iraq, Japón, Nueva Zelanda, Países Bajos, Pakistán, Portugal y Reino Unido (Fig. 67). En México se ha registrado solamente para las coordenadas 32°14'47" N y 116°56'53" O, en Raul's, Baja California (Fig. 35).

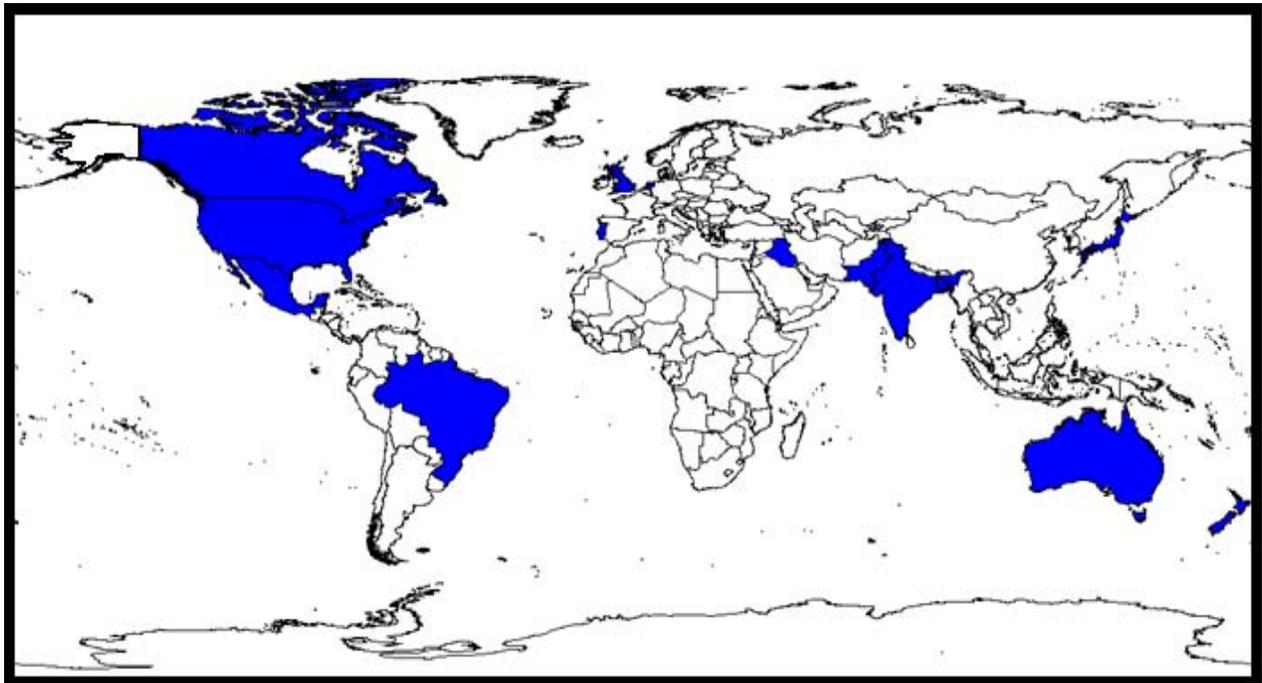


Fig. 67. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria longicaulis* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

Material estudiado: publicación de Mendoza-González *et al.* (2008). Los datos morfológicos y ambientales que se incluyen en dicho documento corresponden al espécimen CMMEX 3666.

Descripción morfológica: Tapetes de color verde brillante y compactos. Sifones con un diámetro de 23 a 50 μm . Estructuras de reproducción sexual ausentes. Aplanosporangios en la parte terminal de los sifones; piriformes; de 180 a 215 μm de largo por 65 a 100 μm de diámetro. Aplanosporas cilíndricas a ovoides; de 64 a 88 μm de largo. Los sifones continúan su crecimiento en la base de los aplanosporangios.

Caracteres morfológicos diacríticos: En la sección *Piloboloideae* existe por lo menos otra especie que produce aplanosporas: *V. compacta*. Sin embargo los aplanosporangios del material mexicano se diferencian de los de *V. compacta* ya que crecen de manera individual y no en grupos con crecimiento simpodial en el ápice de los sifones (Rieth 1980). Además, *V. compacta* no ha sido registrada para las costas del Pacífico de Norteamérica (Taylor 1957; Bird *et al.* 1976; Andersen y Bailey 2002; Fernández-García *et al.* 2011; Discover Life 2013).

Variación morfológica del material mexicano: Los aplanosporangios del material de Baja California eran más pequeños que los del material de la localidad tipo principalmente en cuanto al diámetro. Las estructuras de E. U. A median de 90 a 120 μm de diámetro por 225 μm de largo mientras que el material mexicano medía 65 a 100 μm de diámetro por 185 a 215 μm de largo. A su vez los filamentos del material de Baja California tienen un diámetro menor (23-50 μm) en relación al material de California (33-72 μm) (Hoppaugh 1930; Taylor 1952) y se asemejarían más a lo que se reportó para material de Brasil (22-40 μm) (Joly y Sazima 1970).

Hábitat: La población registrada en México se localizó en una planicie rocosa cubierta con arena en la zona intermareal media superior.

Comentarios: Aunque el material colectado en Baja California no presentaba estructuras de reproducción sexual, Mendoza-González *et al.* (2008) decidieron aplicar el epíteto de *V. longicaulis* posiblemente ya que fue encontrada en un hábitat marino -lo que excluye a muchas especies dulceacuícolas-, por los registros de las especies marinas que consideraron se han hecho en la costa del Pacífico de E. U. A. (*V. intermedia*, *V. longicaulis*, *V. nasuta*, *V. pseudogeminata* y *V. velutina*) y debido a la similitud en cuanto a la disposición y forma de los aplanosporangios con respecto a lo reportado por Taylor (1952) en material colectado en la localidad tipo que se ubica relativamente cerca del sitio de colecta en México.

Cabe señalar que aunque no se han reportado aplanosporas en *V. litorea*, es posible que los análisis moleculares revelen que el material mexicano de *V. longicaulis* coincida con esta especie. Esto debe de considerarse ya que a diferencia de *V. compacta* que no ha sido reportada para el Pacífico de Norteamérica, *V. litorea* sí se ha registrado en las costas de Canadá correspondientes a este océano (Discover Life 2013).

A su vez es importante tomar en cuenta que aunque los intervalos de variación entre el material mexicano y el de la localidad tipo se traslapan; esta variación podrían indicar que también existen variaciones genéticas por lo que es necesario llevar a cabo estudios moleculares con el material mexicano así como de otros sitios para establecer sus afinidades filogenéticas ya que además no existe este tipo de información para *V. longicaulis* la cual presenta una distribución muy amplia. Es posible que con dichos estudios este taxón se ubique cercanamente relacionado con *V. litorea* ya que como lo indicaron en su descripción Hoppaugh (1930) y Rieth (1980) estas son, junto con *V. compacta* y *V. glomerta*, las únicas especies dioicas de la sección *Piloboloideae* y la morfología de ambas es muy similar, solamente distinguiéndose por una cavidad hueca del sifón que sostiene el oogonio en *V. litorea* y por las largas ramas erectas y no curvadas que sostienen los oogonios de *V. longicaulis*. Al parecer la formación de talos dioicos es una

adaptación de ciertas especies a su hábitat ya que solamente lo presentan las especies antes mencionadas de la sección *Piloboloideae* y *V. dichotoma* de la sección *Woroninia*, las cuales generalmente habitan en zonas marinas (Rieth 1980).

Por lo pronto, la población localizada en Raul's, Baja California se reconoce como *V. longicaulis* y se considera a pesar de las dudas un taxón específico distinto con respecto a la otra especie marina (*V. velutina*) registrada para México en las costas de Guerrero debido a la presencia de aplanosporangios.

Sección *Racemosae* (Walz) Entwisle 1988a

Basionimo: “Grupo” *Corniculatae* “subgrupo” *Racemosae* Walz 1866.

Sinónimos: *Corniculatae* subsección *Racemosae* (Walz) Heering 1907. *Corniculatae* subsección *Discoideae* Venkataraman 1961. *Corniculatae* subsección *Radiatae* Hoppaugh 1930. *Heeringia* Blum 1971.

Especie lectotipo: *Vaucheria terrestris* (Vaucher) de Candolle designada por Walz (1866).

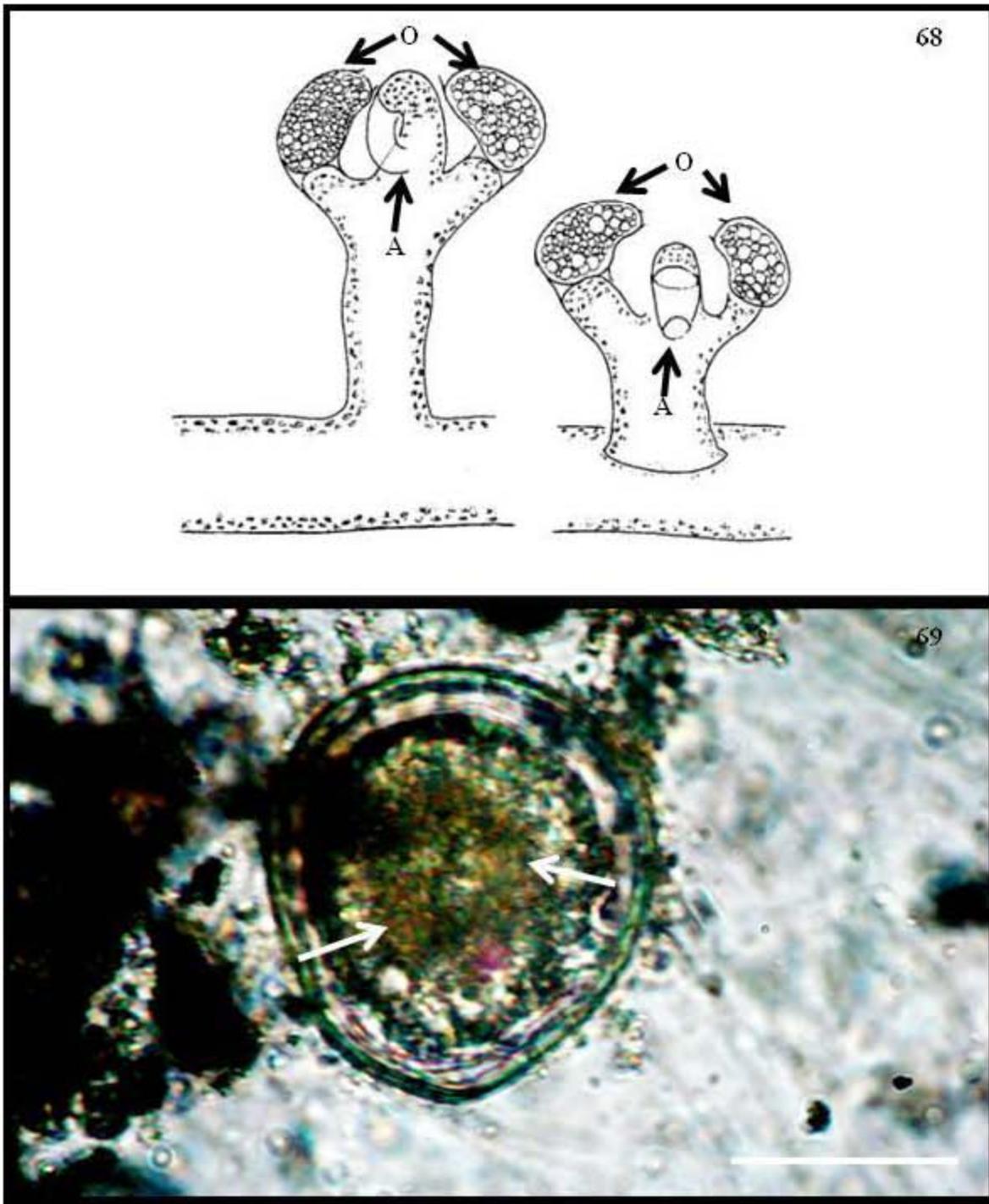
Descripción: Gametangios que se desarrollan en gametóforos. Anteridios pedicelados, cilíndricos, curvados a circinados, con un poro terminal de descarga. Oogonios de simetría radial o bilateral.

***Vaucheria geminata* (Vaucher) Lamarck et de Candolle 1805**

Figs 68-69

Aboal 1989a; 2003. Agardh 1812. Álvarez-Cobelas 1984. Andersen y Bailey 2002. Brown 1929. Caraus 2002. Caraus 2012. Couch 1932. Entwisle 1988a. Fernández-García *et al.* 2011. Discover Life 2013. Gross 1937. Hirn 1900. Hoppaugh 1930. Linne von Berg y Kowallik 1996. McDevit y Schneider 2002. Mundie 1929. Nemjová y Kaufnerová 2009. Novelo 1998. Ortega 1984. Peres 2002. Prescott 1938. Peres *et al.* 2008. Rieth 1980. Rushforth y Merkley 1988. Sánchez-Castillo y Morales-Torres 1981. Sarma 1974. Schagerl y Kerschbaumer 2008. Schneider *et al.* 2008. Simons 1975. Simons y van Beem 1990. Tiffany 1937. Tkachenko y Kustin 2012. Tonetto *et al.* 2012. Whitton *et al.* 2003. Wolowski 2002. Wunderlin 1971. Zelazna-Wieczorek 1998.⁶

⁶ Además de estas referencias consultadas, esta especie también ha sido citada por: Aboal y Llimona (1984b); Amiowicz (1986); Bailey (1893, 1913); Blum (1953); Bostock y Holland (2010); Bravo-Hollis (1936); Cassie (1984); Chapman *et al.* (1957); Cullinane (1972); Day *et al.* (1995); Dunphy *et al.* (2001); Garduño *et al.* (2009); Godínez *et al.* (2001); González-Coss (1872); Harper *et al.* (2012); Hoffman y Sámano-Bishop (1938); Hu y Wei (2006); Jao (1936); Mendoza (1985); Möbius (1892); Phillipson (1935); Playfair (1917); Simons (1974, 1977); Smith (2010); Valadez-Cruz *et al.* (1996); Wolowski (1992).



Figs 68-69. *Vaucheria geminata* (Vaucher) Lamarck *et de* Candolle 1805.

Fig. 68. Ilustraciones del material estudiado por Novelo (1998) que probablemente corresponden a Nicolás Bravo. Se observa que los anteridios con un solo poro (A) y oogonios (O) crecen sobre gametóforos. Los oogonios están dirigidos hacia arriba y carecen de pico aunque parecen tener una pequeña protuberancia en el poro de fertilización. Los sistemas anteridiales no sobrepasan los oogonios. Las oósporas llenan los oogonios.

Fig. 69. FCME-PAP 197. Oóspora con puntos de color café rojizo (indicados con flechas) dentro del oogonio que carece de pico. Barra de escala=50µm.

Etimología: del latín *gemini* que significa gemelos, referente al par de oogonios que se desarrollan en cada gametóforo.

Basiónimo y sinónimo homotípico: *Ectosperma geminata* Vaucher 1803.

Localidad tipo: Entre Ginebra y Versoix, Suiza (Guiry y Guiry 2013).

Distribución: Es cosmopolita y se ha reportado para Algeria, Alaska, Alemania, Australia, Brasil, Canadá, China, Costa Rica, Dinamarca, España (incluidas Islas Canarias), E. U. A., Finlandia, Francia, Groenlandia, India, Irlanda, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, República Checa, Reino Unido, Rumania, Suecia, Suiza y Ucrania (Fig. 70). En México es una de las especies más citadas y se distribuye en los estados de Puebla (18°37.43' N y 97°18.57' O), México, Hidalgo y Oaxaca (Fig. 35).

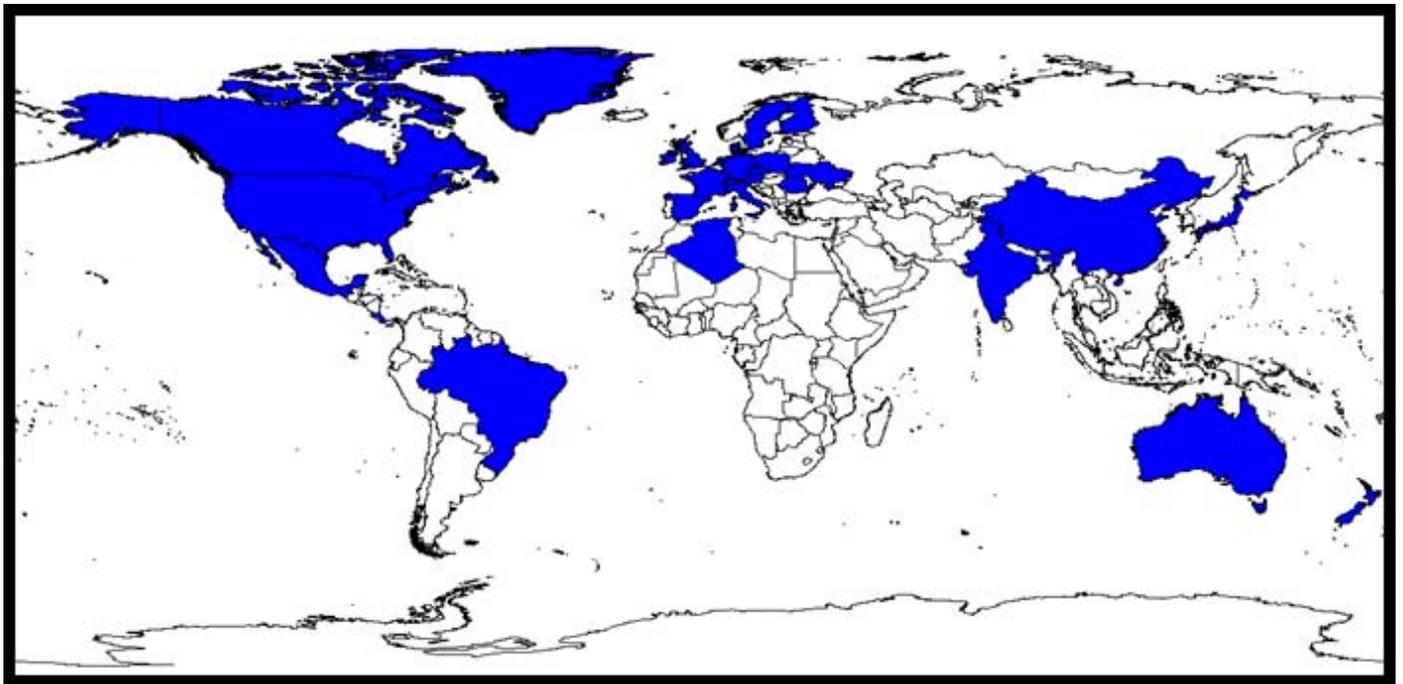


Fig. 70. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria geminata* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

Material estudiado: FCME-PAP 197, 198, Nicolás Bravo, Puebla, México. IZTA 48.

Descripción morfológica: Sifones con diámetro de 46 a 139 μm . Oogonios sin pico; de simetría bilateral o radial; esféricos, ovoides, ovoide-reniformes o subesféricos; de 60 a 90 μm de largo por 52 a 82 μm de diámetro; proporción L/D de 1 a 1.1. Oósporas que llenan el oogonio; con una pared de tres capas y de 3 a 5 μm de grosor; con o sin protuberancia; esféricas, ovoides o subesféricas; de 43 a 82 μm de largo y de 42 a 69 μm de diámetro;

proporción L/D de 1 a 1.2; un punto de pigmento de color café sepia o café rojizo ausente o presente.

Caracteres morfológicos diacríticos: Las oósporas envueltas en el oogonio son las únicas estructuras que se observaron flotando en el material preservado en formol además de los sifones. Estas estructuras (oósporas) sólo permiten reconocer que el material no corresponde a algún miembro del Grupo Pseudogeminata dentro de la Sección *Racemosae*, ya que carecen de pico.

Novelo (1998) determinó a *V. geminata* para Nicolás Bravo en Puebla y presentó ilustraciones (Fig. 68) donde se observan gametóforos con dos oogonios erectos y sin pico lo que es característico de *V. geminata* y la diferencia de *V. verticillata* y *V. taylorii* del grupo Geminata y de las especies de los grupos Hamata-terrestres y Pseudogeminata de la sección *Racemosae*. Además el pedicelo anteridial es relativamente corto y no sobrepasa los oogonios lo que la distingue de *V. longata* del grupo Geminata (Rieth 1980). Sin embargo es necesario considerar que dentro de los caracteres que Novelo consideró para la descripción y análisis no mencionó la orientación de los oogonios lo que es de vital importancia para distinguirla de *V. prona*. Podría deberse a esto que aunque Novelo reportó dos poblaciones de *V. geminata* en Puebla, una de ellas fue revisada en el presente estudio y el material parece corresponder a *V. prona*.

Variación morfológica del material mexicano: Morfológicamente los sifones, oogonios y oósporas en el material de Nicolás Bravo concuerdan con lo reportado anteriormente para *V. geminata* excepto que los oogonios también pueden presentar simetría radial además de bilateral y las oósporas pueden o no presentar un punto de pigmento color café sepia o café rojizo (Fig. 69) lo que no se había reportado para esta especie. Esta última característica podría servir adicionalmente para diferenciarla de *V. prona* ya que para esta se han reportado puntos de pigmento negro o pardo negruzco (ver Anexo 4, Tabla 39). Además el grosor de la pared de la oóspora es un poco mayor en el material mexicano (3-5 μm) en relación a lo reportado anteriormente para *V. geminata* (1-3 μm) (ver Anexo 5, Fig. 122).

Hábitat: El material revisado se colectó a 2500 m.s.n.m. en el perifiton de un arroyo, creciendo sobre arena, plantas y rocas. Los parámetros fisicoquímicas del agua fueron: temperatura de entre 20.5°C; pH neutro (7) (Anexos 7 y 8, Tabla 40 y Figs 148-158).

Comentarios: Esta es una especie difundida ampliamente en el mundo y se extiende prácticamente por toda Norteamérica. Aunque se considera una entidad taxonómica única; han existido ciertas dificultades con la determinación de algunas poblaciones ya que en ocasiones *V. geminata* puede presentar más de dos oogonios y asemejarse así a *V. taylorii* (Schagerl y Kerschbaumer 2008). Aunado a esto se ha registrado una variabilidad genética importante entre cepas de esta especie; la cual en el gen *rbcL* y sus espaciadores representa hasta un 1.43% aproximándose mucho al 1.66% de variación entre especies morfológicamente bien definidas (ver Anexo 2, Tabla 23). También Linne von Berg y Kowallik (1996) reportaron dos genotipos cloroplásticos diferentes para cinco cepas que podían referirse a *V. geminata*. Debido a ello es posible que existan especies crípticas dentro de *V. geminata* cuyas relaciones filogenéticas con *V. verticillata*, *V. taylorii* y las demás especies de la sección *Racemosae* deben ser evaluadas en un futuro. Esto es de vital importancia ya que el reconocimiento preciso de *V. geminata* es necesario ya que esta

especie podría servir como un indicador de calidad del agua (Schagerl y Kerschbaumer 2008). En México existen varias poblaciones de este taxón distribuidas en ambientes diversos lo que representa una oportunidad para estudiar su diversidad en un futuro.

***Vaucheria prona* Christensen 1970**

Figs 71-76

Andersen y Bailey 2002. Cambra 1992. Christensen 1987b. Entwisle 1988a. Discover Life 2013. Johnson y Merritt 2002. McDevit y Schneider 2002. Schneider *et al.* 2008. Simons 1975.⁷

Etimología: del latín *pronus* que significa dirigido hacia abajo, referente a la dirección de los oogonios.

Nombre ilegítimo: *Vaucheria hamata auct. non.* (Vaucher) de Candolle: Götz 1897. Aboal 1989a. Álvarez-Cobelas 1984. Andersen y Bailey 2002. Blum 1953. Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra 1998. Nurul-Islam 1984. Rieth 1980. Zelazna-Wieczorek 2002.

Tipo: C (Christensen 1970).

Localidad tipo: al sur del bosque de Kongelunden, Amager, Dinamarca (Christensen 1970).

Distribución: En cinco continentes a excepción de la Antártida. Se ha citado para Alaska, Alemania, Algeria, Australia, Canadá, China, Cuba, Dinamarca, Eslovenia, España, E. U. A., Francia, Guatemala, Iraq, Libia, Marruecos, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, Suecia, Túnez y Uruguay (Fig. 77). En México se ha reportado para Guadalajara, Jalisco; Santiago Analco, Estado de México (19°20'39" N y 99°27'30" O); Tamasopo, San Luis Potosí; y Tehuacán, Puebla (18°28.4' N y 97°25.65' O) (Fig. 35).

Material estudiado: FCME-PAP 2540, 2556, 2557, Puente de Dios, Tamasopo, San Luis Potosí, México. FCME-PA 1-4, 7, San Lorenzo, Tehuacán, Puebla, México. IZTA 1773.

Descripción morfológica: Tapetes de color verde amarillento con una textura suave y esponjosa. Sifones con un diámetro de 42 a 150 µm. Talo monoico con gametangios que se desarrollan en gametóforos. Pedúnculo del gametóforo de 113 a 272 µm de largo; diámetro distal de 39 a 92 µm; paredes laterales convergentes o divergentes. Gametóforos adventicios presentes o ausentes. Pedicelo anteridial curvado distal y paralelamente o recto; formando un ángulo de -90 a 125° con respecto al sifón; de 37 a 108 µm de largo. Anteridios uno por grupo gametangial; centrales y terminales en los gametóforos, sobre o debajo de los oogonios que los rodean; con un poro apical dirigido hacia uno de los oogonios adyacentes o alejándose de él; circinado-cilíndricos; curvándose en un ángulo de 80 a 294°; de 51 a 106 µm de largo por 26 a 54 µm de diámetro; la zona apical o basal

⁷ Además de estas referencias consultadas directamente, también se cita a esta especie en las siguientes: Blum 1972. Day *et al.* 1995. López-Rodríguez *et al.* 2009. Como *V. hamata* Götz 1897 se cita en: Cassie 1984. Gauthier-Lièvre 1955. Heering 1907; 1921. Jao 1936. Rieth 1965. Sarma 1973. Sarma y Chapman 1975.



Figs 71-76. *Vaucheria prona* Christensen 1970. Barras de escala=50 μ m.

Fig. 71. Manantial en Santiago Analco, Lerma, Estado de México. La ubicación del material colectado se indica con una flecha

Fig. 72. IZTA 1773. Anteridio (A) y dos oogonios (O) sin pico dirigidos hacia la base del pedúnculo del gametóforo.

Fig. 73. IZTA 1773. Gametóforo con tres oogonios sin pico, dos laterales al anteridio y uno detrás. Uno de los oogonios presenta una protuberancia que no se considera pico (señalada con una flecha). Pared de las oósporas delgada.

Fig. 74. FCME-PA 2556. Gametóforo con tres oogonios sin pico dirigidos hacia la base del pedúnculo.

Fig. 75. FCME-PAP 2. Gametóforo con anteridio cilíndrico-circinado con un solo poro.

Fig. 76. FCME-PAP 2. Oóspora con puntos de pigmento de color pardo negruzco señalados con flechas.

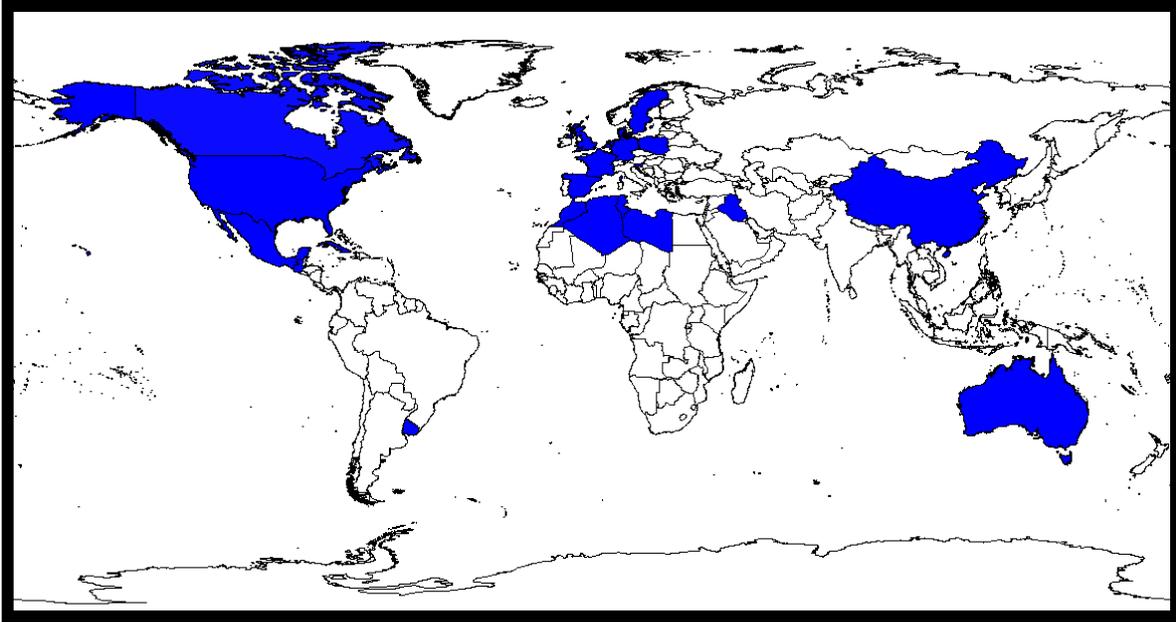


Fig. 77. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria prona* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

puede ser la que tiene el mayor diámetro o sin variación del diámetro. Pedicelo oogonial presente; de 28 a 87 μm de largo; colgante, erecto o transversal al pedúnculo. Oogonios dos a tres por grupo gametangial; pico ausente; de simetría bilateral o radial; ovoides, ovoide-reniformes o subsféricos; de 60 a 101 μm de largo por 60 a 92 μm de diámetro; proporción L/D de 1 a 1.2; ángulo del eje mayor de -164 a 85° ; eje mayor distal al anteridio, dirigido a la base del pedúnculo, paralelo o transversal al anteridio, transversal al pedúnculo; ángulo de poro de fertilización de -210 a 85° , dirigido o no hacia el anteridio, la base del pedúnculo, el sifón o paralelo a este último. Oósporas que llenan el oogonio; con una pared de (una?) tres capas y de 3 a 6 μm de grosor; con o sin protuberancia; esféricas, ovoides, ovoide-reniformes o subsféricas; de 57 a 78 μm de largo y de 51 a 78 μm de diámetro; proporción L/D de 1 a 1.2; ángulo del eje mayor de -164 a 8° ; un punto de pigmento color pardo-negruzco ausente o presente.

Caracteres morfológicos diacríticos: Dentro de la sección *Racemosae*, *V. prona* de México se distingue de las especies del grupo *Pseudogeminata* por la ausencia de pico oogonial (Figs 72, 73 y 76). De las especies del grupo *Geminata* se distingue ya que el eje mayor oogonial se dirige a la base del pedúnculo y el poro de fertilización no se dirige hacia arriba (Figs 72-74). Debido a ello en la Tabla 13 solo se presentan los caracteres diacríticos que separan a *V. prona* y los materiales mexicanos del resto de las especies del Grupo *Hamata-terrestres* de la sección *Racemosae*; entre las cuales han existido problemas para la delimitación recíproca de los taxones ya que los caracteres que las distinguen son relativamente variables (Blum 1953; Entwisle 1988a). Además se incluye para comparación a *V. geminata*, ya que es una especie filogenéticamente próxima a *V. prona*.

Es importante agregar que además de los caracteres incluidos en la Tabla 13, para distinguir a poblaciones de *V. prona* y *V. racemosa* con tres oogonios, también es posible reconocerlas ya que *V. racemosa* presenta todos los oogonios de forma lateral al anteridio

Tabla 13: Caracteres morfológicos diacríticos de *V. prona* y su comparación con los materiales mexicanos FCME-PAP 2540, 2556, 2557, FCME-PA 1-4, 7, IZTA 1773, con *V. geminata* y algunos *taxa* correspondientes al Grupo Hamata-terrestres, Sección *Racemosae*. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros a excepción del número de oogonios por grupo gametangial y el número de capas de la pared de la oóspora. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones u observaciones del carácter para el taxón correspondiente. Literatura consultada: Lamarck y de Candolle (1805), Agardh (1812), Brown (1929), Hopppaugh (1930), Tiffany (1937), Blum (1953), Wunderlin (1971), Sarma (1974), Rieth (1980), Sánchez Castillo y Morales Torres (1981), Entwisle (1988a), Entwisle (1988b), Cambra (1992), Nogueroi-Seoane y Rifón Lastra (1998), Novelo (1998), Schneider y Lane (2000), Johnson y Merritt (2002), Wolowski (2002), Zelazna-Wieczorek (2002), Peres *et al.* (2008), Fernández-García *et al.* (2011) y Tonetto *et al.* (2012).

Estructura	Carácter	<i>V. prona</i>	Materiales mexicanos	<i>Taxa</i>	Estado de carácter en el taxón
Talo	Largo del pedúnculo	48-685	113-272	<i>V. racemosa</i> = <i>V. walzii</i>	10-188
Anteridio	Largo del pedicelo	29-78.5	37.5-108	<i>V. geminata</i>	39-188
Oogonio	Número por grupo gametangial	1-4	2-3	<i>V. racemosa</i>	2-7
	Orientación del eje mayor	Dirigido a la base del pedúnculo	Dirigido a la base del pedúnculo (!)	<i>V. geminata</i>	No dirigido a la base del pedúnculo
	Orientación del poro de fertilización	Hacia la base del pedúnculo	Hacia la base del pedúnculo	<i>V. geminata</i>	Hacia arriba
Oóspora	Largo	43-101	60-101	<i>V. frigida</i> = <i>V. terrestris</i>	45-186
	Diámetro	36-95	60-92	<i>V. frigida</i>	39-151
	Número de capas de la pared	-	3	<i>V. frigida</i>	8

mientras que *V. prona* presenta uno de los oogonios detrás del anteridio (Figs 73-74) (Entwisle 1988a).

Variación morfológica del material mexicano: El material de *V. prona* en México amplía el rango de variabilidad morfológica conocida para esta especie. La variación de algunos caracteres entre los materiales mexicanos y lo reportado en la literatura para *V. prona* se presenta en la Tabla 14. Estas diferencias morfológicas no se consideran importantes para separar las poblaciones mexicanas como un nuevo taxón específico ya que existen estados intermedios y los caracteres son muy variables.

Hábitat: en México esta especie se ha registrado en bosque mixto y entre los 573 y 2666 m.s.n.m., específicamente en manantiales, canales y charcos creciendo de forma subaérea, bentónica y perifítica sobre cieno, arena, sustratos artificiales, plantas y rocas (Anexo 7, Tabla 40). La temperatura del aire era de 25 °C. Los parámetros fisicoquímicos registrados fueron: temperatura de entre 13 y 25 °C; pH ligeramente ácido (6.7) a ligeramente alcalino

(7.5); alcalinidad de 117 mg/L CaCO₃ y dureza de 87 mg/L CaCO₃ por lo que puede clasificarse como ligeramente dura; y oxigenada (3 mg/L O₂) (Anexo 8, Figs 148-158) (Gama-Flores *et al.* 2010).

Anteriormente no se había registrado a *V. prona* sobre sustratos artificiales, rocas, plantas y arena (ver Anexo 7, Tabla 40). También en México esta especie se colectó a una mayor

Tabla 14: Comparación de algunos caracteres de los materiales mexicanos FCME-PAP 2540, 2556, 2557, FCME-PA 1-4, 7 e IZTA 1773 que amplían el rango de variación de *V. prona*. En la tercera columna se presentan los estados de carácter reportados para *V. prona* en la literatura y en la cuarta columna los observados al estudiar los materiales mexicanos. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones u observaciones del carácter para el taxón correspondiente. Literatura consultada: Blum (1953), Rieth (1980), Entwisle (1988a), Entwisle (1988b), Cambra (1992), Noguero-Seoane y Rifón Lastra (1998), Johnson y Merritt (2002), Zelazna-Wieczorek (2002).

Estructura	Carácter	<i>V. prona</i>	Materiales mexicanos
Talo	Diámetro del sifón	19-125	42-150
Anteridio	Largo del pedicelo	29-78.5	37.5-108
	Curvatura del pedicelo	Curvado distalmente, curvado lateralmente, curvado paralelamente	Curvado distalmente, curvado paralelamente, recto
	Ubicación	Debajo del oogonio	Debajo del oogonio, sobre el oogonio
	Largo	30-77	51-106
Oogonio	Forma	Dimidiado-globosa, ovoide, ovoide-reniforme	Ovoide, ovoide, ovoide-reniforme, subsférica
Oóspora	Forma	Dimidiado-globoso, ovoide-reniforme	Esférica, ovoide, ovoide-reniforme, subsférica
	Presencia de protuberancia	Presente	Ausente, presente
	Color de los puntos de pigmento	Negro, pardo-negruzco	Ausentes, pardo-negruzco (!)
	Grosor de la pared	1.5-4	3-6

temperatura del agua (13-25 vs. 12-24 °C), alcalinidad (117 vs 90.3 mg/L de CaCO₃) y dureza (87 vs 19.2 mg/L de CaCO₃) y a una menor concentración de oxígeno (3 vs 13.5 mg/L) (ver Anexo 8, Figs 150, 152-154).

Cultivo: El material de la exploración 8 fue cultivado tanto en agar como en medio natural líquido. En el primero no mostró crecimiento pero en el segundo inicio crecimiento después de entre 5 y 14 días después de su inoculación y las estructuras reproductivas se desarrollaron después de entre 12 y 14 días. El material se mantuvo en cultivo por cuatro meses y medio y no se obtuvieron cultivos unialgales para preservar la cepa de manera indefinida.

Comentarios: La orientación de eje mayor oogonial hacia la base del pedúnculo y el hecho de que el poro de fertilización no se dirige hacia arriba, son caracteres clave para distinguir entre *V. geminata* y *V. prona* y al parecer no fueron considerados por los que determinaron el material mexicano de San Lorenzo y Tamasopo ya que emplearon el epíteto de *V. geminata*. De ellos, al menos Novelo (1998) no menciona en la descripción del material la orientación de los oogonios y no lo considera dentro de los caracteres que deben evaluarse para identificar especies del género. Sin embargo este autor presenta ilustraciones que corresponden claramente a *V. geminata* (Fig. 68). En el texto no se especifica a partir de que material se hicieron dichas ilustraciones. Es posible que ellas correspondan a la segunda localidad estudiada por Novelo donde colectó *V. geminata*, Nicolás Bravo, y no al

material de San Lorenzo. A pesar de ello, no se descarta la posibilidad de que el material de herbario de esta última localidad sea una muestra compuesta de *V. geminata* y *V. prona*, y que durante la revisión del material en el presente estudio solamente se observaron las estructuras reproductivas de la segunda. Además es necesario indicar que *V. geminata* y *V. prona* son especies muy próximas filogenéticamente y presentan el mínimo porcentaje de variación entre especies bien definidas morfológicamente y por lo tanto deberían estudiarse en un futuro las relaciones filogenéticas de las poblaciones de *V. prona* y *V. geminata* en México para establecer de manera adecuada su afinidad y descartar la existencia de poblaciones intermedias entre estos dos *taxa*.

Por lo pronto ya se ha avanzado en el estudio filogenético molecular de las especies del grupo Hamata-terrestres. Las cepas posiblemente afines a *V. prona* presentan un porcentaje de variación genética con respecto a *V. racemosa* de 2.21 a 2.37% y con *V. frigida* de 3.2 a 4.56% lo que supera en buena medida al mínimo porcentaje de variación entre especies morfológicamente bien definidas (1.66%), *V. prona* y *V. geminata* (ver Anexo 2, Tabla 23). Además dentro del clado monofilético que constituyen estas especies cada una forma un subclado distinto: *V. prona* forma un subclado junto con *V. geminata*, *V. walzii* lo hace con *V. erythrospora* y *V. frigida* constituye el propio de manera independiente a otras especies. Esto apoya que las cepas *V. prona*, *V. walzii* y *V. frigida* corresponden a linajes distintos y pueden reconocerse como especies filogenéticas además de morfológicas a pesar de las dificultades de variabilidad de ciertos caracteres. Cabe agregar que estas especies se han reportado para condiciones ambientales similares (ver Anexos 7 y 8, Tabla 40 y Figs 148-158).

Por otro lado, es necesario estudiar las secuencias del gen *rbcL* y sus espaciadores en las poblaciones de México para determinar su afinidad con cepas de otros sitios y determinar si existen especies crípticas dentro de *V. prona* ya que aunque el porcentaje de variabilidad dentro del taxón es relativamente bajo (0-1.05%) (ver Anexo 2, Tabla 23) se observa la posible formación de nuevos linajes (ver Anexo 3, Figs 102 y 103).

Vaucheria zapotecana Bonilla-Rodríguez, Garduño-Solórzano, Martínez-García, Campos, Monsalvo-Reyes y Quintanar-Zúñiga 2013

Figs 78-83

Etimología: referente a la cultura indígena zapoteca que se desarrolla en la localidad tipo (Bonilla-Rodríguez *et al.* 2013).

Holotipo: IZTA 1795.

Localidad tipo: Río Santa Gertrudis, Villa Talea de Castro, Oaxaca, México.

Distribución: Especie nueva para la ciencia, la localidad tipo se encuentra en las coordenadas 17°21'03''N y 96°14'06''O (Fig. 35). Las especies más cercanas morfológicamente que pertenecen al Grupo Pseudogeminata propuesto por Rieth (1980) tienen una distribución cosmopolita a excepción de *Vaucheria mulleola* y *V. gyrogyna* que



Figs 78-83. *Vaucheria zapotecana* Bonilla-Rodríguez, Garduño-Solórzano, Martínez-García, Campos, Monsalvo-Reyes y Quintanar-Zúfiga 2013. IZTA 1795. Barras de escala=50µm.

Fig. 78. Río Santa Gertrudis en Talea de Castro, Oaxaca

Fig. 79. Anteridio (A) y dos oogonios sésiles (O) ubicados sobre un gametóforo.

Fig. 80. Gametóforo con dos oogonios sésiles. En uno de los oogonios se observa claramente el pico oogonial, indicado con una flecha.

Fig. 81. Detalle del anteridio señalado con una flecha.

Fig. 82. Gametóforo adventicio señalado con una flecha en material inmaduro.

Fig. 83. Microfotografía en MEB del gametóforo donde se observa que los oogonios tienen una pared lisa.

solamente se han reportado para Europa, Groenlandia y Australia (Rieth 1980; Christensen 1987b; Entwisle 1988a). De esta forma *Vaucheria zapotecana* amplía la distribución del Grupo Pseudogeminata y el país se cuenta por ahora entre los que tienen especies posiblemente endémicas del género. También es importante señalar que la última descripción de una nueva especie para *Vaucheria* fue publicada en 2003 (Saifullah *et al.* 2003) por lo que después de diez años se ha renovado el estudio de la riqueza específica. Al mismo tiempo su descubrimiento incrementa el número de especies para el estado de Oaxaca donde anteriormente sólo se había citado a *V. geminata* por parte de Hoffman y Sámano-Bishop (1938) y Novelo (1998).

Material estudiado: IZTA 1795.

Secuencia del gen rbcL y espaciadores: Número de acceso en GeneBank= KC346361. La secuencia de *V. zapotecana* comprende 2022 pb repartidos de la siguiente manera: 411 para el espaciador *psbA-rbcL* (espaciador 1), 1467 para el gen *rbcL* y 144 para el espaciador *rbcL-rbcS* (espaciador 2). El porcentaje de variación total de la secuencia con respecto a la especie más cercana (*V. pseudogeminata*) es de 2.98%, lo que se asocia a 54 mutaciones puntuales. Este grado de divergencia es importante ya que supera en buena medida al mínimo porcentaje de diferencia entre especies bien definidas morfológicamente (*V. prona* y *V. geminata*, 1.66%) dentro de la sección *Racemosae* y para el género (ver Anexo 2, Tabla 23), apoyando así el reconocimiento de *V. zapotecana* como una especie distinta. Por su parte el porcentaje de variación para cada región es el siguiente: para el espaciador 1, 3.37%, asociado a 9 mutaciones; para el gen *rbcL*, 2.86%, asociado a 42 mutaciones; para el espaciador 2, 4.11%, asociado a 3 mutaciones. Así los espaciadores son las regiones más variables (Anexo 2, Tabla 25). Al traducir la secuencia del gen en aminoácidos se observa que muchos de los cambios son sinónimos, sin embargo existen cambios de aminoácidos entre las secuencias de *V. zapotecana* y *V. pseudogeminata* en las posiciones 233 (S/A), 246 (T/A), 251 (I/M), 263 (Q/K), 275 (I/V), 282 (S/T), 354 (E/D), 370 (E/D), 392 (R/Q). Al parecer estos cambios no tienen un gran efecto en las propiedades de la proteína ya que los aminoácidos sustituidos tienen propiedades similares.

Posición filogenética: *Vaucheria zapotecana* se ubica en el clado (98.6/99.93) que engloba a las demás especies de la sección *Racemosae*. Dentro de este se encuentra en un subclado (97.45/98.5) independiente junto con *V. pseudogeminata* (Anexo 3, Figs 102 y 103).

Descripción morfológica: Sifones con diámetro de 69 a 93 μm . Talo monoico con gametángios que se desarrollan en gametóforos. Pedúnculo del gametóforo de 96 a 275 μm de largo; diámetro distal de 55 a 85 μm ; paredes laterales divergentes o paralelas. Gametóforos adventicios presentes o ausentes. Pedicelo anteridial curvado distal, lateral y paralelamente; formando un ángulo de 34 a 140° con respecto al sifón; de 79 a 137 μm de largo. Anteridios uno por grupo gametangial; centrales y terminales en los gametóforos, sobre los oogonios que los rodean; con un poro apical dirigido hacia uno de los oogonios adyacentes, alejándose de él o justo en medio de dos oogonios; circinado-cilíndricos; curvándose en un ángulo de 38 a 200° de forma paralela; 30 a 72 μm de largo por 27 a 40 μm de diámetro; la zona apical o basal puede ser la que tiene el mayor diámetro o sin variación del diámetro. Pedicelo oogonial ausente. Oogonios dos por grupo gametangial; pico presente; de simetría bilateral; ovoides u ovoide-reniformes; de 61 a 89 μm de largo

por 50 a 69 µm de diámetro; proporción L/D de 1.1 a 1.4; ángulo del eje mayor de 65 a 116°; eje mayor paralelo al anteridio; pared externa lisa. Oósporas que llenan el oogonio a excepción del pico; con protuberancia; esféricas u ovoide-reniformes; de 61 a 89 µm de largo y de 50 a 69 µm de diámetro; proporción L/D de 1.1 a 1.4; ángulo del eje mayor de 65 a 116°; puntos de pigmento ausentes.

Caracteres morfológicos diacríticos: Dentro del Grupo Pseudogeminata de la Sección *Racemosae* propuesto por Rieth (1980), *V. zapotecana* se diferencia de *V. erythrospora*, *V. gyrogyra* y *V. mulleola* principalmente por la orientación erecta de sus oogonios (Figs 79-80), de *V. alaskana* por su pico oogonial más ancho (Fig. 80), y de *V. lii* por la ausencia de septos en los gametóforos. Otros caracteres morfológicos que separan a esta especie de otras del grupo Pseudogeminata son el diámetro de los sifones, diámetro del anteridio y ausencia de puntos de pigmento dentro de la oóspora (Fig. 79-80) (Tabla 15).

Tabla 15: Comparación de caracteres de *V. zapotecana* y los de las especies del grupo Pseudogeminata. Caracteres: 1=hábitat, 2=diámetro del sifón, 3=presencia de septo en el pedúnculo, 4=diámetro del anteridio, 5=orientación del oogonio, 6=puntos de pigmento dentro de la oóspora, 7=ancho del pico oogonial. Abreviaciones de estados de caracter: A=ausente, An=ancho, C=colgante, De=delgado, Dle=dulceacuicola/léntico, Dlo=dulceacuicola/lótico, Er=erecto, Mr=marisma, P=presente, S=suelo, Sle=salobre/léntico, Ss=suelo salobre, T=transverso, ?=desconocido. Las diferencias se resaltan con negritas.

Especies	1	2	3	4	5	6	7
<i>V. zapotecana</i>	Dlo	69-93	A	27-40	Er	A	An
<i>V. pseudogeminata</i> ¹⁻⁷	Ss, S, Dle	22-77 (-93)	A	12-21	Er	P	An
<i>V. lii</i> ^{2, 6, 8}	S, Ss, Dle, Dlo	8-65	P	14-20	Er	P	An
<i>V. alaskana</i> ^{1, 2, 6}	Dle, S	25-72	A	(4)16-28	Er	A	De
<i>V. erythrospora</i> ^{2-5, 9, 10}	Mr, Ss, Sle, S	25-65	A	12-26 (49-65)	C	P	An
<i>V. mulleola</i> ^{2, 3}	Dle, Dlo	39-90	A	24-29	C	P	An
<i>V. gyrogyra</i> ⁴	Ss	43-96	A	12-26	T	?	An

Referencias: ¹ Blum (1953), ² Rieth (1980), ³ Christensen (1987b), ⁴ Entwisle (1988a), ⁵ Andersen y Bailey (2002), ⁶ Johnson y Merritt (2002), ⁷ Ramos de Almeida *et al.* (2011), ⁸ Schneider y Lane (2000), ⁹ Ott y Hommersand (1974), ¹⁰ Wolowski (2002).

La especie que es más similar morfológicamente a *V. zapotecana* es *V. pseudogeminata*. A pesar de ello, *V. zapotecana* se distingue por sus anteridios más anchos (27-40 vs 12-21µm) y la ausencia de puntos de pigmento dentro de la oóspora (Fig. 79-80). Este último carácter también ha sido útil para distinguir otras especies como *V. pseudosessilis* y *V. bursata* (Chapman 1956).

Hábitat: La población de *Vaucheria zapotecana* fue ubicada en un río somero, localizado en el fondo de una cañada. Formaba tapetes afelpados de color verde oscuro que no se encontraban totalmente cubiertos por la columna de agua y crecía entre plantas riparias (Anexo 7, Tabla 40).

El crecer en un ambiente lótico dulceacuicola también apoya la separación de *V. zapotecana*, ya que esta preferencia ecológica sola la comparte con *V. lii* y *V. mulleola* dentro del grupo Pseudogeminata, mientras que otras especies solo se han registrado en suelos salobres y ambientes lénticos de agua dulce o salobre (Table 1).

Cultivo: Los anteridios y oogonios de *V. zapotecana* se produjeron tras 24 días en cultivo. El crecimiento fue escaso en las condiciones empleadas en este estudio.

Comentarios: Dentro de la Sección *Racemosae*, Rieth (1980) y Entwisle (1988a) concluyeron que *V. alaskana* Blum, *V. erythrospora* Christensen, *V. gyrogyna* Entwisle, *V. lii* Rieth, *V. mulleola* Skuja y *V. pseudogeminata* Dangeard podían ser agrupadas en un grupo conveniente para su identificación (grupo Pseudogeminata) debido a que todas ellas presentan pico oogonial. Esta característica también se encuentra en *V. zapotecana*, y por tanto debería incluirse dentro de este grupo y ser excluida de los grupos Geminata y Hamata-terrestres. Cabe señalar que al menos los grupos Hamata-terrestres y Pseudogeminata parecen no contar con soporte filogenético. El primero representa un grupo parafilético debido a que no incluiría a *V. erythrospora* ni a *V. geminata* quienes muy probablemente comparten un ancestro común con las especies de Hamata-terrestres. Por otro lado el grupo Pseudogeminata es polifilético ya que *V. erythrospora* no forma un clado junto con *V. pseudogeminata* y *V. zapotecana*. Debido a que para el grupo Geminata no se han obtenido secuencias de otras especies más que de *V. geminata* no es posible hacer comentarios acerca de la naturaleza de este grupo. Entwisle (1988a) ya mencionaba que estos grupos eran útiles conceptualmente para el reconocimiento de especies aunque no merecían una aceptación taxonómica formal debido a que en ocasiones se podían presentar oogonios prácticamente sin pico en material de *V. erythrospora* y *V. gyrogyna*. Así, con el fin de delimitar a *V. zapotecana*, aquí se compara con especies del grupo Pseudogeminata, que aunque artificial, es útil para reconocer fácilmente a las especies de la sección *Racemosae*.

Sección *Tubuligerae* (Walz) Heering emend. Entwisle 1988a.

Basónimo: “Grupo” *Tubuligerae* Walz 1866.

Sinónimos: *Tubuligerae* (Walz) Heering 1907. “Grupo” *Globiferae* Heidinger 1908. *Globiferae* (Heidinger) Heering 1921.

Especie lectotipo: *Vaucheria sericea* Lyngbye designada por Entwisle (1988a).

Descripción: Gametangios sésiles o con un pedicelo muy corto sobre el sifón. Anteridios más o menos paralelos al sifón, cilíndricos, elipsoidales o sacciformes, constreñidos proximalmente, con un poro dirigido hacia el oogonio adyacente. Oogonios de simetría bilateral, rara vez de simetría radial.

Vaucheria aversa Hassall 1843.

Figs 84-89

Andersen y Bailey 2002. Blum 1951. Brown 1929. Caraus 2012. Couch 1932. Entwisle 1988a. Discover Life 2013. Hirn 1900. Johnson y Merritt 2002. Krzyk 2001. McDevit y Schneider 2002. Prescott 1938. Rieth 1980. Sarma 1974. Schneider *et al.* 2008. Simons y van Beem 1990. Simons 1975. Zelazna-Wieczorek 2002.⁸

Etimología: del latín *aversa* que significa hacia atrás, referente a la dirección del pico oogonial dirigido hacia la parte posterior del oogonio (Entwisle 1988a).

Sinónimo homotípico: *Vaucheria ornithocephala* var. *aversa* (Hassall) Kützing.

Holotipo: no fue designado por Hassall (1843); sin embargo Koster (1969) menciona que en BM se albergan las colectas de Hassall donde podría encontrarse el material tipo.

Localidad tipo: Chesnut, Inglaterra (Hassall 1843).

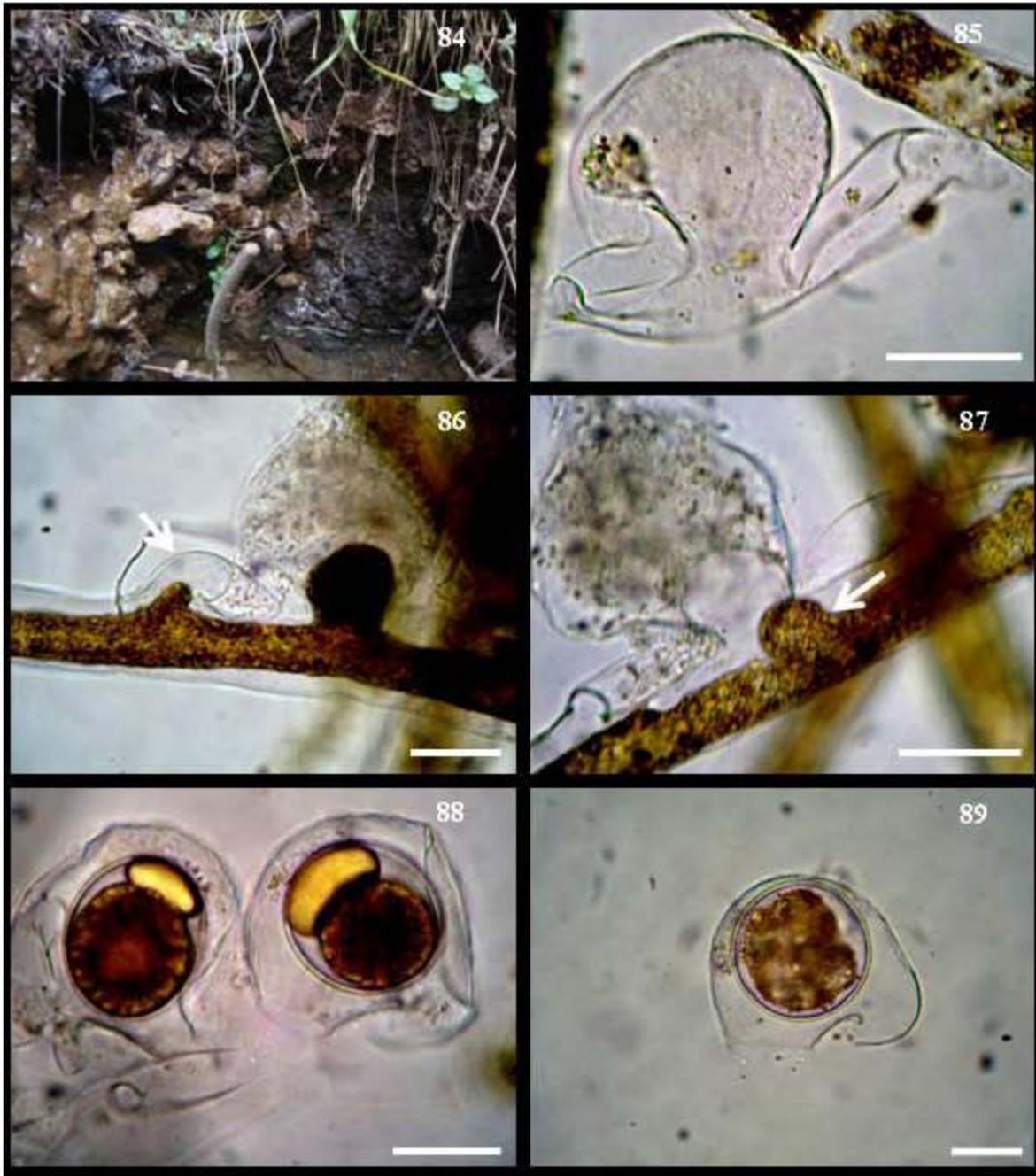
Distribución: Cosmopolita en cinco continentes a excepción de la Antártida. Se ha reportado para Alaska, Australia, China, Dinamarca, E. U. A., Finlandia, India, Irlanda, Japón, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, Rumania y Uruguay (Fig. 90). A partir de este estudio se reconoce por primera vez para México a esta especie ubicándose en las coordenadas 19°20'32" N y 99°23'15" O, en el municipio de Jilotzingo, Estado de México (Fig. 35).

Como un nuevo registro para el país, la población de *V. aversa* en Cascadas Catidey también representa la ampliación de la distribución de este taxón en el continente norteamericano antes solo conocida para Canadá y E. U. A. Además es la primera vez que se encuentra tan al sur en el hemisferio norte. Las poblaciones de *V. aversa* en Australia y Nueva Zelanda parecen aisladas de las que se encuentran en otros continentes por lo que es necesario aumentar los estudios de la flora de *Vaucheria* en otros países para evaluar si su distribución puede ser más continua. Cabe mencionar que tanto en Australia como en México esta especie se ha encontrado en el campo durante el invierno (Entwisle 1988a).

Material estudiado: IZTA 1786, 1805.

Secuencia del gen rbcL y espaciadores: Número de acceso en GeneBank= KF598748. La secuencia de *V. aversa* comprende 2018 pb repartidos de la siguiente manera: 446 para el espaciador *psbA-rbcL* (espaciador 1), 1467 para el gen *rbcL* y 105 para el espaciador *rbcL-rbcS* (espaciador 2). El porcentaje de variación total de la secuencia de las dos cepas de la especie es de 1.05%, lo que se asocia a 19 mutaciones puntuales. Este porcentaje es inferior al valor mínimo entre especies morfológicamente bien definidas (1.66%) (ver Anexo 2, Tablas 23 y 25) apoyando la inclusión de ambas cepas bajo el epíteto de *V. aversa*. Por su parte el porcentaje de variación para cada región es el siguiente: para el espaciador 1,

⁸ Además de estas referencias consultadas, también ha sido citada por: Blum (1972); Cassie (1984); Cullinane (1972); Cullinane (1975); Dangeard (1939); Day *et al.* (1995); Harper *et al.* (2012); Heering (1907, 1921); Rieth (1963); Sarma y Chapman (1975).



Figs 84-89. *Vaucheria aversa* Hassall 1843. IZTA 1805. Barras de escala=50µm.

Fig. 84. Charco en Cascadas Catidey, Jilotzingo, Estado de México.

Fig. 85. Gametangios laterales sobre el sífon. Los anteridios cilíndricos rodean al oogonio y se dirigen hacia él.

Fig. 86. Anteridio con pedicelo arqueado que se señala con una flecha.

Fig. 87. Pedicelo oogonial relativamente largo señalado con un flecha.

Fig. 88. Oósporas que no llenan el oogonio y que no presentan puntos de pigmento de color rojo. Se aprecia que en su interior cuentan con gotas de lípidos como material de reserva.

Fig. 89. Oóspora que no llena el oogonio y no presenta pigmentos de color rojo. Oogonio con forma de cabeza de ave.

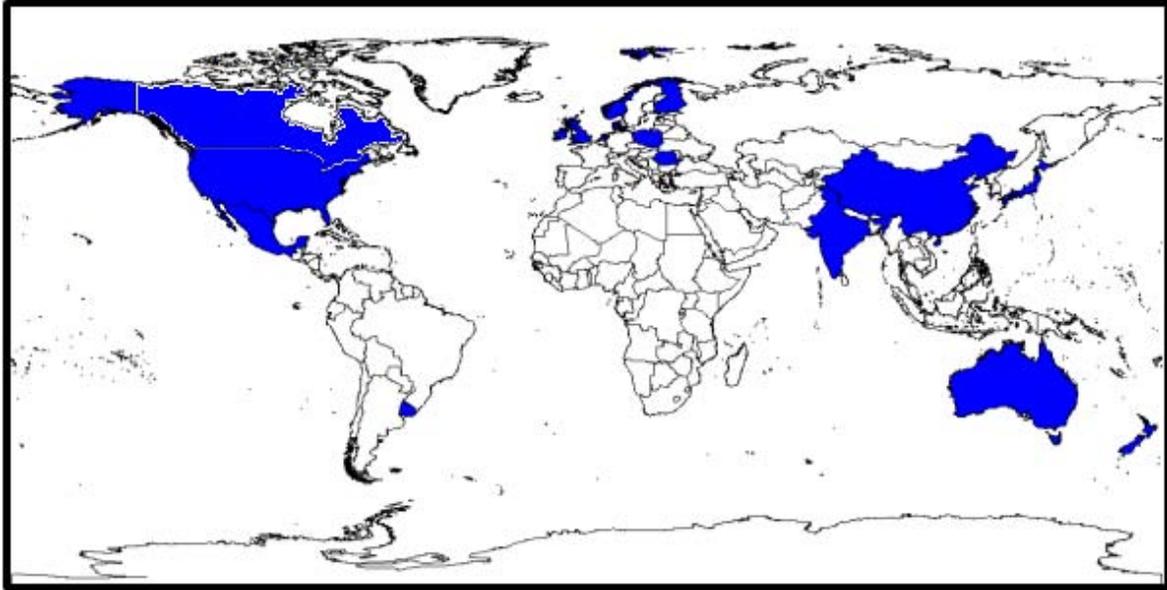


Fig. 90. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria aversa* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

0.37%, asociado a 1 mutación; para el gen *rbcL*, 1.15%, asociado a 17 mutaciones; para el espaciador 2, 1.33%, asociado a una mutación. Así el último espaciador es la región más variable (ver Anexo 2, Tabla 25). Al traducir la secuencia del gen en aminoácidos se observa que muchos de los cambios son sinónimos, sin embargo existen cambios de aminoácidos entre las secuencias de la cepa mexicana y la danesa en las posiciones 40 (I/V), 233 (C/A), 351 (T/V), 370 (E/D). Al parecer estos cambios no tienen un gran efecto en las propiedades de la proteína ya que los aminoácidos sustituidos tienen propiedades similares, con excepción del aminoácido 233 donde el cambio de cisteína (C) por una alanina (A), puede tener implicaciones estructurales.

Posición filogenética: *Vaucheria aversa* puede ubicarse en un clado (100) hermano (86.43) al que engloba a las especies de la sección *Corniculatae* (Anexo 3, Fig. 103) o en un clado (100) hermano (53.35) a otros que engloban especies con anteridios circinado-cilíndricos y a las especies de la sección *Piloboloideae* (Anexo 3, Fig. 102).

La inclusión de esta población mexicana en la sección *Tubuligerae* es apoyada por su posición filogenética cercana a *V. aversa* en un clado independiente. Sin embargo es importante señalar que la afinidad de este clado que representa a la sección *Tubuligerae* con respecto a otros que representan distintas secciones aún no ha sido resuelto con suficiente confianza aunque es posible que sea un grupo hermano a *Corniculatae* (Anexo 3, Figs 102 y 103). Es necesaria la secuenciación de más especies de la sección *Tubuligerae* para corroborar la condición monofilética de este grupo así como definir su posición con respecto a otras secciones, especialmente con los taxones de *Woroninia* ya que en ciertas especies la morfología de los anteridios de estas dos secciones llega a complicar su definición (Entwistle 1988a).

Descripción morfológica: Sifones con diámetro de 31 a 46 μm . Talo monoico con gametángios que se ubican lateralmente sobre los sifones. Pedicelo anteridial arqueado o recto; formando un ángulo de 0 a 165° con respecto al sifón; de 9.7 a 29.6 μm de largo. Anteridios uno o dos por grupo gametangial; laterales y debajo de los oogonios; con un poro apical dirigido hacia el oogonio adyacente; fusiformes o recto-cilíndricos; de 42 a 77.7 μm de largo por 18 a 25 μm de diámetro; la zona basal o central puede ser la que tiene el mayor diámetro o sin variación del diámetro. Pedicelo oogonial ausente o presente; de 12 a 42 μm de largo; erecto. Oogonios uno por grupo gametangial; pico presente; de simetría bilateral; con forma de cabeza de ave u ovoide-reniformes; de 107 a 162 μm de largo por 89 a 145 μm de diámetro; proporción L/D de 1.07 a 1.2; ángulo del eje mayor de -40 a 93°; ángulo de poro de fertilización de -168 a -90°. Oósporas que no llenan el oogonio; con una pared de (una?) tres capas y de 2 a 3.5 μm de grosor; sin protuberancia; elipsoidales, esféricas o subesféricas; de 62 a 86 μm de largo y de 50 a 83 μm de diámetro; proporción L/D de 1 a 1.2; sin puntos de pigmento.

Caracteres morfológicos diacríticos: Con respecto a otras especies de la sección *Tubuligerae* el material de México claramente pertenece a *V. avera*, ya que presenta la típica forma de cabeza de ave, oósporas que no llenan el oogonio (Figs 88-89), y anteridios que se ubican a los lados de grupos de oogonios (Fig. 85 y 87) y no en pares paralelos (Rieth 1980; Entwisle 1988a).

Variación morfológica del material mexicano: Aunque *V. avera* en México es prácticamente idéntica en cuanto a morfología con respecto a lo reportado en otros países; existen ciertas desviaciones morfológicas que se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16: Comparación de algunos caracteres de los materiales mexicanos IZTA 1786 y 1805 que amplían el rango de variación de *V. avera*. En la tercera columna se presentan los estados de carácter reportados para *V. avera* en la literatura y en la cuarta columna los observados al estudiar los materiales IZTA 1786 y 1805. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros a excepción del ángulo del pedicelo anteridial con respecto al sifón (°). El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones su observaciones del carácter para el taxón correspondiente. Literatura consultada: Brown (1929), Sarma (1974), Rieth (1980), Entwisle (1988a), Krzyk (2001), Johnson y Merritt (2002), Zelazna-Wieczorek (2002).

Estructura	Carácter	<i>V. avera</i>	IZTA 1786 y 1805
Anteridio	Curvatura del pedicelo	Recto	Arqueado, recto
	Ángulo del pedicelo anteridial con respecto al sifón	45-140	0-165
	Variación del diámetro	Más ancho en el ápice, más ancho en la base, sin variación	Más ancho en la base, más ancho en el centro, sin variación
Oogonio	Largo del pedicelo	5-33	12-42 (!)
	Forma	Cabeza de ave, globosa, ovoide, subesférica	Cabeza de ave, ovoide-reniforme
Oóspora	Largo	65-140	61.7-86.5
	Color de los puntos de pigmento	Rojo	Ausentes

La ausencia de puntos de pigmento de color rojo dentro de la oóspora en el material mexicano (ver Anexo 4, Tabla 31; Figs. 88 y 89) debería estudiarse a fondo y evaluar si la ausencia de puntos de pigmento es constante bajo diferentes condiciones de cultivo ya que podría servir como carácter para separar al material mexicano de *V. avera*.

Hábitat: La población registrada en México se localizó en un bosque de coníferas a 2867 m.s.n.m., específicamente en un charco (Anexo 7, Tabla 40). Los parámetros físicoquímicas del agua fueron: temperatura de 12°C; pH ligeramente alcalino (7.3); alcalinidad de 48 mg/L CaCO₃; con concentraciones de 0.8 mg/L NO₃⁻, 0.4 mg/L NH₄⁺ y de 0.028 mg/L de FSR (Anexo 8, Figs 148-158).

V. aversa solo se había reportado en un bosque templado caducifolio a mayor altitud (3625 m.s.n.m.) y no en un bosque de coníferas como en el que se colectó en México. Además en nuestro país crece en un ambiente con menor concentración de nitratos (0.8 mg/L) mientras que en los Países Bajos crece a una mayor concentración de este nutriente (4.197 mg/L). En cuanto al contenido de FSR en nuestro país fue colectada en un ambiente con menor concentración (0.028 mg/L) y en los Países Bajos en un ambiente con mayor concentración (0.136 mg/L) (ver Anexos 7 y 8, Tabla 40 y Figs 155 y 157).

Cultivo: El material de *V. aversa* inicio su crecimiento después de 6 días de ser inoculado. Las estructuras reproductivas ya estaban presentes desde el momento de la colecta y siguieron produciéndose a lo largo de los 19 meses y medio que ha permanecido el cultivo. Cabe mencionar que aunque los talos crecieron en agar, lo hicieron de manera muy escasa, fue cuando se transfirieron a medio líquido cuando su crecimiento aumentó de manera importante.

Vaucheria fontinalis (L.) Christensen 1968

Johnson y Merritt 2002.⁹

Etimología: del latín *fontana* que significa fuente haciendo referencia al cuerpo de agua donde se colectó (Linneo 1753).

Basiónimo: *Conferva fontinalis* Linneo 1753.

Sinónimos homotípicos: *Conferva fontinalis* Linneo 1753. *Byssus fontinalis* (Linneo) F. H. Wiggers 1780.

Sinónimos heterotípicos: *Ectosperma clavata* Vaucher 1803. *Vaucheria clavata* (Vaucher) A. P. de Candolle 1805. Day *et al.* 1995. Kützing 1849. *Vaucheria ornithocephala* C. Agardh 1817. Álvarez-Cobelas 1984. Brown 1929. Caraus 2002; 2012. Krzyk 2001. Kützing 1849. Michev *et al.* 1998. Prescott 1938. Rieth 1980. Tkachenko y Kustin 2012. *Vaucheria polysperma* Hassall 1843. Kützing 1849. *Vaucheria sericea* Lyngbye. Kützing 1849.

Tipo: según Christensen (1970) el tipo corresponde a la descripción dada por Dillenius y presentada por Linneo en 1753.

⁹ Además de estas referencias consultadas, esta especie también ha sido citada por Cullinane (1978); Godínez *et al.* (2001); Silva *et al.* (1996). Como *V. ornithocephala* ha sido también citada por Punjab Envis Centre (2012); Bostock y Holland (2010). Con el sinónimo de *V. polysperma* por Hu y Wei (2006).

Localidad tipo: en la descripción, Linneo menciona la localidad de Kokallan en Lund, Suecia.

Distribución: Cosmopolita excepto en la Antártida. Se ha citado para Australia, Bulgaria, China, España, E. U. A., India, Irlanda, Japón, el Norte de África, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, Rumania y Ucrania (Fig. 91). En México solamente se ha reportado para Guanajuato (Fig. 35).

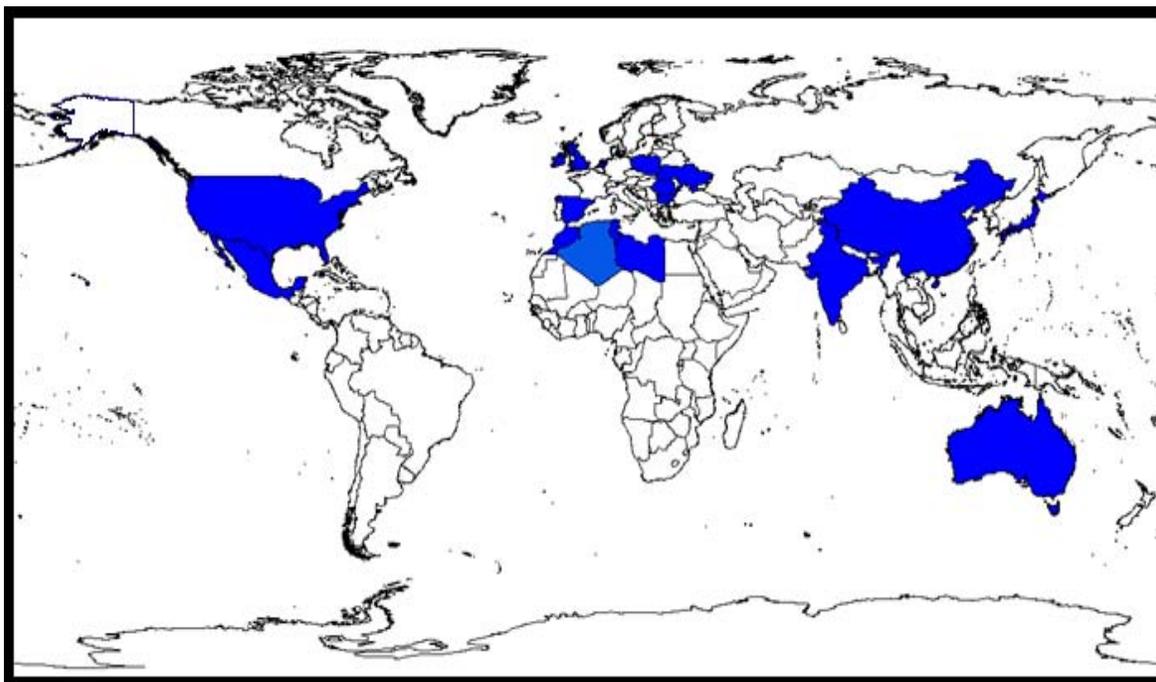


Fig. 91. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria fontinalis* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

Comentarios: Esta especie solamente aparece registrada en la publicación de Godínez *et al.* (2001) la cual no se consultó de manera directa. Es necesario revisar a detalle dicha publicación y determinar si existen ilustraciones o material preservado en una colección científica reconocida. Sería importante en un futuro localizar la población de esta especie en Guanajuato con el fin de establecer cultivos y con ello contribuir a la secuenciación del gen *rbcL* y sus espaciadores para reconocer sus afinidades y de ser el caso dar sustento filogenético a la sección *Tubuligerae* para la cual solo se ha secuenciado una especie. Además, aunque morfológicamente *V. fontinalis* se distingue fácilmente de *V. aversa*, *V. bicornigera* Entwisle, *V. prolifera* Dangeard y *V. jonesii* Prescott, se asemeja mucho a *V. globulifera* West y West y *V. bilateralis* Jao a decir por la información presentada por Entwisle (1988a), distinguiéndose únicamente por que puede o no presentar anteridios en pares. Es por ello que un análisis filogenético futuro también podría arrojar luz en cuanto a las relaciones de estas especies. Por lo pronto el registro de *V. fontinalis* en México extiende su distribución en el continente americano ya que anteriormente solo había sido reportada para E. U. A.

Sección *Vaucheria*

Sinónimos: *Anomalae* (como un taxón no especificado) Hansgirg 1888. *Anomalae* (Hansgirg) Heering 1907.

Especie tipo: *Vaucheria disperma* de Candolle.

Descripción: Gametangios que se desarrollan sobre gametóforos. Anteridios que no se desarrollan sobre una cavidad hueca del sifón, rectos o curvos, de expandidos distalmente a deltoides-pulvinados, con 2-4 poros de descarga laterales. Oogonios de simetría radial o bilateral.

Vaucheria canalicularis (L.) Christensen 1968

Figs 92-96

Christensen 1987a. Andersen y Bailey 2002. Johnson y Merritt 2002. Simons 1975. Wolowski 2002.¹⁰

Etimología: del latín *canalibus*, posiblemente haciendo referencia a que se colectó en un canal (Linneo 1753).

Basiónimo: *Conferva canalicularis* Linneo 1753.

Sinónimos homotípicos: *Conferva canalicularis* Lineo 1753. *Byssus canalicularis* (L.) F. H. Wiggers 1780. *Cladophora canalicularis* (L.) Kützing 1845.

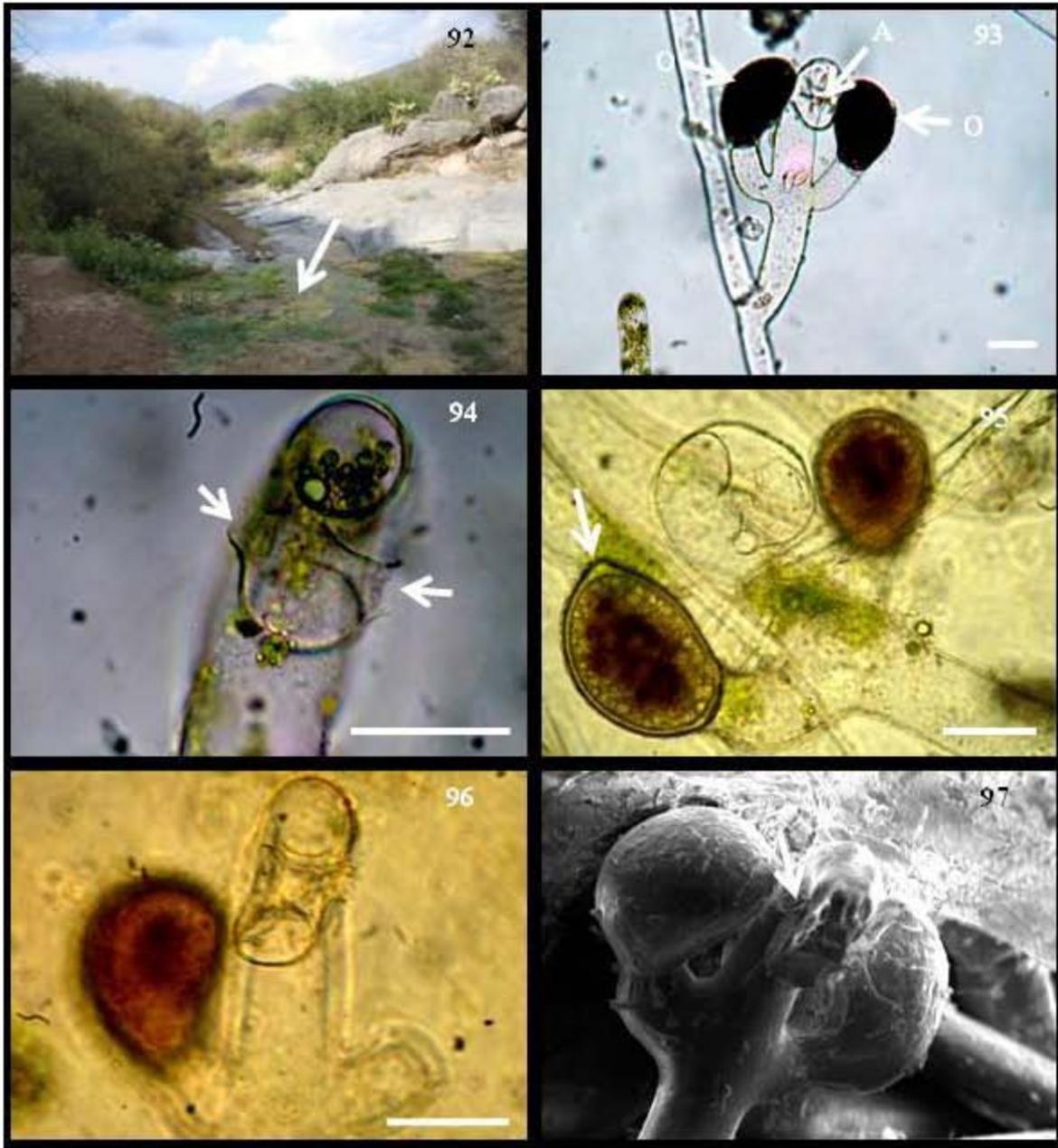
Sinónimos heterotípicos: *Ectosperma cespitosa* Vaucher 1803. *Ectosperma ovata* Vaucher 1803. *Vaucheria disperma* A.P. de Candolle 1801. *Vaucheria woroniniana* Heering 1907. Brown 1929. Cambra 1992. Caraus 2002; 2012. Discover Life 2013. Hoppaugh 1930. Nemjová y Kaufnerová 2009. Nurul-Islam 1984. Prescott 1938. Rieth 1980. Rushforth y Merkley 1988. Schagerl y Kerschbaumer 2008. Tkachenko y Kustin 2012. Zelazna-Wieczorek 1998.

Lectotipo: descripción de Dillenius (1741) correspondiente a *Conferva rivulorum capillaceae, denissime congestis ramulis*, elegida por Christensen (1968).

Localidad tipo: no fue designada ni por Linneo (1753) ni por Christensen (1968).

Distribución: Cosmopolita en cinco continentes a excepción de la Antártida. Se ha registrado para Alemania, Algeria, Australia, Austria, China, Eslovenia, España, E. U. A., Francia, Iraq, Israel, Italia, Marruecos, Países Bajos, Polonia, República Checa, Reino Unido, Rumania, Suiza, Tayikistán y Ucrania (Fig. 98). Esta especie es un nuevo registro

¹⁰ Además de estas referencias consultadas, esta especie también ha sido citada por Christensen (1969) y Blum (1972). En cuanto a las referencias no consultadas directamente y donde se menciona a *V. woroniniana* (sinónimo) se enlistan a continuación: Dangeard (1939); Funk (1961); Gauthier-Lièvre (1955); Heering (1907, 1921). Rieth (1965); Tsarenko *et al.* (2000).



Figs 92-97. *Vaucheria canalicularis* (L.) Christensen 1968. IZTA 1790. Barras de escala=50µm.

Fig. 92. Localidad de colecta en Tilapa, Puebla . Se indica con una flecha el crecimiento de *Vaucheria* en un arroyo ubicado en el matorral xerófilo.

Fig. 93. Ubicación de los gametangios sobre gametóforo. A, anteridios; O, oogonios.

Fig. 94. Anteridio pulvinado con dos poros indicados con flechas.

Fig. 95. Detalle de oogonios y anteridio. Se observa que el sistema anteridial (pedicelo y anteridio) son curvos. Los oogonios tienen un solo poro de fertilización indicado con una flecha. Las oósporas tienen puntos de pigmento color café sepia y al parecer una sola capa en su pared.

Fig. 96. Anteridio ligeramente transversal con respecto al pedúnculo.

Fig. 97. Microfotografía de microscopia electrónica de barrido donde se observa el detalle de la pared lisa del oogonio y un poro lateral del anteridio señalado con una flecha

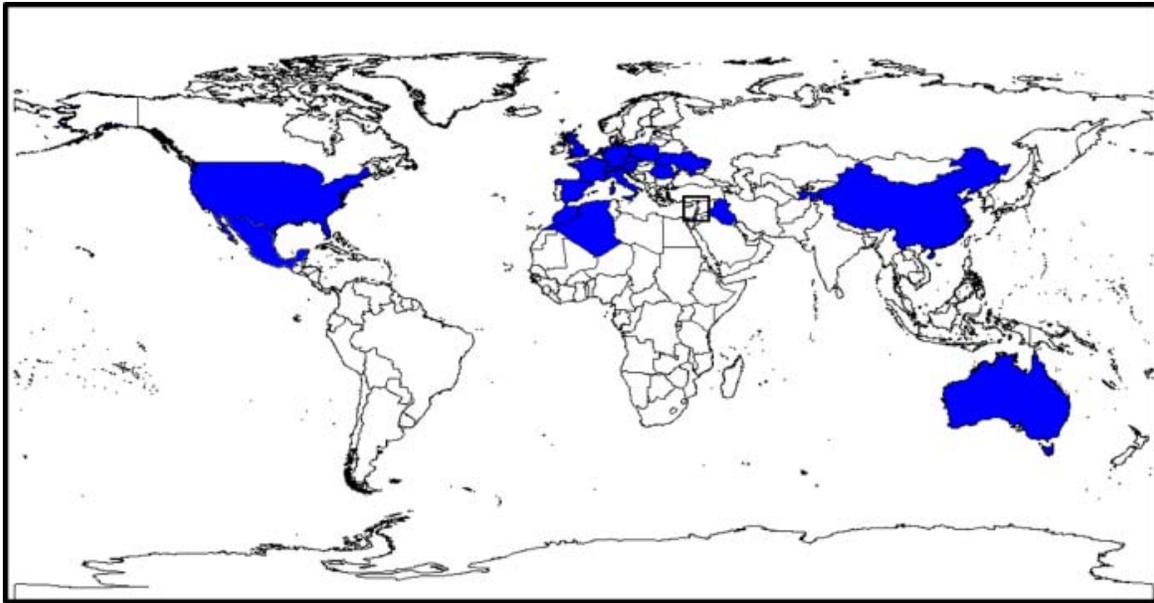


Fig. 98. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria canalicularis* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

para México y solamente se ha encontrado en las coordenadas 18°16'21" N y 97°29'14" O, en Tilapa, Zapotitlán, Puebla (Fig. 35).

Material estudiado: IZTA 1790.

Secuencia del gen rbcL y espaciadores: Número de acceso en GeneBank= KF598745. La secuencia de *V. canalicularis* comprende 2046 pb repartidos de la siguiente manera: 478 para el espaciador *psbA-rbcL* (espaciador 1), 1467 para el gen *rbcL* y 101 para el espaciador *rbcL-rbcS* (espaciador 2). El porcentaje de variación total de la secuencia de las dos cepas de la especie es de 0.89%, lo que se asocia a 16 mutaciones puntuales. Este porcentaje es relativamente bajo ya que no supera el 1.66% de variación para especies morfológicamente bien definidas (*V. geminata* vs *V. prona*, ver Anexo 2, Tablas 23 y 25) por lo que la población mexicana se considera conspecífica con *V. canalicularis*. Por su parte el porcentaje de variación para cada región es el siguiente: para el espaciador 1, 1.13%, asociado a 3 mutaciones; para el gen *rbcL*, 0.81%, asociado a 12 mutaciones; para el espaciador 2, 1.41%, asociado a 1 mutación. Así el último espaciador es la región más variable (Anexo 2, Tabla 25). Al traducir la secuencia del gen en aminoácidos se observa que muchos de los cambios son sinónimos, sin embargo existen cambios de aminoácidos entre las secuencias de la cepa mexicana y la danesa en las posiciones 173 (L/F), 239 (V/I), 390 (M/L), 406 (C/G). Solo este último cambio puede tener un efecto importante en la estructura de la proteína.

Posición filogenética: El material mexicano de *V. canalicularis* se ubica junto con la cepa K385 de la misma especie en un clado (100/100) hermano (98.13/100) al que agrupa las especies de la sección *Racemosae* (ver Anexo 3, Figs 102 y 103).

Es necesario obtener cultivos e incluir a las otras dos especies de la Sección *Vaucheria* (*V. birostris* y *V. cruciata*) en estudios filogenéticos con el fin de saber sus relaciones con respecto a *V. canalicularis* y confirmar así la monofilia de la sección *Vaucheria* ya que sus especies podrían estar distribuidas en distintos subclados dentro del que representa a la sección *Racemosae* y de esa manera la presencia de varios poros en el anteridio, lo cual es un carácter diacrítico de la Sección *Vaucheria*, podría deberse a paralelismo evolutivo al igual que parece serlo la presencia de un pico oogonial en las especies de la sección *Racemosae* (ver comentarios sobre *V. zapotecana*).

Descripción morfológica: Tapetes de color verde oscuro a verde amarillento con una textura suave, pegajosa y esponjosa. Sifones con diámetro de 30 a 50 μm . Talo monoico con gametangios que se desarrollan en gametóforos o en el ápice de los sifones. Pedúnculo del gametóforo de 120 a 900 μm de largo; diámetro distal de 40 a 70 μm ; paredes laterales paralelas. Gametóforos adventicios ausentes. Pedicelo anteridial curvado lateral y paralelamente; de 110 a 170 μm de largo. Anteridios uno por grupo gametangial; centrales y terminales en los gametóforos, entre dos oogonios a los cuales sobrepasa; con dos poros laterales dirigidos hacia los oogonios adyacentes; pulvinados; curvándose en un ángulo de 165 a 270° y de manera paralela o transversa con respecto al pedúnculo; de 60 a 120 μm de largo por 25 a 42 μm de diámetro; la zona apical tiene el mayor diámetro. Pedicelo oogonial presente; de 55 a 87 μm de largo; erecto. Oogonios dos por grupo gametangial; pico ausente; de simetría bilateral; elipsoidales, oblongo-reniformes, ovoides u ovoide-reniformes; de 80 a 120 μm de largo por 50 a 70 μm de diámetro; proporción L/D de 1.2 a 1.8; ángulo del eje mayor de 0 a 127°; eje mayor distal paralelo al anteridio; ángulo de poro de fertilización de 35 a 120°, dirigido hacia arriba y hacia el anteridio; pared externa lisa. Oósporas que llenan el oogonio; con una pared de una (?) capa y de 2 μm de grosor; sin protuberancia; oblongas, oblongo-reniformes, ovoides u ovoide-reniformes; de 80 a 120 μm de largo y de 50 a 70 μm de diámetro; proporción L/D de 1.2 a 1.8; ángulo del eje mayor de 0 a 127; uno o varios puntos de pigmento color café sepia.

Caracteres morfológicos diacríticos: Dentro de la sección *Vaucheria* solo se reconocen otras dos especies: *V. birostris* y *V. cruciata*; de las cuales *V. canalicularis* y su población en México se diferencian por la presencia de un solo poro de fertilización en el oogonio y por presentar sistemas anteridiales curvos (Fig. 95) además de oogonio de más de 75 μm de largo (Rieth 1980).

Variación morfológica del material mexicano: Aunque el material mexicano cumple con los caracteres diacríticos de *V. canalicularis*, es importante señalar que varía con lo reportado anteriormente para esta especie en diferentes caracteres. Estas variaciones se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17: Comparación de algunos caracteres del material mexicano IZTA 1790 que varían con respecto a lo reportado para *V. canalicularis*. En la tercera columna se presentan los estados de caracter reportados para *V. canalicularis* en la literatura y en la cuarta columna los observados al estudiar el material IZTA 1790. Los datos numéricos corresponden a valores en micrómetros a excepción de la variación del ángulo sobre el que se curva el anteridio y el número de capas de la pared de la oóspora. ?= se observó solamente una capa pero en todas las especies debería haber por lo menos tres. Literatura consultada: Brown (1929), Rieth (1980), Entwisle (1988a), Cambra (1992), Johnson y Merritt (2002), Wolowski (2002), Zelazna-Wieczorek (2002), Nemjova y Kaufnerova (2009).

Estructura	Carácter	<i>V. canalicularis</i>	IZTA 1790
Talo	Largo de los pedúnculos	60-273	120-900
	Diámetro distal del pedúnculo	47-88	40-70
Anteridio	Orientación del plano de curvatura del sistema anteridial con respecto al pedúnculo	Paralelo	Paralelo, transverso
	Ángulo sobre el que se curva	102-225	165-270
Oóspora	Número de capas de la pared	3-8	1?
	Forma	Elipsoidal	Oblongo, oblongo-reniforme, ovoide, ovoide-reniforme
	Color de los puntos de pigmento	Café rojizo, rojo, rojo amarillento	Café sepia

Debido a estas diferencias sería de gran utilidad estudiar la morfología de la cepa K385 con la cual se comparó genéticamente al material mexicano y a su vez comparar a estas dos tanto genética como morfológicamente con el material de la localidad tipo para corroborar que el material mexicano corresponde a *V. canalicularis*. Lamentablemente no existe material tipo de *V. canalicularis* ni se designó una localidad tipo donde poder colectar un epitipo.

Probablemente un estudio genético, morfológico y ecológico de numerosas poblaciones afines a *V. canalicularis* podría aclarar si *V. canalicularis* es más bien un complejo de especies crípticas.

Hábitat: La población registrada en México se localizó en matorral xerófilo a 1630 m.s.n.m., específicamente en un arroyo creciendo de forma bentónica y metafitica sobre cieno (Anexo 7, Tabla 40). Se encontró asociada a larvas de insecto, planarias, y otras algas como *Nitella*, *Mougeotia*, *Rhizoclonium*, *Oedogonium*, *Spirogyra*, *Pediastrum*, *Oocystis*, *Navicula*, *Fragilaria*, *Cocconeis*, *Euglena*, *Lepocinclis* y *Chroococcus*. La temperatura del aire registrada fue de 28 °C. Los parámetros físicoquímicas del agua fueron: temperatura de 21°C; pH de 7.5; alcalinidad de 194 mg/L CaCO₃ y dureza de 291 mg/L CaCO₃ por lo que puede considerarse un agua dura; oxigenada (4 mg/L O₂) (Gama-Flores *et al.* 2010); con concentraciones de 0.3 mg/L NO₃⁻, 0.15 mg/L NH₄⁺ y de 1.6 mg/L de FSR; con conductividad baja (25 µS) (Anexo 8, Figs 148-158).

V. canalicularis en México también expande el rango de ambientes en que puede encontrarse a esta especie que no había sido registrada para arroyos y el matorral xerófilo

(ver Anexo 7, Tabla 40 y Fig. 92). Además en México se colectó a una mayor altitud (1630 vs 420 m.s.n.m.), temperatura del agua (21 vs 8-19 °C) y concentración de FSR (1.6 vs 0.005-0.353 mg/L) en contraste con una menor concentración de nitratos (0.3 vs 1-7 mg/L) y baja conductividad (25 vs 290-920 μ S) en comparación con aguas de conductividad media a alta reportadas para otros sitios (ver Anexo 8, 148, 150, 155, 157 y 158). A pesar de estas diferencias, la alcalinidad relativamente alta del agua donde se colectó esta alga en México concuerda con las preferencias que Schagerl y Kerschbaumer (2008) reportaron para este taxón.

Cultivo: Los talos de *V. canalicularis* iniciaron su crecimiento después de un día de ser inoculados. Las estructuras reproductivas estaban presentes en el material de campo y siguieron formándose mientras los talos estuvieron en cultivo. Los cultivos unialgales se obtuvieron en diez días.

Comentarios: Autores como Rieth (1980) y Entwisle (1988a) advirtieron que en muchas ocasiones el material de *V. canalicularis* es identificado como *V. geminata* debido a que algunas veces la morfología del anteridio no es conspicua. Para el material mexicano, al llevar a cabo la secuenciación del gen *rbcL* y sus espaciadores y percibir que se trataba de un organismo afín a *V. canalicularis*, se hicieron observaciones cuidadosas del anteridio en microscopía electrónica de barrido (Fig. 97) lo que reveló la presencia de dos poros y así se confirmó la identidad del material de Tlapa, Puebla. Posteriormente se identificaron otros caracteres morfológicos que parecen distinguir a *V. geminata* de *V. canalicularis* además del número de poros anteridiales. Para *V. canalicularis* no se ha reportado la presencia de gametóforos adventicios mientras que para *V. geminata* en otros países (ver comentarios de población mexicana) no se ha reportado la presencia de puntos de pigmento diferenciados dentro la oóspora (ver Anexo 4, Tabla 39 y Fig. 95). Esto apoya la visión de llevar a cabo estudios taxonómicos integrales considerando aspectos morfológicos, genéticos, ecológicos, etc. ya que con ello se puede identificar con mayor certeza las afinidades de los organismos.

La presencia de *V. canalicularis* y su morfología diferente a otras especies del país constituye un nuevo registro del género para México y así se expande su distribución en el continente americano ya que anteriormente solo se había reportado para E. U. A (Hoppaugh 1930; Prescott 1938; Rieth 1980; Rushforth y Merkley 1988).

Sección *Woroninia* (Solms-Laubach) Heering 1907

Basiónimo: *Woroninia* Solms Laubach 1867 (como un género).

Sinónimo: *Woroninia* (como un taxón infragenérico inespecificado) (Solms-Laubach) Woronin 1869.

Especie tipo: *Vaucheria dichotoma* (Linneo) Martius (ver Solms-Laubach 1867).

Descripción: Gametangios sésiles sobre los sifones. Anteridios que no se desarrollan sobre una cavidad hueca del sifón, elipsoidales, ovoides, cilíndricos-fusiformes, o urceolados angostamente, constreñidos proximalmente, con su poro dirigido hacia el oogonio adyacente. Oogonios de simetría radial.

***Vaucheria velutina* Agardh 1824**

Figs 99-100

Araujo *et al.* 2009. Brown 1929. Chapman 1956. Christensen 1987b. Discover Life 2013. Entwisle 1988a. Gallagher y Humm 1981. Mendoza-González *et al.* 2008. Simons 1975. Polderman y Polderman-Hall 1980.¹¹

Etimología: del latín *velutinae*, en referencia a la textura aterciopelada del talo al estar constituido por sifones cortos, suaves y erectos (Guiry y Guiry 2013).

Sinónimo heterotípico: *Vaucheria thuretii* Woronin 1869. Álvarez-Cobelas 1984. Discover Life 2013. Ott y Hommersand 1974. Prescott 1938.

Holotipo: LD, con base en Christensen (1973).

Localidad tipo: Gråen, Suecia (Agardh 1824).

Distribución: En América se ha reportado tanto para el Océano Pacífico en E. U. A. y para el Océano Atlántico en E. U. A. y Canadá. En Europa se ha reportado para España, Francia, Irlanda, el Mar Báltico, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido y Suecia. Para África se ha encontrado en Marruecos y Túnez (Fig. 101). En el hemisferio sur solo es conocida de Nueva Zelanda y Australia. En México solamente se ha reportado en las

¹¹ Además de estas referencias consultadas, esta especie también ha sido citada por: Bárbara *et al.* (2003, 2005, 2012); Calvo *et al.* (1999); Calvo y Bárbara (2002, 2004); Christensen (1973); Cullinane (1978); Day *et al.* (1995); Guiry (1978, 2012); Hansen (1997); Hardy y Guiry (2003); Harper *et al.* (2012); Humm (1979); Muséum National d'Histoire Naturelle (2012); Nielsen *et al.* (1995); Nordstedt (1879); Pecora (1980); Rueness (1997); Schneider y Searles (1991); Taylor (1957); Watts (1887); Womersley (1987). En cuanto a su sinónimo (*V. thuretii*) también existen más publicaciones donde es citada: Ben-Maiz *et al.* (1987); Blum (1972); Christensen (1952); Cotton (1912); Dangeard (1939, 1949); Feldmann (1954); Gallardo *et al.* (1985); Heering (1907); Knutzen (1973); Moreno *et al.* (2001); Newton (1931); Pecora (1977); Scagel *et al.* (1989); Taylor (1957).

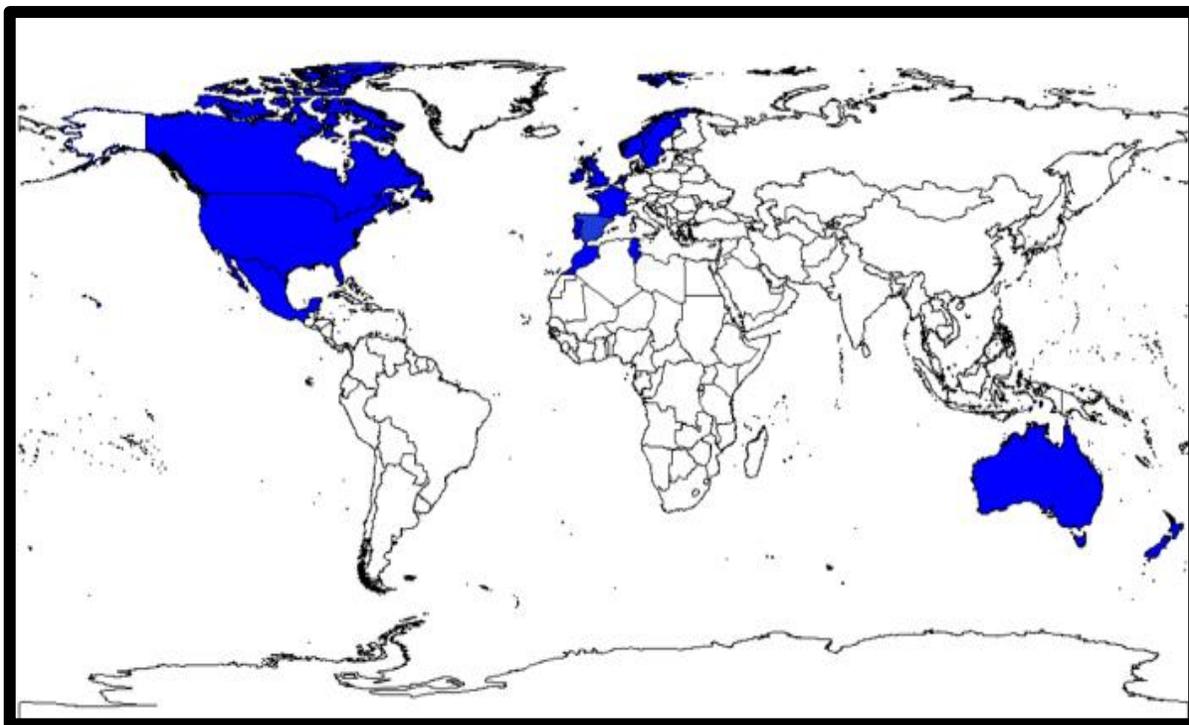


Fig. 101. Mapa de la distribución mundial de *Vaucheria velutina* elaborado con base en las referencias consultadas y marcadas en negritas de esta obra.

coordenadas 17°37'12" N y 101°33'05" O, en Playa las Gatas, Zihuatanejo, Guerrero (Fig. 35).

Material estudiado: publicación de Mendoza-González *et al.* (2008). Los datos morfológicos y ambientales que se incluyen en dicha obra corresponden al espécimen ENCB 15984.

Descripción morfológica: Tapetes de color café verdoso, textura esponjosa. Sifones con diámetro de 93 a 105 μm . Talo monóico con gametangios que se ubican lateralmente sobre los sifones. Pedicelo anteridial ausente. Anteridios dos a cuatro por grupo gametangial; laterales a los oogonios; elípticos; de 120 a 130 μm de largo por 80 a 95 μm de diámetro. Pedicelo oogonial corto presente. Oogonios uno a dos por grupo gametangial; pico ausente; de simetría radial; esféricos; de 260 a 280 μm de largo por 199 a 207 μm de diámetro. Oósporas con una pared de 10 a 12 μm de grosor.

Caracteres morfológicos diacríticos: Los caracteres que separan a *V. velutina* en México (ENCB 15984) de algunas especies de la Sección *Woroninia* se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18: Caracteres morfológicos diacríticos de *V. velutina* en México que ayudan a diferenciarla del resto de los *taxa* correspondientes a la Sección *Woroninia*. La referencia utilizada para obtener la información de cada taxón se presenta la primera vez que aparece este en la tabla.

Estructura	Carácter	<i>V. velutina</i>	<i>Taxa</i>	Estado de carácter en el taxón	Referencias de los <i>taxa</i>
Talo	Sexualidad	Monoica	<i>V. dichotoma</i>	Dioica (Monoica)	Rieth (1980)
			<i>V. micranthera</i>	Dioica	González-Guerrero 1945)
	Agrupación de órganos sexuales	Oogonios y anteridios separados	<i>V. sescuplicaria</i>	Oogonios y anteridios juntos	Rieth (1980)
Anteridio	Constricciones en los sifones	Ausentes	<i>V. constricta</i>	Presentes	Yamada (1932)
	Agrupación	No agrupados	<i>V. dichotoma</i>	Agrupados en un mismo punto	
	Presencia de septo interno	Ausente	<i>V. schleicheri</i>	Presente	De Wildeman (1895)
	Forma	Elípticos, ovoides	<i>V. conifera</i>	Fusiformes, urceolados	Entwisle (1988a)
			<i>V. javanica</i>	Globosos	Kützing (1849)
	Largo	120-130	<i>V. constricta</i>	170-190	
			<i>V. karachiensis</i>	264-1508	Saifullah <i>et al.</i> (2003)
<i>V. schleicheri</i>			140-170		
Diámetro	80-95	<i>V. schleicheri</i>	47-80		
Oogonio	Largo	260-280	<i>V. micranthera</i>	290-300	
	Diámetro	199-207	<i>V. micranthera</i>	250-260	
			<i>V. schleicheri</i>	280-340	
Oóspora	Color de los puntos de pigmento	¿Ausentes? (no fueron reportados)	<i>V. constricta</i>	Rojo	

En la tabla anterior se consideró la descripción original de *V. schleicheri* elaborada por De Wildeman (1895) para obtener los caracteres que la separan de *V. velutina*. Sin embargo, cabe mencionar que si se toman en cuenta los criterios de Rieth (1980), parece difícil distinguir a *V. velutina* en México de *V. schleicheri* ya que por ejemplo este autor menciona que una diferencia clave entre estas especies es la orientación del oogonio, estando inclinado hacia el sifón en *V. velutina* y siendo perpendicular en *V. schleicheri* y en el material ilustrado (Fig. 99) por Mendoza-González *et al.* (2008). Además no se estudió la presencia de pirenoides en el material de México y esto hubiera sido clave para distinguir ambas especies. Por lo pronto un dato que apoya la designación de la población mexicana como *V. velutina* es que se colectó en un hábitat marino mientras que *V. schleicheri* ha sido reportada para ambientes dulceacuícolas y salobres continentales (Rieth 1980). En cuanto a la comparación con el resto de las especies de la sección *Woroninia*, para el caso de *V. japonica*, *V. karnaphulii*, *V. mayyanadensis* y *V. prescottii* no se encontraron publicaciones científicas donde se describiera su morfología para llevar a cabo la comparación. En cuanto

a *V. maritima* y *V. submarina*, las descripciones originales que fueron el único material consultado no mencionan caracteres morfológicos suficientemente claros para distinguirla de *V. velutina* y su población en México.

Variación morfológica del material mexicano: El material mexicano presentó ciertas desviaciones importantes de lo que se había reportado previamente para *V. velutina*. El material de Guerrero es más robusto que el estudiado por Entwisle (1988a), Christensen (1987b) y Schneider y Searles (1991). Presenta sifones de 93 a 105 μm de diámetro en contraste con los 26 a 70 μm reportados en plantas australianas, mientras que los oogonios miden 260 a 280 μm de largo y 199 a 207 de diámetro contrastando con los 134 a 240 μm de largo y 106 a 190 μm de diámetro reportados por Entwisle (1988a). Sin embargo el material mexicano concuerda con el de Australia en cuanto a que los oogonios son más bien erectos en su mayoría (Fig. 99) en lugar de inclinados como lo menciona Rieth (1980).

Hábitat: *V. velutina* fue colectada creciendo sobre raíces de mangle cubiertas con arena en la zona intermareal superior. Su distribución conocida es amplia en el hemisferio norte.

Comentarios: Mendoza-González *et al.* (2008) indicaron que la variación observada entre el material mexicano y lo reportado para *V. velutina* por otros autores podría deberse a que los talos quedan expuestos varias horas al día a la insolación y la desecación, y a que los cambios de salinidad y temperatura son drásticos. Sin embargo debido a estas diferencias con otras poblaciones de *V. velutina*, a la dudosa separación de la población mexicana con respecto a *V. submarina* y *V. maritima*, y a que varias especies no pudieron ser comparadas morfológicamente con ella, es necesario llevar a cabo un estudio más detallado de la morfología del material mexicano, así como emprender la secuenciación del gen *rbcL* y sus espaciadores de esta población, de otras correspondientes a *V. velutina* de diferentes sitios del mundo y la de material correspondiente a la localidad tipo de otras especies de la sección *Woroninia* que son dudosas. El hecho de que al parecer las poblaciones australianas y neozelandesas de *V. velutina* están relativamente aisladas de las de otros continentes y que tienen junto con la población mexicana ciertas diferencias con respecto a lo reportado para el material tipo, podría indicar que dentro de este taxón existen especies crípticas. De hecho, el registro de *V. velutina* en México representa el punto más al sur en el hemisferio norte en que se ha registrado. Sin embargo no se descarta la posibilidad de que el estudio de esta especie y de otras del género en muchos países es prácticamente nulo y podría explicar las discontinuidades en la distribución.

Además de contribuir a la delimitación del material de México y sus relaciones filogenéticas, un estudio más completo de las especies de la sección *Woroniniana* es necesario ya que dentro de este grupo hay especies muy similares morfológicamente, más sin embargo, la variación genética entre especies es la más alta (14.32 a 16.29%) al menos para las especies que se ha secuenciado el gen *rbcL* y sus espaciadores. Niveles cercanos de variación interespecífica solo se observan en la sección *Piloboloideae* que también cuenta con numerosas especies marinas. La variación genética es tan alta en la sección *Woroninia* que incluso cepas consideradas como *V. dichotoma* difieren en un 3.19%, cifra que sobrepasa mucho la mínima variación entre especies morfológicamente bien definidas en otras secciones (1.66%) (Anexo 2, Tablas 21, 22 y 23). Por lo tanto es necesario incluir más taxones dentro de los análisis filogenéticos y considerar el estudio de otros genes para

identificar los linajes de especies dentro de la sección *Woroninia* y así poder definir especies crípticas.

Mientras nuevos estudios se llevan a cabo, el material de Guerrero puede considerarse como una especie marina distinta a *V. longicaulis* por sus estructuras de reproducción sexual y por la ausencia de aplanosporangios que no se han reportado para *V. velutina*, representando así las únicas dos especies marinas para el país.

Poblaciones de *Vaucheria* sin determinación específica

Además de las poblaciones correspondientes a las especies antes tratadas, existen registros de 38 poblaciones no determinadas a nivel específico debido a la ausencia de estructuras reproductivas y la dificultad para obtenerlas en cultivo. Los datos obtenidos para estas poblaciones se presentan a continuación.

Vaucheria sp. indet 1: El material de herbario corresponde a NMNH 86875. Colectada en las coordenadas 30° N y 115° O, Bahía San Quintín, Baja California (Discover Life 2013).

Vaucheria sp. indet 2: El material de herbario corresponde a NMNH 86876. Colectada en Punta Hughes, Cabo San Lázaro, Baja California Sur (Discover Life 2013).

Vaucheria sp. indet 3: El material de herbario corresponde a ENCB 779. Colectada en La Puntilla, Ciudad del Carmen, Campeche.

Vaucheria sp. indet 4: Colectada en las coordenadas 18°43' N y 91°43' O, Laguna de Términos, Campeche (Ortega 1995).

Vaucheria sp. indet 5: Colectada en las coordenadas 18°27' N y 91°32' O, Laguna de Términos, Campeche (Ortega 1995).

Vaucheria sp. indet 6: El material de herbario corresponde a ENCB 1024. Colectada en la Bahía Santiago, Manzanillo, Colima.

Vaucheria sp. indet 7: Colectada en Silao, Guanajuato (Ortega 1984).

Vaucheria sp. indet 8: Colectada en Actopan, Hidalgo (Ortega 1984).

Vaucheria sp. indet 9: Colectada en Los Prismas, Huasca de Ocampo, Hidalgo (Exploración 36).

Vaucheria sp. indet 10: Colectada en un manantial (Anexo 7, Tabla 40). Los parámetros fisicoquímicas del agua fueron: temperatura de 19°C; pH ligeramente alcalino (7.2); alcalinidad de 310 mg/L CaCO₃ y dureza de 422 mg/L CaCO₃ por lo que puede clasificarse como muy dura; oxigenada (4.9 mg/L O₂) (Anexo 8, Figs 148-158) (Gama-Flores *et al.* 2010). Las coordenadas y ubicación geográfica del sitio son: 20°7'11" y 99°15'42", Cerro Colorado, Tezontepec, Hidalgo (Exploración 11).

Vaucheria sp. indet 11: El material de herbario corresponde a FCME-PTM 184. Colectada en Playa Playitas, Bahía Chamela, Jalisco.

Vaucheria sp. indet 12: El material de herbario corresponde a IZTA 1789. Colectada en una zanja ubicada a 2867 m.s.n.m. en un bosque de coníferas creciendo de forma aérea sobre suelo húmedo al lado de un charco (Anexo 7, Tabla 40). La temperatura del aire era de 19°C. Las coordenadas y ubicación geográfica del sitio son: 19°29'32" N y 99°29'32" O, Cascadas Catidey, Santa Ana Jilotzingo, Estado de México (Exploración 26).

Vaucheria sp. indet 13: El material de herbario corresponde a FCME-MA 79, 82, 110 y 154. Colectada entre las coordenadas 19°16'-19°19' N y 99°17'-99°18' O, Río Magdalena, Delegación Magdalena Contreras, D. F. (Ramírez-Vázquez y Cantoral-Uriza 2003).

Vaucheria sp. indet 14: El material de herbario corresponde a FCME-DL 14 y 20. Colectada en las coordenadas 19°11' N y 99°18' O, Desierto de los Leones, Cuajimalpa, D. F. (Ramírez-Vázquez y Cantoral-Uriza 2003).

Vaucheria sp. indet 15: El material de herbario corresponde a FCME-CB 57, 62 y 66. Colectada en las coordenadas 19°18' N y 99°20' O, Cruz Blanca, Cuajimalpa, D. F. (Ramírez-Vázquez y Cantoral-Uriza 2003).

Vaucheria sp. indet 16: El material de herbario corresponde a FCME-SL 4. Colectada en las coordenadas 19°20' N y 99°21' O, San Luis Ayucán, Santa Ana Jilotzingo, Estado de México (Ramírez-Vázquez y Cantoral-Uriza 2003).

Vaucheria sp. indet 17: El material de herbario corresponde a FCME-VC 12 y 16. Colectada en las coordenadas 19°46' N y 99°30' O, Las Cascadas, Villa del Carbón, Estado de México (Ramírez-Vázquez y Cantoral-Uriza 2003).

Vaucheria sp. indet 18: Colectada en Alta Empresa, Lerma, Estado de México (Ortega 1984; Ortega *et al* 1995).

Vaucheria sp. indet 19: Colectada en el Lago de Texcoco, Estado de México (Ortega 1984; Ortega *et al* 1995).

Vaucheria sp. indet 20: Colectada en un arroyo ubicado a 2618 m.s.n.m. en un bosque de pino-encino creciendo de forma bentónica sobre cieno y rocas (Anexo 7, Tabla 40). La temperatura del aire era de 20 °C. Los parámetros fisicoquímicas del agua fueron: temperatura de 11°C; pH medianamente ácido (5.8); alcalinidad de 35 mg/L CaCO₃ y dureza de 133 mg/L CaCO₃ por lo que puede clasificarse como moderadamente dura; muy oxigenada (7.8 mg/L O₂) (Anexo 8, Figs 148-158) (Gama-Flores *et al.* 2010). Las coordenadas y ubicación geográfica del sitio son: 19°18'25" N y 100°0'22" O, El Arenal, Amanalco, Estado de México (Exploración 17).

Vaucheria sp. indet 21: Colectada en un arroyo ubicado a 2310 m.s.n.m. en un bosque de pino-encino creciendo de forma bentónica sobre cieno y rocas (Anexo 7, Tabla 40). La temperatura del aire era de 19 °C. Los parámetros fisicoquímicas del agua fueron: temperatura de 15°C; pH medianamente ácido (5.7); alcalinidad de 42 mg/L CaCO₃ y dureza de 129 mg/L CaCO₃ por lo que puede clasificarse como moderadamente dura;

hiperoxigenada (8.4 mg/L O₂) (Anexo 8, Figs 148-158) (Gama-Flores *et al.* 2010). Las coordenadas y ubicación geográfica del sitio son: 19°18'25"N y 100°0'22"O, Arroyo en el Cerro Cuate, Amanalco, Estado de México (Exploración 18).

Vaucheria sp. indet 22: Colectada en un arroyo ubicado a 2827 m.s.n.m. en un bosque de pino-encino creciendo de forma bentónica sobre cieno y rocas (Anexo 7, Tabla 40). La temperatura del aire era de 20 °C. Los parámetros fisicoquímicas del agua fueron: temperatura de 10°C; pH medianamente ácido (5.5); alcalinidad de 100 mg/L CaCO₃ y dureza de 120 mg/L CaCO₃ por lo que puede clasificarse como moderadamente dura; hiperoxigenada (14 mg/L O₂) (Anexo 8, Figs 148-158) (Gama-Flores *et al.* 2010). Las coordenadas y ubicación geográfica del sitio son: 19°18'25"N y 100°0'22"O, Arroyo la Garrapata, Amanalco, Estado de México (Exploración 19).

Vaucheria sp. indet 23: Colectada en un arroyo ubicado entre los 2312 y 2623 m.s.n.m. en un bosque de pino-encino creciendo de forma bentónica sobre cieno y rocas (Anexo 7, Tabla 40). La temperatura del aire era de entre 18 y 23 °C. Los parámetros fisicoquímicas del agua fueron: temperatura de entre 9 y 15°C; pH medianamente ácido (5.5 a 5.6); alcalinidad de entre 35 y 40 mg/L CaCO₃ y dureza de entre 141 y 145 mg/L CaCO₃ por lo que puede clasificarse como moderadamente dura; hiperoxigenada (8.2 a 9.2 mg/L O₂) (Anexo 8, Figs 148-158) (Gama-Flores *et al.* 2010). Las coordenadas y ubicación geográfica del sitio son: 19°18'25"N y 100°0'22"O, Río la Cascada, Amanalco, Estado de México (Exploración 20).

Vaucheria sp. indet 24: Colectada en la caída de agua de un río ubicado a 2800 m.s.n.m. en un bosque de pino creciendo de forma aérea-metafítica sobre una roca (Anexo 7, Tabla 40). Se encontró asociada a musgo, algas verdes filamentosas, cianobacterias y al protozoario *Vorticella*. La temperatura del aire era de 24°C y la del agua de 15.5°C. El sitio de colecta se encuentra en las Cascadas Catidey, Santa Ana Jilotzingo, Estado de México (Exploración 1).

Vaucheria sp. indet 25: El material de herbario corresponde a FCME-PTM 1005. Colectada en Punta San Telmo, Michoacán.

Vaucheria sp. indet 26: El material de herbario corresponde a IZTA 1766, 1774, 1791, 1801 y 1802. Colectada en un arroyo de manantial entre los 771 y 803 m.s.n.m. en medio de la selva baja caducifolia creciendo de forma bentónica-metafítica, sumergida o subaérea, sobre cieno, grava y rocas (Anexo 7, Tabla 40). Se encontró asociada a cianobacterias, diatomeas, peces, odonatos y gasterópodos. La temperatura del aire en la zona oscilaba entre los 28 y 31 °C. Los parámetros fisicoquímicas del agua fueron: temperatura de entre 26 y 29°C; pH ligeramente ácido (6.7) a ligeramente alcalino (7.8); alcalinidad de 185 a 283 mg/L CaCO₃ y dureza de 873 mg/L CaCO₃ por lo que puede clasificarse como muy dura; de ligeramente oxigenada (2.2 mg/L O₂) a muy oxigenada (7.4 mg/L O₂) (Gama-Flores *et al.* 2010); con concentraciones de 0.3 mg/L NO₃⁻, 1.63 a 2.01 mg/L NH₄⁺ y de 1.1 mg/L de FSR; con conductividad baja a muy alta (62 a 1897 µS) (Anexo 8, Figs 148-158). Las coordenadas y ubicación geográfica del sitio son: 18°28'48" N y 99°9'10" O, Los Manantiales, Tlalquiltenango, Morelos (Exploraciones 9, 27, 30 y 35).

Vaucheria sp. indet 27: El material de herbario corresponde a IZTA 1803. Colectada en un manantial en la cabecera municipal de Talea de Castro, Oaxaca. Creciendo de forma subaérea sobre cieno y sustrato artificial (Anexo 7, Tabla 40) (Exploración 34).

Vaucheria sp. indet 28: El material de herbario corresponde a IZTA 1804. Colectada en un río cercano a Talea de Castro, Oaxaca (Exploración 33).

Vaucheria sp. indet 29: Colectada en la cabecera municipal de Talea de Castro Oaxaca (Exploración 31).

Vaucheria sp. indet 30: El material de herbario corresponde a FCME-PAP 289. Colectada en las coordenadas 18°21.48' N y 97°14.28' O, San Sebastián, Tehuacán, Puebla (Novelo 1988).

Vaucheria sp. indet 31: El material de herbario corresponde a FCME-PAP 887, 888, 892, 896 y 897. Colectada en las coordenadas 18°52.48' N y 97°51.85' O, San Hipólito, Xochiltlenango, Puebla (Novelo 1988).

Vaucheria sp. indet 32: El material de herbario corresponde a FCME-PAP 932. Colectada en las coordenadas 18°30.50' N y 97°27.05' O, Francisco I. Madero, Puebla (Novelo 1988).

Vaucheria sp. indet 33: El material de herbario corresponde a FCME-PAP 1053. Colectada en las coordenadas 18°22.44' N y 97°18.77' O, El Humilladero, Altepeji, Puebla (Novelo 1988).

Vaucheria sp. indet 34: El material de herbario corresponde a FCME-PAP 953. Colectada en el Río el Gavilán, Puebla (Novelo 1988).

Vaucheria sp. indet 35: Colectada en las coordenadas 18°16'21" y 97°29'14", Tilapa, Zapotitlán, Puebla (Exploración 24).

Vaucheria sp. indet 36: El material de herbario corresponde a ENCB s/n. Colectada en Playa Caletilla, Cozumel, Quintana Roo.

Vaucheria sp. indet 37: El material de herbario corresponde a MEXU 102 y 165 e IZTA 1723. Colectada en la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.

Vaucheria sp. indet 38: Colectada en Veracruz (Ortega 1984; Ortega *et al.* 1994).

Comentarios sobre poblaciones indeterminadas: Las poblaciones no determinadas de *Vaucheria* se distribuyen ampliamente en el territorio nacional y ocupan ambientes tan distintos como el marino y el dulceacuícola. Además es interesante que *V. sp. indet. 26* fue colectada asociada a selva baja caducifolia lo que no se ha reportado para otras especies (ver Anexo 7, Tabla 40). También el agua presentaba una alcalinidad, dureza, concentración de amonio y temperatura del agua mayor que otras poblaciones de *Vaucheria* en México y que supera al rango reportado para muchas especies del género (10-15°C) (Ott y Oldham-Ott 2003). Por otro lado *V. sp. indet. 20, 21, 22 y 23* fueron colectadas en pH relativamente bajo y *V. sp. indet. 10* en una alcalinidad relativamente mayor. Estas poblaciones deberían estudiarse más en detalle ya que por el ambiente distinto que ocupan

podrían representar especies distintas a las reconocidas en este estudio. Por lo pronto, la secuenciación parcial del gen *rbcL* de *V. sp. indet* 26 sugiere que esta población es parcialmente afín a *V. schleicheri* por lo que podría tratarse de una nueva especie para la ciencia. Sin embargo en cultivo esta cepa no produjo estructuras reproductivas y no se pudo mantener por periodos largos de tiempo posiblemente debido a que tiene requerimientos diferentes al resto de las especies cultivadas en el presente estudio, por lo que no fue posible lograr su aislamiento unialgal y completar la secuenciación.

Comentarios finales: Como se puede apreciar en el apartado taxonómico anterior, las secciones de *Vaucheria* más ampliamente distribuidas y reportadas en el mundo (Rieth 1980; Entwistle 1998a) también se encuentran en México por lo que la diversidad a nivel de secciones se encuentra bien representada en nuestro país.

Por otro lado el patrón de distribución general de *Vaucheria* en México ha sido amplio en los últimos 160 años. El mayor número de registros se encuentra en la zona centro del país. Muchos de los registros fuera de esta área corresponden a poblaciones marinas y los registros de poblaciones dulceacuícolas más alejados del centro son escasos. Además los registros que existen para Guanajuato, Hidalgo y la Ciudad de Oaxaca, tienen una antigüedad de más de 50 años; por lo que es necesario redescubrir estas poblaciones.

La distribución restringida en el país de las especies dulceacuícolas puede explicarse de varias maneras. Una de ellas es que en el centro del país ha habido un mayor número de exploraciones ficológicas donde se ha reconocido *Vaucheria*. Por otro lado ese patrón también podría ser debido a procesos geológicos, como glaciaciones, con la subsiguiente desertificación de la zona norte del país y el aumento de la temperatura, lo cual ha generado las islas de bosques de pinos y su amplia diversidad en zonas montañosas de México (Millar 1993). Estos bosques son un tipo de vegetación al cual se encuentran asociadas muchas poblaciones de *Vaucheria* en el país, estando adaptadas a condiciones de baja temperatura y por lo que también podrían estar en peligro debido al cambio climático junto con los bosques templados de México (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez 1998).

Considerar a las poblaciones de *Vaucheria* en bosques templados del país como relictos de la era glacial, podría implicar que las poblaciones mexicanas dulceacuícolas provienen del norte del continente, por lo cual la flora del género en México debería tener una afinidad con la de Estados Unidos y Canadá. Por lo pronto este enfoque se ve reflejado en la especies marinas registradas por Mendoza-González *et al.* (2008) para México, las cuales tienen una amplia distribución en las costas del Pacífico Norteamericano. Otra hipótesis es un origen antiguo para las especies de *Vaucheria*, las cuales presentaron bajas tasas de mutación (Andersen y Bailey 2002) posteriormente a su aparición, sobre todo en los genes implicados en la morfogénesis de las estructuras reproductivas, tras lo cual pudieron tener una amplia expansión a nivel mundial y finalmente, al cambiar el ambiente, quedar reducidas sus poblaciones a islas en zonas con condiciones favorables. Esta hipótesis puede fundamentarse en el probable antiguo origen del género, antes del Cámbrico, sugerido por la evidencia de fósiles parecidos a los organismos actuales reportados por Butterfield (2004), Andersen (2009) y Kumar *et al.* (2009). Este origen arcaico permitiría a estos organismos expandirse a nivel mundial en un largo periodo de tiempo, surgiendo nuevas

especies con poblaciones que posteriormente fueron aisladas, pero que al tener una baja tasa de mutación conservaron un genotipo y fenotipo para la especie. Esta uniformidad genética y morfológica se ha observado en poblaciones de la misma especie separadas geográficamente, incluso en distintos continentes (Andersen y Bailey 2002). Sin embargo sería de gran importancia corroborar esta teoría con datos del registro fósil más recientes para reconocer el origen temporal de las especies actuales. Una última posibilidad es que las especies no tengan un origen tan antiguo, pero que los métodos de dispersión y resistencia de sus esporas les permitan transportarse grandes distancias pudiendo colonizar sitios favorables incluso en distintos continentes. Poco se sabe sobre la dispersión de las esporas de estas algas pero recientemente Schneider y McDevit (2002) y Schneider *et al.* (2008) han reportado que ellas poseen una capacidad alta de sobrevivir al estrés ambiental germinando tras un año de latencia, pudiendo ser acarreadas por corrientes de agua, en las patas y estómagos de aves, e incluso al ser ingeridas por lombrices, sobrevivir al paso por sus sistema digestivo, ser llevadas las excretas a la superficie del suelo, secarse y finalmente ser transportadas por el viento junto con las esporas.

Para sustentar estas hipótesis es de gran importancia ampliar la información sobre diversidad específica y de distribución del género en México. Esto podrá llevarse a cabo, consultando un mayor número de colecciones científicas, realizando nuevas exploraciones y corroborando la identidad de las poblaciones no identificadas, que por distribuirse en hábitats heterogéneos entre sí, podrían tratarse de *taxa* independientes. De mucho interés son las poblaciones marinas no identificadas en el Golfo de México y Mar Caribe. En el caso de tener afinidad con el resto de Norteamérica, ellas podrían pertenecer a especies como *V. velutina*, *V. longicaulis* y *V. litorea*, las cuales han sido reportadas para Florida y otros estados de la costa oriental de Estados Unidos (Ott y Hommersand, 1974; Gallagher y Humm 1981). El descubrimiento de *V. litorea* en el Golfo de México y Mar Caribe, acompañada de la babosa marina *Elysia chlorotica*, podría favorecer la colaboración internacional en la investigación sobre la importante relación simbiótica que tienen los cloroplastos del alga con el animal, en cuanto a transferencia de genes requeridos para la fotosíntesis (Schwartz *et al.* 2010). Esta colaboración podría llevarse a cabo en laboratorios nacionales con tecnología de última generación como el LANGEBIO (Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad).

La información obtenida hasta ahora, sumada a la que se obtenga en el futuro, será de gran valor no solo para analizar la biogeografía y evolución del género en México, sino también a nivel mundial. Por ello esta información debe divulgarse participando en proyectos internacionales como AlgaeBase, una base de datos en línea sobre los *taxa* de algas. De hecho se observa una falta de registros para Sudamérica y África, aunque debería de realizarse un mayor esfuerzo de colecta en dichos sitios para detectar *Vaucheria*, ya que muchas especies tienen una amplia distribución (Rieth 1980) y además se ha registrado en México que estas algas pueden sobrevivir incluso en zonas desérticas y tropicales (*Vaucheria canalicualris* de Tilapa y *Vaucheria indet. sp. 26*) como las que ocurren en dichos continentes.

CONCLUSIONES

- En nuestro país el género *Vaucheria* se ha registrado en ambientes costeros y dulceacuícolas que se localizan en bosques templados, matorral xerófilo y selva baja caducifolia.
- Al establecer cultivos de *Vaucheria* se obtuvieron estructuras reproductoras que son imprescindibles para la determinación taxonómica y secuencias de ADN para el estudio filogenético de las poblaciones. Con la metodología empleada se obtuvieron cultivos unialgales de siete especies.
- El porcentaje de variación mayor a 1.66% en las secuencias del gen *rbcL* y sus espaciadores se considera como punto de partida para reconocer especies distintas en *Vaucheria*.
- En México se había reportado anteriormente a *Vaucheria geminata*, *V. fontinalis*, *V. bursata* (= *V. sessilis*), *V. prona*, *V. velutina* y *V. longicaulis*. Con el presente estudio se agregan al listado seis *taxa*: *V. borealis*, *V. aff. dillwynii*, *V. repens*, *V. zapotecana*, *V. canalicularis* y *V. aversa*. El registro de las últimas seis especies antes mencionadas extiende la distribución conocida del género en el continente americano y en zonas tropicales. A su vez el intervalo de variación morfológica de estos *taxa* se amplía.
- *V. zapotecana* es una nueva especie descubierta durante este trabajo. Con esto el número de especies en el mundo aumenta a 88.
- Treinta y ocho poblaciones de *Vaucheria* en el país permanecen sin determinación a nivel de especie.
- Con los nuevos registros de especies, México se ubica entre los lugares 18 y 20 en cuanto a riqueza específica del género; teniendo mayor número de especies que Austria, Italia, Brasil, Finlandia, Sudáfrica y Rusia. Anteriormente se ubicaba entre los sitios 33 y 37.
- De 1872 al presente estudio se han registrado poblaciones de *Vaucheria* en los estados de México (19 registros), Puebla (10), el Distrito Federal (6), Oaxaca (5), Hidalgo (4), Campeche (3), Baja California (2), Guanajuato (2), Jalisco (2), Morelos (2), San Luis Potosí (2), Baja California Sur (1), Colima (1), Guerrero (1), Michoacán (1), Quintana Roo (1), Sinaloa (1), Sonora (1) y Veracruz (1). En el resto de los estados no se encontraron registros por lo que la exploración del territorio aún es baja.
- El Estado de México es el que cuenta con mayor número de especies registradas posiblemente por el mayor esfuerzo de colecta realizado en la zona. Las entidades federativas en que sólo se ha reportado una especie son: Baja California, Guanajuato, Guerrero, Jalisco y Morelos.

RECOMENDACIONES

- La preservación del material de *Vaucheria* en formol al 4% o en preparaciones es recomendable ya que el secado y prensado del material deforma las estructuras reproductivas impidiendo su estudio posterior.
- En un futuro podrían consultarse un mayor número de herbarios en México para estudiar el material de *Vaucheria* que pueda existir en ellos y así conocer más sobre la distribución del género en el país.
- Puede evaluarse la posibilidad de extraer ADN de materiales de herbarios nacionales y de otros países para corroborar su identidad taxonómica.
- En caso de solo existir lectotipos o que no sea posible extraer ADN del material tipo, se recomienda establecer epitipos a partir de cultivos de material de la localidad tipo y que concuerden con la descripción morfológica de las especies.
- Es necesario estudiar más ampliamente caracteres como la presencia y color de puntos de pigmento en la oóspora, producción de metabolitos secundarios, la ultraestructura del endosporio, la posición y ultraestructura del sitio de germinación del cigoto, la morfología y ocurrencia de las estructuras de reproducción asexual, todo esto en varias poblaciones filogenéticamente afines y de distintos sitios, así como corroborar su estabilidad bajo distintas condiciones de cultivo para evaluar su utilidad como caracteres diagnósticos.
- Con el fin de determinar de manera más adecuada las condiciones ambientales que prefiere cada especie del género es necesario estudiar más poblaciones provenientes de distintos sitios y temporadas, caracterizarlas morfológica y filogenéticamente, así como medir en todas las colectas la totalidad de los parámetros ambientales previstos para poder llevar a cabo análisis estadísticos.
- México puede participar en la secuenciación del gen *rbcL* de especies aún no estudiadas filogenéticamente como *V. velutina*, *V. fontinalis* y *V. longicaulis* y corroborar así su identidad taxonómica.
- Es necesario estudiar morfológica y molecularmente material de localidades tipo de distintas especies y sobre todo que pertenezcan a secciones del género aún no estudiadas (*Androphorae*, *Acrandrae* y *Hercynianae*), con pocas especies secuenciadas (*Piloboloideae*, *Tubuligerae*, *Vaucheria*, *Woroninia*) o problemáticas (p.e. *Corniculatae* y *Racemosae*) para comprobar que todas las secciones y especies son monofiléticas, además de establecer mejores hipótesis sobre las relaciones entre ellas.
- Estudiar las relaciones filogenéticas de las especies de *Vaucheria* con un enfoque multigen como el de Maistro *et al.* (2009) y Rybalka (2009) usado para otras Xanthophyceae podría mejorar el soporte de las hipótesis filogenéticas tanto a nivel de especie como de secciones.
- La presencia de varias poblaciones morfológicamente afines a *V. bursata* en el país abre una importante posibilidad de estudiar las especies crípticas (p.e. *V. repens* y *V. aff. dillwynii*) que se han sugerido por Andersen y Bailey (2002) y Linne von Berg y Kowallik (1996). Estudios que incluyan aspectos morfológicos, ecológicos y moleculares también deberían de realizarse en otros países donde se han encontrado estos organismos para resolver el problema del complejo *V. bursata*.
- Con el fin de evitar el laborioso proceso de aislamiento unialgal de los organismos de *Vaucheria* para obtener secuencias de ADN, podrían diseñarse primers más específicos

para el género, clonar fragmentos de interés o bien emplear métodos de metagenómica que además permitirán reconocer de manera más rápida las comunidades a las que pertenecen los miembros del género.

- Es necesario continuar ampliando los esfuerzos de estudio de este género en otros países en vías de desarrollo ya que se cuenta con muy poca información de la diversidad en ellos y podría ser más alta de lo que se conoce actualmente ya que por ejemplo en México se han encontrado poblaciones en ambientes tropicales. Esto también permitirá conocer mejor la biogeografía de las especies.
- Las exploraciones ficológicas para conocer la distribución y diversidad de *Vaucheria* deben extenderse en otros estados de la república, principalmente en el norte y en los estados sin registros o con registros sin determinación específica.
- La información sobre la distribución y biodiversidad del género en México puede ser difundida ampliamente a través de la web en páginas como Algaebase.
- El reconocimiento adecuado de las especies dentro del complejo *V. bursata* (*V. bursata*, *V. repens* y *V. aff. dillwynii*) es importante ya que algunas podrían presentar aspectos de interés biotecnológico como la producción de antibióticos.

REFERENCIAS

Las referencias en negritas fueron empleadas para la elaboración de los mapas de las figuras 24 y 25.

- ABBOTT I.A. Y HOLLENBERG G.J. 1976. *Marine algae of California*. Stanford University Press, Stanford, California. pp. 827.
- ABOAL M. 1987. *Flora algal epicontinental de la cuenca del río Segura, SE de España*. Tesis Doctoral, Facultad de Biología, Universidad de Murcia. 350 pp.
- ABOAL M. 1989a. Aportación al conocimiento de las algas epicontinentales del SE de España. V. Xantoficeas (Xanthophyceae P. Allorge y Fritsch, 1935). *Boletim da Sociedade Broteriana, II série* 2: 239-248.
- ABOAL M. 1989b. Flora Algal del Río Benamor (Cuenca del Segura, SE de España). *Limnética* 5: 1-11.
- ABOAL M. 1996. Bentos vegetal. Flora y vegetación algal. En: *Las Tablas de Daimiel. Ecología Acuática y Sociedad* (Ed. por M. Alvarez-Cobelas y S. Cirujano), pp. 117-128. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- ABOAL M. 2003. *Vaucheria undulata* Jao 1936 (Vaucheriaceae, Xanthophyceae) nueva cita para la flora algal epicontinental española. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 60: 215-216.
- ABOAL M. Y LLIMONA X. 1984a. Aportación al estudio algológico del sistema de Sierras de Ponce y Quipar (NO de Murcia, SE de España). *Anales Biología* 2: 1-17.
- ABOAL M. Y LLIMONA X. 1984b. Aportaciones al conocimiento de la flora del río Mula, Murcia, SE de España. *Limnética* 1: 141-147.
- ABOAL M., PAREDES A. Y MARÍN-MURCIA J.P. 2008. Algas subaéreas del marjal de Pego-Oliva, Este de la Península Ibérica. *Algas, Boletín de la Sociedad Española de Ficología* 40:4.
- ACLETO C.O. Y ZÚÑIGA R.A. 1998. *Introducción a las algas*. Ed. Escuela Nueva, Lima, Perú. 383 pp.
- ADAMS J. 1907. The seaweeds of the Antrim coast. *Scientific Papers of the Ulster Fisheries and Biology Association* 1: 29-37.
- ADL S.M., SIMPSON A.G.B., LANE C.E., LUKEŠ J., BASS D., BOWSER S.S., BROWN M.W., BURKI F., DUNTHORN M., HAMPL V., HEISS A., HOPPENRATH M., LARA E., GALL L.L., LYNN D.H., MCMANUS H., MITCHELL E.A.D., MOZLEY-STANRIDGE S.E., PARFREY L.W., PAWLOWSKI J., RUECKERT S., SHADWICK L., SCHOCH C.L., SMIRNOV A. Y SPIEGEL F.W. 2012. The Revised Classification of Eukaryotes. *Journal Eukaryotic Microbiology* 59: 429-493.
- AGARDH C.A. 1812. *Dispositio algarum Sueciae*. Litteris Berlingianis, Lund. 45 pp.
- AGARDH C.A. 1823. *Species algarum rite cognitae, cum synonymis, differentiis specificis et descriptionibus succinctis*. Ex Officina Berlingiana, Lund. 531 pp.
- AGARDH C.A. 1824. *Systema Algarum*. Litteris Berlingianis, Lund. 312pp.
- ALESSA L. Y OLIVEIRA L. 2001. Aluminum toxicity studies in *Vaucheria longicaulis* var. *macounii* (Xanthophyta, Tribophyceae). I. Effects on cytoplasmic organization. *Environmental and Experimental Botany* 45: 205-222.
- ÁLVAREZ-COBELAS M. 1984. Catálogo de las algas continentales españolas. II. *Craspedophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Haptophyceae, Phaeophyceae, Rhodophyceae, Xanthophyceae*. *Acta Botánica Malacitana* 9: 27-40.
- AMIROWICZ A. 1981a. The natural environment of the Bolechowicki Stream and the problems connected with its protection. *Chronmy Przyrode Ojczyzna* 37: 17-24.
- AMIROWICZ A. 1981b. *Vaucheria canalicularis* (L.) Christensen 1968 from the Bolechowicki Stream near Cracow (Southern Poland). *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 26: 354-362.
- AMIROWICZ A. 1986. *Vaucheria* species in the neighbourhood of Cracow. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 29: 465-475.
- ANDERSEN R.A. 2009. Meeting Report: Seventh International Chrysophyte Symposium. An International Meeting at Connecticut College, New London, CT, USA; June 22—26, 2008. *Protist* 160: 5-8.
- ANDERSEN R.A. Y BAILEY J.C. 2002. Phylogenetic analysis of 32 strains of *Vaucheria* (Xanthophyceae) using the *rbcL* gene and its two flanking spacer regions. *Journal of Phycology* 38: 583-592.
- APHA, AWWA Y WPFC. 1995. *Standard methods for the examination of water and waste water*. 20a ed. American Public Health, Washington, USA, 1269 pp.

- ARAUJO R., BÁRBARA I., TIBALDO M., BERECIBAR E., DIAZ-TAPIA P., PEREIRA R., SANTOS R. Y SOUSA-PINTO I. 2009. Checklist of benthic marine algae and cyanobacteria of northern Portugal. *Botanica Marina* 52: 24-46.
- BAILEY F.M. 1893. Contributions to the Queensland Flora. Queensland Freshwater Algae. *Qld. Dep. Agric. Bull. No. 20 (Bot. Bull. No. 6)*.
- BAILEY F.M. 1895. Contributions to the Queensland Flora. Queensland Freshwater Algae. *Qld. Dep. Agric. (Bot. Bull. No. 11)*.
- BAILEY F.M. 1913. Comprehensive Catalogue of Queensland Plants, both Indigenous and Naturalised. Qld. Govt. Printer, Brisbane.
- BÁRBARA I. Y CREMADES J. 1996. Seaweeds of the Ría de A Coruña (NW Iberian Peninsula, Spain). *Botanica Marina* 39: 371-388.
- BÁRBARA I., CALVO S., CREMADES J., DÍAZ P., DOSIL J., PEÑA V., LÓPEZ-VARELA C. Y NOVO T. 2003. Fragmenta chorologica occidentalia, Algae, 8641-8747. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 60: 409-416.
- BÁRBARA I., CREMADES J. Y PÉREZ-CIRERA J.L. 1995. Zonación de la vegetación bentónica marina en la Ría de A Coruña (N.O. de España). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 5: 5-23.
- BÁRBARA I., CREMADES J., CALVO S., LÓPEZ-RODRÍGUEZ M.C. Y DOSIL J. 2005. Checklist of the benthic marine and brackish Galician algae (NW Spain). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 62: 69-100.
- BÁRBARA I., CREMADES J., VEIGA A.J., LÓPEZ-VARELA C., DOSIL J., CALVO S., PEÑA V. Y LÓPEZ-RODRÍGUEZ M.C. 2002. Fragmenta Chorologica Occidentalia, Algae, 7814-7892. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 59: 292-297.
- BÁRBARA I., DIAZ P., CREMADES J., TIBALDO M., FREIRE O., PEÑA V., LAGOS V., CALVO S., VEIGA A.J., PETEIRO C., LÓPEZ RODRIGUEZ M.C. Y ARAUJO R. 2005. Adiciones corológicas a la flora bentónica marina del norte de la Península Ibérica. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 14: 83-88.
- BÁRBARA I., DIAZ-TAPIA P., PETEIRO C., BERECIBAR E., PEÑA V., SÁNCHEZ N., TAVARES A.M., SANTOS R., SECILLA A., RIERA-FERNÁNDEZ P., BERMEJO R. Y GARCÍA V. 2012. Nuevas citas y aportaciones corológicas para la flora bentónica marina del Atlántico de la Península Ibérica. *Acta Botánica Malacitana* 37: 5-32.
- BARRIOS J. 2011. Catálogo de Cyanobacteria y Macroalgas de Cumaná, Estado Sucre, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 50: 85-101.
- BEHRE K. 1961. Die Algenbesiedlung der Unterweser unter Berücksichtigung ihrer Zuflüsse. *Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven* 7: 71-263.
- BEN-MAIZ N., BOUDOURESQUE C.F. Y QUAHCHI F. 1987. Inventaire des algues et phanérogames marines benthiques de la Tunisie. *Giornale Botanico Italiano* 121: 259-304.
- BERKELEY M.J. 1832. *Gleanings of British algae; being an appendix to the supplement to English Botany*. C.E. Sowerby, Londres. 50 pp.
- BHATTACHARYA D., PELLETREAU K.N., PRICE D.C., SARVER K.E. Y RUMPHO M.E. 2013. Genome analysis of *Elysia chlorotica* egg DNA provides no evidence for horizontal gene transfer into the germline of this kleptoplastic mollusc. *Molecular Biology and Evolution*. 30: 1843-1852.
- BIRD C.J., EDELSTEIN T. Y MCLACHLAN J. 1976. Investigations of the marine algae of Nova Scotia. XII. The flora of Pomquet Harbour. *Canadian Journal of Botany*. 54: 2726-2737.
- BLUM J.L. 1951. Notes on the Vaucheriaceae with Particular Reference to Western New York. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 78: 441-448.
- BLUM J.L. 1953. The Racemose Vaucheriae with Pendent Oogonia. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 80: 478-497.
- BLUM J.L. 1960. A new *Vaucheria* from New England. *Transactions of the American Microscopical Society* 79: 298-301.
- BLUM J.L. 1971. Notes on American Vaucheriae. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 98: 189-194.
- BLUM J.L. 1972. Vaucheriaceae. *North American Flora Series II* 8: 1-64.
- BLUM J.L. Y CONOVER J.T. 1953. New or noteworthy Vaucheriae from New England salt marshes. *The Biological Bulletin*. 105: 305-401.
- BLUM J.L. Y WOMERSLEY H.B.S. 1955. A new *Vaucheria* from Australia. *American Journal of Botany* 42: 713-717.
- BOJORGE-GARCÍA M., CARMONA J., BELTRÁN Y. Y CARTAJENA M. 2010. Temporal and spatial distribution of macroalgal communities of mountain streams in Valle de Bravo Basin, central Mexico. *Hydrobiologia* 641: 159-169.

- BOLD H.C. 1973. *Morphology of plants*. Harper International Edition, Singapur. 668 pp.
- BOLD H.C. Y WYNNE M.J. 1978. *Introduction to the algae: structure and reproduction*. Prentice Hall, Princeton, Nueva Jersey. 706 pp.
- BONILLA-RODRÍGUEZ M., GARDUÑO-SOLÓRZANO G., MARTÍNEZ-GARCÍA M., CAMPOS J.E., MONSALVO-REYES A.C. Y QUINTANAR-ZÚÑIGA R.E. 2013. *Vaucheria zapotecana* (Xanthophyceae), a new species from Oaxaca, Mexico. *Phycologia* 52: 550-556.
- BORGE O.F. 1896. Australische Süßwasserchlorophyceen. *Bihang till Kongliga Svenska Vetenskap Akademiens Handlingar* 22: 1-32.
- BORGE O.F. 1901. Süßwasseralgen aus Süd-Patagonien. *Bihang till Kongliga Svenska Vetenskap Akademiens Handlingar* 27: 1-40.
- BØRGESSEN F. 1898. Nogle Ferskvandsalger fra island. *Botanisk Tidsskrift* 22: 131-138.
- BOSTOCK P.D. Y HOLLAND A.E. 2010. *Census of the Queensland Flora. Queensland Herbarium Biodiversity and Ecosystem Sciences, Department of Environment and Resource Management, Brisbane. 320 pp.*
- BOURRELLY P. 1981. *Les Algues d'eau douce: Initiation à la Systématique*. Éditions N. Boubée et C^{ie}, Paris. 517 pp.
- BRAVO-HOLLIS H. 1936. Observaciones florísticas y geobotánicas en el Valle de Actopan. *Anales del Instituto de Biología UNAM* 7: 169-233.
- BROWN H.J. 1929. The Algal Family Vaucheriaceae. *Transactions of the American Microscopical Society*. 48: 86-117.
- BUTTERFIELD N.J. 2004. A vaucheriacean alga from the middle Neoproterozoic of Spitsbergen: implications for the evolution of Proterozoic eukaryotes and the Cambrian explosion. *Paleobiology* 30: 231-252.
- CALVO S. Y BÁRBARA I. 2000. *Vaucheria synandra* (Vaucheriales, Heterokontophyta), novedad para el noroeste de la Península Ibérica. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 57: 394-396.
- CALVO S. Y BÁRBARA I. 2002. Algas bentónicas de las marismas de Ortigueira, Betanzos, Baldaio y Corrubedo (Galicia, España). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 12: 5-34.
- CALVO S. Y BÁRBARA I. 2004. *Vaucheria* species from Galician salt-marshes (NW Spain). *Algological Studies* 3: 105-114.
- CALVO S., BÁRBARA I. Y CREMADES J. 1999. Benthic algae of salt-marshes (Corrubedo Natural Park, NW Spain): the flora. *Botanica Marina* 42: 343-353.
- CAMBRA J. 1992. Notes algologiques II: Contribució al coneixement del gènere *Vaucheria* (Tribophyceae). *Orsis* 7: 3-10.
- CANTORAL-URIZA E.A. Y ABOAL-SANJURJO M. 2001. El marjal Pego-Oliva: evolución temporal de la flora de macroalgas. *Limnetica* 20: 159-171.
- CARAUS I. 2002. The algae of Romania. *Studii si Cercetari, Universitatea Bacau, Biologie* 7: 1-694.
- CARAUS I. 2012. *Algae of Romania. A distributional checklist of actual algae*. Universitea Bacau, Bacau. 809 pp.
- CARMONA-JIMENEZ J. Y MONTEJANO-ZURITA G. 1993. Caracterización ficológica en manantiales de la cuenca baja del sistema hidrológico del Pánuco, México. *Bol. Soc. Bot. México* 53: 21-41.
- CASSIE V. 1984. Revised Checklist of the Freshwater Algae of New Zealand (Excluding Diatoms and Charophytes). Part II. Water and Soil Publication No. 26. National Water and Soil Conservation Organization, Wellington. 250 pp.
- CASTAGNE L. 1851. *Supplément au catalogue des plantes qui croissent naturellement aux environs de Marseille*. Aix. 125 pp.
- CAVALIER-SMITH T. 2010. Kingdoms Protozoa and Chromista and the eozoan root of the eukaryotic tree. *Biology Letters* 6: 342-345.
- CHAPMAN V.J. 1937. A revision of the marine algae of Noriblk. *Journal of the Linnean. Society, Botany* 51: 205-263.
- CHAPMAN V.J. 1956. The marine algae of New Zealand. Part I. Myxophyceae and Chlorophyceae. *Journal of the Linnean Society of London, Botany* 55: 333-501.
- CHAPMAN V.J., THOMPSON R.H. Y SEGAR E.C.M. 1957. Checklist of the fresh-water algae of New Zealand. *Trans. R. Soc. N.Z.* 84: 695-747.
- CHRISTENSEN T. 1952. Studies on the genus *Vaucheria*. I. A list of finds from Denmark and England with notes on some submarine species. *Botanisk Tidsskrift* 49: 171-188.
- CHRISTENSEN T. 1956. Studies on the genus *Vaucheria*. III. Remarks on some species from brackish water. *Botaniska Notiser* 109: 275-280.

- CHRISTENSEN T. 1968. *Vaucheria* types in the Dillenian Herbaria. *British Phycological Bulletin* 3: 463-469.
- CHRISTENSEN T. 1969. *Vaucheria* collections from Vaucher's region. *Biol. Skr.* 16: 1-36.
- CHRISTENSEN T. 1970. *Vaucheria prona*, a new name for a common alga. *Botanisk Tidsskrift* 65: 245-251.
- CHRISTENSEN T. 1973. Some early *Vaucheria* descriptions. *Bot. Notiser.* 126: 513-18.
- CHRISTENSEN T. 1986. Observations on *Vaucheria* sect. *Heeringia* (Tribophyceae), including *V. incurva* sp. nov. *Archiv für Protistenkunde* 132: 277-285.
- CHRISTENSEN T. 1987a. *Seaweeds of the British Isles. Vol. 4. Tribophyceae (Xanthophyceae)*. British Museum (Natural History), Londres, 36 pp.
- CHRISTENSEN T. 1987b. Some Collections of *Vaucheria* (Tribophyceae) from South-eastern Australia. *Australian Journal of Botany* 35: 617-629.
- CHRISTENSEN T. 1996. Variation within the *Vaucheria longicaulis* complex (Tribophyceae), including previously unknown representatives from the northern Atlantic. *European Journal of Phycology* 31: 49-52.
- CIRES-RODRÍGUEZ E. Y CUESTA-MOLINER C. 2010. Checklist of benthic algae from the Asturias coast (North of Spain). *Boletín de Ciencias de la Naturaleza RIDEA* 51: 135-212.
- COLLINS F.S. 1907. Some new Green Algae. *Rhodora* 9: 197-202.
- COLLINS F.S. 1909. The Green Algae of North America. *Tufts College Studies* 2: 79-490.
- COMAS-GONZÁLEZ A. 2008. Algunas características de la flora de algas y cianoprocariontas de agua dulce de Cuba. *Boletín de la Sociedad Española de Ficología* 39: 21-29.
- COTTON A.D. 1912. A biological survey of Clare Island in the county of Mayo, Ireland. *Marine Algae. Proceedings of the Royal Irish Academy* 31: 1-178.
- COUCH J.N. 1932. Gametogenesis in *Vaucheria*. *Botanical Gazette* 94: 272-296.
- CRIBB A.B. 1960. *Records of marine algae from south-eastern Queensland. V. University of Queensland Papers, Department of Botany* 4: 1-22.
- CRIBB A.B. 1979. Algae associated with mangroves in Moreton Bay, Queensland. En: Northern Moreton Bay Symposium (Ed. por A. Bailey y N.C. Stevens), pp. 63-69. Royal Society of Queensland, St Lucia.
- CROUAN P.L. Y CROUAN H.M. 1867. *Florule du Finistère contenant les descriptions de 360 espèces nouvelles de sporogames, de nombreuses observations et une synonymie des plantes cellulaires et vasculaires qui croissent spontanément dans ce département, accompagnées de trente-deux planches où est représentée l'organographie, faite sur l'état vif, des fruits et des tissus de 198 genres d'algues avec la plante grandeur naturelle ou réduite plus une planche supplémentaire où sont figures 24 champignons nouveaux*. Friedrich Klincksieck J.B. y A. Lefournier, Paris y Brest. 262 pp.
- CULLINANE J.P. 1969. Marine algae not previously recorded for the Limerick coast. *Irish Naturalists' Journal* 16: 229-230.
- CULLINANE J.P. 1970. New seaweed records from the Leitrim and Sligo coasts. *Irish Naturalists' Journal* 16: 393-394.
- CULLINANE J.P. 1971. Frequency and distribution of seaweeds in Cork harbour, 1966-7. *Irish Naturalists' Journal* 17: 6-8.
- CULLINANE J.P. 1972. Freshwater species of *Vaucheria* in Ireland. *Irish Naturalists' Journal* 17: 194-197.
- CULLINANE J.P. 1975. Records of the distribution of the genus *Vaucheria* in the county of Cork. *Irish Naturalists' Journal* 18: 218-219.
- CULLINANE J.P. 1978. The genus *Vaucheria* in Ireland. *Revue Algologique, Nouvelle Serie* 13: 225-240.
- DANGEARD P.J.L. 1939. Le genre *Vaucheria*, spécialement dans la région du sud-ouest de la France. *Le Botaniste* 29: 183-265.
- DANGEARD P.J.L. 1949. Les algues marines de la côte occidentale du Maroc. *Le Botaniste* 34: 89-189.
- DAY S.A., WICKHAM R.P., ENTWISLE T.J. Y TYLER P.A. 1995. Bibliographic check-list of non-marine algae in Australia. *Flora of Australia Supplementary Series* 4: 1-276.
- DE CANDOLLE A.P. 1801. Extrait d'un rapport sur les conferves. *Bulletin des Sciences par la Société Philomathique de Paris* 3: 17-21.
- DE VALÉRA M., PYBUS C., CASLEY B. Y WEBSTER A. 1979. Littoral and benthic investigations on the west coast of Ireland X. Marine algae of the northern shores of the Burren, Co. Clare. *Proceedings of the Royal Irish Academy* 79B: 259-269.

- DE WILDEMAN É. 1895. *Vaucheria schleicheri* sp. nov. *Bulletin de l'Herbier Boissier* 3: 588-592.
- DILLENIUS J.J. 1741. *Historia Muscorum*. Sheldonian Theatre, Oxford. 576 pp.
- DISCOVER LIFE. 2013. Publicación electrónica en línea, Polistes Foundation. <http://www.discoverlife.org/>; consultado el 23 de Septiembre de 2013.
- DIRZO R. 1990. La biodiversidad como crisis ecológica actual ¿qué sabemos? *Ciencias Especial* 4: 48-55.
- DUNPHY M. E., MCDEVIT D.C., LANE C.E. Y SCHNEIDER C.W. 2001. The survival of *Vaucheria* (Vaucheriaceae) propagules in desiccated New England riparian sediments. *Rhodora* 103: 416-426.
- ENTWISLE T.J. 1987. An evaluation of taxonomic characters in the subsection Sessiles, section Corniculatae, of *Vaucheria* (Vaucheriaceae, Chrysophyta). *Phycologia* 26: 297-321.
- ENTWISLE T.J. 1988a. A monograph of *Vaucheria* (Vaucheriaceae, Chrysophyta) in south-eastern mainland Australia. *Australian Systematic Botany* 1: 1-77.
- ENTWISLE T.J. 1988b. An evaluation of taxonomic characters in the *Vaucheria prona* complex (Vaucheriaceae, Chrysophyta). *Phycologia* 27: 183-200.
- ERADY N.A. 1954. A new species of *Vaucheria* from South India. *Phytomorphology* 4: 329-334.
- ETTL H. Y GÄRTNER G. 1995. *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. Gustav Fischer, Stuttgart. 721pp.
- FELDMANN J. 1954. Inventaire de la flore marine de Roscoff. Algues, champignons, lichens et spermatophytes. *Travaux Station Biologique de Roscoff, Nouvelle Série* 6: 152.
- FELDMANN J. Y MAGNE M.F. 1964. Additions a l'inventaire de la flore marine de Roscoff algues, champignons, lichens. *Travaux Station Biologique de Roscoff, Nouvelle Série* 15: 1-23.
- FERNÁNDEZ- GARCÍA M.E., SÁNCHEZ-LORENCIO M.I. Y ABOAL M. 2011. Algas Aerofíticas Epipélicas del Marjal de Pegoliva, Este de la Península Ibérica. *Acta Botánica Malacitana* 36: 169-174.
- FRENCH G.L. 2010. The continuing crisis in antibiotic resistance. *International Journal of Antimicrobial Agents* 36: S3-S7.
- FREYET P. Y VERRECCHIA E.P. 1998. Freshwater organisms that build stromatolites: a synopsis of biocrystallization by prokaryotic and eukaryotic algae. *Sedimentology* 45: 535-563.
- FRITSCH F.E. Y RICH F. 1924. Contributions to our knowledge of the freshwater algae of Africa. 5. On a Deposit of Diatomaceous Earth from Ermelo, Transvaal. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 12: 322-323.
- FUNK G. 1961. Ergänzungen und Berichtigungen zur Meeresalgenflora von Neapel. *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli* 32: 172-186.
- GALLAGHER S. B. Y HUMM H. J. 1981. *Vaucheria* (Xanthophyceae, Vaucheriaceae) of the Central Florida Gulf Coast. *Bulletin of Marine Science* 31: 184-190.
- GALLARDO T., GÓMEZ-GARRETA A., RIBERA M.A., ALVAREZ M. Y CONDE F. 1985. *A preliminary checklist of Iberian benthic marine algae*. Real Jardín Botánico, Madrid. 83 pp.
- GAMA-FLORES J.L., PAVÓN-MEZA E.L., FERNÁNDEZ-ARAIZA M.A., RAMÍREZ-PÉREZ T. Y ÁNGELES-LÓPEZ O. 2010. *Análisis de Calidad del Agua*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, México. 119 pp.
- GANESAN E.K. 1990. *A catalog of benthic marine algae and seagrasses of Venezuela*. Fondo Editorial Conicit, Caracas. 237 pp.
- GARDUÑO SOLÓRZANO G., OLIVA MARTÍNEZ M.G. Y ORTEGA M. 2009. Algas. En: *La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de estado*. (Ed. por G. Ceballos, R. List, G. Garduño-Solórzano, R. López-Cano, M. J. Muñozcano-Quintanar, E. Collado y J. Eivin-San Román), pp. 153-161. Gobierno del Estado de México, Biblioteca Mexiquense del Bicentenario, Colección mayor, Toluca de Lerdo.
- GAUTHIER-LIEVRE L. 1955. Le genre *Vaucheria* en Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord* 46: 309-339.
- GAYRAL P. 1954. *Recherches Phytolimnologiques au Maroc*. Tesis Doctoral, Université de Paris. 306 pp.
- GIACCONE G. 1969. Raccolte di fitobenthos sulla banchina continentale Italiana. *Giornale Botanico Italiano* 103: 485-514.
- GODÍNEZ J.L., ORTEGA M.M., GARDUÑO G., OLIVA M.A.G. Y VILA CLARA G. 2001. Traditional knowledge of Mexican continental algae. *Journal of Ethnobiology* 21: 57-88.

- GONZÁLEZ-COSS J. 1872. Flórula de la ciudad y partido de Silao. *Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística, segunda época* 4: 301-316.
- GONZÁLEZ-GONZÁLEZ J. Y NOVELO-MALDONADO E. 1986. Algas. En: *Manual de Herbario* (Ed. Por A. Lot y F. Chiang), pp. 47-54. Consejo Nacional de la Flora de México, México.
- GONZÁLEZ-GUERRERO P. 1942. Algas del Norte y del Centro de España. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 3: 269-278.
- GONZÁLEZ-GUERRERO P. 1945 Algas de Valencia (1ª. serie). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 5: 304-321.
- GÖTZ H. 1897. Zur Systematik der Gattung *Vaucheria* DC. speciell der Arten der Umgebung Basels. *Flora, Jena* 83: 88-134.
- GRAHAM L.E., GRAHAM J. M. Y WILCOX. L.W. 2009. *Algae*. Pearson Benjamin Cummings, E. U. A. 616 pp.
- GRANJA A., CREMADES J. Y BARBARA I. 1992. Catálogo de las algas bentónicas marinas de la Ria de Ferrol (Galicia, N.O. de la Península Ibérica) y consideraciones biogeográficas sobre su flora. *Nova Acta Cient. Compostelana (Biologia)* 3: 3-21.
- GROSS C. 1937. The Cytology of *Vaucheria*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 64: 1-15.
- GUIRY M.D. 1977. Notes on Irish marine algae 1. New records from the west Waterford coast. *Irish Naturalists' Journal* 19: 80-85.
- GUIRY M.D. 1978. *A consensus and bibliography of Irish Seaweeds*. J. Cramer, Vaduz. 287 pp.
- GUIRY M.D. 2012. *A catalogue of Irish seaweeds*. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell. 250 pp.
- GUIRY M.D. Y GUIRY G.M. 2013. *AlgaeBase*. Publicación electrónica en línea, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; consultado el 24 de Julio de 2013.
- GUTWINSKI R. 1895. Prodrum florae algarum galiciensis. *Rozpr. Akad. Umiej. Wydz. Mat. Przyr.* 28: 274-449.
- HANSEN G.I. 1997. A revised checklist and preliminary assessment of the macrobenthic marine algae and seagrasses of Oregon. En: *Conservation and Management of Native Flora and Fungi*. (Ed. por T.N. Kaye, A. Liston, R.M. Love, D.L. Luoma, R.J. Meinke y M.V. Wilson), pp. 175-200. Native Plant Society of Oregon, Corvallis.
- HARDY A.D. 1906. The freshwater algae of Victoria. Part III. *Victorian Naturalist* 23: 33-42.
- HARDY F.G. Y GUIRY M.D. 2003. *A check-list and atlas of the seaweeds of Britain and Ireland*. British Phycological Society, Londres. 435 pp.
- HARPER M.A., CASSIE-COOPER V., CHANG F.H., NELSON W.A. Y BROADY P.A. 2012. Phylum Ochrophyta: brown and golden-brown algae, diatoms, silicoflagellates, and kin. En: *New Zealand inventory of biodiversity. Volume Three. Kingdoms Bacteria, Protozoa, Chromista, Plantae, Fungi* (Ed. por D.P. Gordon), pp. 114-163. Canterbury University Press, Christchurch.
- HASSALL A.H. 1843. Descriptions of British freshwater Confervae, mostly new, with observations on some of the genera. *The Annals and Magazine of Natural History* 11: 428-37.
- HEERING W. 1907. Die Süßwasseralgen Schleswig-Holsteins. Part 2. Chlorophyceae (Allgemeines-Siphonales). *Jb. Hamb. Wiss. Anst.* 24: 105-235.
- HEERING W. 1921. Chlorophyceae. IV. Siphonales. En: *Süßwasserflora Deutschlands, Osterreichs und der Schwiez* (Ed. A. Pascher), vol. 7. G. Fischer, Jena. pp. 69-99.
- HENSCHEL D., SIMONS J. Y KIRST G.O. 1992. Ecotypes of the euryhaline Xanthophyceae *Vaucheria dichotoma* (L.) Martius. *British Phycological Journal* 27: 92.
- HIRN K. E. 1900. Finnländische Vaucheriaceen. *Meddelanden af Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 26: 85-90.
- HODGETTS W.J. 1921. A study of some of the factors controlling the periodicity of freshwater algae in nature. *Periodicity of Freshwater Algae in Nature* 195-227.
- HOEK C. VAN DEN, MANN D.G. Y JAHNS H.M. 1995. *Algae: an introduction to Phycology*. Cambridge University Press, E.U.A. 623 pp.
- HOFFMANN C. Y SÁMANO BISHOP A. 1938. Los criaderos invernales de *Anopheles pseudopunctipennis* en el estado de Oaxaca. *Anales del Instituto de Biología, UNAM* 9: 182-192.
- HOPPAUGH K.W. 1930. A taxonomic study of species in the genus *Vaucheria* collected in California. *American Journal of Botany* 17: 329-347.
- HU H. Y WEI Y. 2006. *The freshwater algae of China. Systematics, taxonomy and ecology*. China, 1023 pp.

- HUMM H.J. 1963. Some New Records and Range Extensions of Florida Marine Algae. *Bulletin of Marine Science* 23: 516-526.
- HUMM H.J. 1979. *The marine algae of Virginia*. University Press of Virginia, Charlottesville, Virginia. 263 pp.
- HYLMÖ D.E. 1938. Botanische ergebnisse der schwedischen expedition nach Patagonien und dem Feuerlande 1907-1909. XI. Meeresalgen 3. Chlorophyceae. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* 17: 1-23.
- INGÓLFSSON A. 1994. Species Assemblages in Saltmarsh Ponds in Western Iceland in Relation to Environmental Variables. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 38: 235-248.
- IRVINE D.E.G. 1982. Seaweeds of the Faroes 1: The flora. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Botany* 10: 109-131.
- ISLAM A.K.M.N. 1965. Taxonomic study of the species of *Dichotomosiphon* and *Vaucheria* found in East Pakistan. *Proceedings of the Pakistan Academy of Science* 2: 47-56.
- ISLAM A.K.M. NURUL 1979. *Vaucheria longicaulis* Hoppaugh from Iraq with a note on the species. *Bull. Torrey Bot. Club.* 106: 167-73.
- IWANOFF L. 1900. Ueber neue Arten von Algen und Flagellaten (*Stigeoclonium*, *Vaucheria*, *Spirogyra*, *Gonyostomum*), welche an der biologischen Station zu Bologoje gefunden worden sind. *Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou. Série 2* 13: 423-449.
- JAO C.C. 1936. Studies on the freshwater algae of China. II. Vaucheriaceae from Szechwan. *Sinensia* 7: 730-747.
- JAO C.C. 1940. Studies on the freshwater algae of China. IV. Subaerial and aquatic algae from Nanyoh, Human. *Sinensia* 10: 161-239.
- JENSEN K.R. 2003. Distribution, Diets, and Reproduction of Hong Kong Saccoglossa (Mollusca: Opisthobranchia): A Summary of data, 1980-2001. En: *Perspectives on Marine Environmental Change in Hong Kong and Southern China 1977-2001* (Ed. por B. Morton), pp. 347-365. Hong Kong University Press, Hong Kong.
- JOHN D.M., WHITTON B.A. Y BROOK A.J. 2002. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 702 pp.
- JOHNSON L.R. 2002. Phylum Xanthophyta (Yellow-Green Algae). En: *The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. (Ed. por D.M. John, B.A. Whitton y A.J. Brook), pp. 245-270. Cambridge University Press, Cambridge.
- JOHNSON R.L Y MERRITT R. 2002. Order Vaucheriales. En: *The Freshwater Algal Flora of the British Isles* (Ed. por D.M. John, B.A. Whitton y A.J. Brook), pp. 261-270. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- JOHNSTONE I.M. 1972. Limnology of Western Springs, Auckland, New Zealand. *N.Z. J. Mar. Freshw. Res.* 6: 298-328.
- JOLY A.B. Y SAZIMA I.P. 1970. On the occurrence of *Vaucheria longicaulis* Hoppaugh (Vaucheriaceae, Chrysophyta) in the American South Atlantic. *Nova Hedwigia* 19: 293-297.
- JORDE I. y KLAVESTAD N. 1958. Marine species of *Vaucheria* from the west coast of Norway. *Univitet Bergen Arbok (Naturvitensk. rekke)* 12: 1-7.
- KADLUBOWSKA J.Z. 1964. Diatoms of the river Pilica and their importance in the water pollution evaluation. Microflora of the river Pilica. *Zeszyty Naukowe. Uniwersytet Łódzki, Nauki Matematyczno Przyrodniczne, Ser. II* 16: 93-150.
- KAPIRINA L.I. 2008. *Recursos algales acuáticos de la reserva de Dzhunkun*. Materiales de la conferencia de todas las Rusias, 12vo Congreso de la Sociedad Botánica Rusa, Petrozavodsk, Rusia. pp. 52-54.
- KARLING J.S. 1966. Some zoospore fungi of New Zealand. XIII. Traustochytriaceae, Saprolegniaceae and Puthiaceae. *Sydowia* 20: 226-34.
- KATAOKA H. 1980. Phototropism: determination of an action spectrum in a tip-growing cell. En: *Handbook of phycological methods: developmental and cytological methods* (Ed. por E. Gantt), pp. 205-218. Cambridge University Press, Nueva York.
- KATAOKA H., TAKAHASHI F. Y OOTAKI T. 2000. Bimodal Polarotropism of *Vaucheria* to Polarized Blue Light: Parallel Polarotropism at High Fluence Rate to Negative Phototropism. *Journal of Plant Research* 113: 1-10.
- KIM G.H., KLOCHKOVA T.A. Y KANG S.H. 2008. Notes on freshwater and terrestrial algae from Ny-Ålesund, Svalbard (high Arctic sea area). *Journal of Environmental Biology* 29: 485-491.
- KOSTER J.T. 1969. Type collections of algae. *Taxon* 18: 549-59.

- KNUTZEN J. 1973. Marine species of *Vaucheria* (Xanthophyceae) in South-Norway. *Norwegian Journal of Botany* 20: 163-181.
- KRZYK A. 2001. New localities of several species of *Vaucheria* (Xanthophyceae) in Poland. *Polish Botanical Journal* 46: 169-174.
- KUMAR H.D. Y SINGH H.N. 1979. *A textbook on Algae*. Macmillan Press Ltd., Hong Kong. 216 pp.
- KUMAR S., MISRA P.K. Y PANDEY S.K. 2009. Ediacaran megaplant fossils with Vaucheriacean affinity from the Jodhpur Sandstone, Marwar Supergroup, western Rajasthan. *Current Science* 97: 701-705.
- KÜTZING F.T. 1849. *Species algarum*. F.A. Brockhaus, Leipzig. 922 pp.
- LAMARCK J.B. DE Y DE CANDOLLE A.P. 1805. *Flore française, ou descriptions succinctes de toutes les plants qui croissent naturellement en France, disposées selon une nouvelle méthode d'analyse, et précédées par un exposé des principes élémentaires de la botanique. Tomo 2*. H. Agasse, rue de Poitevine, No. 6 de l'Imprimerie de Stoupe. 600 pp.
- LAZAR J. 1960. *Alge Slovenije : seznam sladkovodnih vrst in ključ za določanje. Vol. 10*. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Eslovenia.
- LINNEO C. 1753. *Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. Impensis Laurentii Salvii, Estocolmo. 1200 pp.
- LINNE VON BERG K.H.Y KOWALIK K.V. 1988. Structural organization and evolution of the plastid genome of *Vaucheria sessilis* (Xanthophyceae). *BioSystems* 21: 239-247.
- LINNE VON BERG K.H. Y KOWALLIK K.V. 1996. Biogeography of *Vaucheria* species from European freshwater/soil habitats: implications from chloroplast genomes. *Hydrobiology* 336: 83-91.
- LITTLER D.S, LITTLER M.M. Y HANISAK M.D. 2008. *Submersed plants of the Indian River Lagoon*. Offshore Graphics, Inc., Washington, D.C. 286 pp.
- LÓPEZ RODRÍGUEZ M.C., LEIRA M., TOURAL C. Y PENALTA M. 2009. Flora dulceacuícola del Parque Natural de la Sierra de la Encina de Lastra. *Algas, Boletín de la Sociedad Española de Ficología* 42: 18-19.
- LOREAU M., OTENG-YEBOAH A., ARROYO M.T.K, BABIN D., BARBAULT R., DONOGHUE M., GADGIL M., HÄUSER C., HEIP C., LARIGAUDERIE A., MACE K.MA.G., MOONEY H.A., PERRINGS C., RAVEN P., SARUKHAN J., SCHEI P., SCHOLERS R.J. Y WATSON R.T. 2006. Diversity without representation. *Nature* 442: 245-246.
- LUYKX R.W. Y LAVAL I. 1977. *Vaucheria lii* Rieth, a new alga for the Netherlands. *Hydrobiology Bulletin* 11: 3-6.
- MAISTRO S., BROADY P.A., ANDREOLI C. Y NEGRISOLO E. 2009. Phylogeny and Taxonomy of Xanthophyceae (Stramenopiles, Chromalveolata). *Protist* 160: 412-426.
- MANTECA A., FERNÁNDEZ M. Y SÁNCHEZ J. 2005 Mycelium development in *Streptomyces antibioticus* ATCC11891 occurs in an orderly pattern which determines multiphase growth curves. *BMC Microbiology* 5:51.
- MARGALEF R. 1944. Datos para la flora algológica de nuestras aguas dulces. *Publicación del Instituto Botánico de Barcelona* 4: 1-130.
- MARGALEF R. 1950. Materiales para una flora de las algas del N.E. de España III. Euchlorophyceae. *Collectanea Botanica* 2: 273-294.
- MARGALEF R. 1953. Materiales para la hidrobiología de la isla de Mallorca. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada* 15: 5-111.
- MARSHALL D. W. 1987. Biología de las algas. Enfoque fisiológico. Noriega Editores y Editorial LIMUSA, México. 218 pp.
- MARTIUS C.F.P. VON. 1833. Algae. En: *Flora brasiliensis* (Ed. por C.F.P. Martius y F. Escheweiler), vol. 1. J.G. Cotta, Stuttgart. 390pp.
- MARTIUS C.F.P. VON.1817. *Flora cryptogamica erlangensis sistens vegetabilia e classe ultima Linn. in agro erlangesi hucusque detecta*. J. L. Schrag, Nürnberg. 512 pp.
- MAY V. 1938. A key to the marine algae of New South Wales. Part 1. Chlorophyceae. *Proceedings of the Linnean Society New South Wales* 63: 207-18.
- MCCARTHY D., EBACH M.C., MORRONE J.J. Y PARENTI L.R. 2007. An alternative Godwana: Biota links South America, New Zealand and Australia. *Biogeografía* 2: 2-12.

- MCCLINTIC A.S., CASAMATTA D.A. Y VIS M.L. 2003. A survey of algae from montane cloud forest and alpine streams in Bolivia: Macroalgae and associated microalgae. *Nova Hedwigia* 76: 363-379.
- MCDEVIT D.C. Y SCHNEIDER C.W. 2002. The survival of *Vaucheria* (Vaucheriaceae) propagules in New England riparian sediments after repeated freeze/thaw cycles. *Rhodora* 104: 161-169.
- MENDOZA-GONZÁLEZ C. 1985. Estudio florístico ficológico estacional de la Laguna Victoria o de Santiago Tilapa, México. *Phytologia* 58: 479-487.
- MENDOZA-GONZÁLEZ A.C., MATEO-CID L.E., AGUILAR-ROSAS R. Y AGUILAR-ROSAS L.E. 2008. Dos Nuevos Registros del Género *Vaucheria* A.P. de Candolle (Vaucheriaceae, Xanthophyceae) para la Costa del Pacífico de México. *Polibotánica* 25: 1-9.
- MENEGHINI G. 1837. Conspectus algologiae Euganeae. *Comentarii di Medicina del dott. G.F. Spongia* 4: 321-355.
- MENEZES M. Y BICUDO C.E.M. 2010. Xanthophyceae. En: *Catálogo de plantas e fungos do Brasil Vol. 1*. (Ed. por R.C. Forzza), pp. 448-451. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Río de Janeiro.
- MICHALAK I., MARYCZ K., BASINSKA K. Y CHOJNACKA K. 2014. Using SEM-EDX and ICP-OES to Investigate the Elemental Composition of Green Macroalga *Vaucheria sessilis*. *The Scientific World Journal*.
- MICHEL P.A. 1729. *Nova plantarum genera iuxta Tournefortii methodum disposita*. Typis Bernardi Paperinii, Florencia. 234 pp.
- MICHEV T., GEORGIEV B.B., PETROVA AV. Y STOYNEVA M.P. 1998. *Biodiversity of the Srebarna Biosphere Reserve: Checklist and Bibliography*. Pensoft Publishers, Bulgaria. 130 pp.
- MILLAR C.I. 1993. Impact of the Eocene on the Evolution of *Pinus* L. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 471-498.
- MÖBIUS M. 1892. Australische Süßwasseralgen. *Flora, Jena* 3: 421-450.
- MÖBIUS M. 1895. Australische Süßwasseralgen. II. *Abh. Senckenb. Naturforsch. Ges.* 18: 309- 350.
- MONTEJANO G., CARMONA J. Y CANTORAL-URIZA E. 2000. Algal communities from calcareous springs and streams in La Huasteca, central Mexico: A synthesis. En: *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status & Scope*. (Ed. por M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar y D.F. Malley), pp. 135-149. Backhuys Publishers, Leiden.
- MORENO J.L., ABOAL M., VIDAL-ABARCA M.R. Y SUÁREZ M.L. 2001. Macroalgae and submerged macrophytes from fresh and saline waterbodies of ephemeral streams (ramblas) in semiarid South-eastern Spain. *Marine and Freshwater Research* 52: 891-905.
- MORRONE J.J. 2013. *Sistemática. Fundamentos, métodos, aplicaciones*. UNAM, Facultad de Ciencias. 508 pp.
- MROZINSKA T. 1957. Fadenalgen, die auf der Oberfläche der höheren Wasserpflanzen in der Versuchsteichwirtschaft Ochaby vorkomen. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 3: 141-152.
- MÜLLER O.F. 1788. Histoire de Confervis palustribus oculo nudo invisibilibus. *Nova Acta Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* 3: 89-98.
- MUNDIE J.R. 1929. Cytology and Life History of *Vaucheria geminata*. *Botanical Gazette* 87: 397-410.
- Muséum National d'Histoire Naturelle. 2012. Inventaire national du Patrimoine naturel. Publicación electrónica en línea, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. <http://inpn.mnhn.fr/accueil/index>; consultado en Enero de 2012.
- NAWRAT B. 1993. Autumn-winter diatoms attached to *Vaucheria* filaments in Kluczwocka stream near Cracow. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 38: 715-736.
- NCBI. Taxonomy. Publicación electrónica en línea, U. S. National Library of Medicine, E. U. A. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>; consultado el 24 de Julio de 2013.
- NEMJOVÁ K. Y KAUFNEROVÁ V. 2009. New reports of *Vaucheria* species (Vaucheriales, Xanthophyceae, Heterokontophyta) from the Czech Republic. *Fottea* 9: 53-57.
- NEWTON L. 1931. *A handbook of the British seaweeds*. British Museum (Natural History), Londres. 478 pp.
- NIELSEN R. Y GUNNARSSON K. 2001. Seaweeds of the Faroe Islands. An annotated checklist. *Fróðskaparrit* 49: 45-108.
- NIELSEN R., KRISTIANSEN A., MATHIESEN L. Y MATHIESEN H. 1995. Distributional index of the benthic marine macroalgae of the Baltic Sea area. *Acta Botanica Fennica* 155: 1-70.
- NOGUEROL-SEOANE A. Y RIFÓN-LASTRA A. 1998. *Vaucheria hamata* Götz y *V. terrestris* Götz var. *terrestris* (Vaucheriaceae), Dos Nuevos Xantófitos para el Noreste Peninsular. *Anales Jardín Botánico de Madrid*. 56: 365.
- NORDSTEDT C.F.O. 1879. Algologiska småsaker. 2. *Botaniska Notiser* 1879: 177-190.

- NORTON T.A. 1970. The marine algae of County Wexford, Ireland. *British Phycological Journal* 5: 257-266.
- NOVELO M.E. 1998. *Floras ficológicas del valle de Tehuacán, Puebla*. Tesis de Doctorado en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 651 pp.
- NURUL-ISLAM A.K.M. 1984. Studies on the Genus *Vaucheria* (Xanthophyceae) in Iraq. *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie* 69: 877-902.
- OLIVEIRA L. 1992. Regulation of aplanospore germination in *Vaucheria*. *Planta* 188: 279-288.
- OLIVEIRA-FILHO E.C. DE. 1977. *Algas marinhas bentônicas do Brasil*. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 406 pp.
- ORTEGA M.M. 1984. *Catálogo de algas continentales recientes de México*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 565 pp.
- ORTEGA M.M. 1995. Observaciones del Fitobentos de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Biología UNAM Serie Botánica* 66: 1-36.
- ORTEGA M.M., GODÍNEZ J.L., GARDUÑO G.S Y OLIVA M.G.M. 1994. *Ficología de México: algas continentales*. AGT, México. 221 pp.
- OTT D.W. Y BROWN R.M. 1972. Light and Electron Microscopical Observations on Mitosis in *Vaucheria litorea* Hofman ex C. Agardh. *British Phycological Journal* 7: 361-374.
- OTT D.W Y BROWN R.M. 1974. Developmental Cytology of the Genus *Vaucheria* I. Organization of the Vegetative Filament. *British Journal of Phycology* 9: 111-116.
- OTT D.W. Y BROWN R.M. 1978. Developmental cytology of the genus *Vaucheria* IV. Spermatogenesis. *British Phycological Journal* 13: 69-85.
- OTT D.W. Y HOMMERSAND M.H. 1974. *Vaucheriae of North Carolina. I. Marine and Brackish Water Species*. *Journal of Phycology* 10: 373-385.
- OTT D.W. Y OLDHAM-OTT C.K. 2003. Eustigmatophyte, Raphidophyte, and Tribophyte Algae. En: *Freshwater algae of North America: ecology and classification* (Ed. por J.D. Wehr y R. G. Sheath), pp. 423-470. Academic Press, E.U.A.
- PAPENFUSS G.F. 1964. Catalogue and bibliography of Antarctic and Sub-Antarctic benthic marine algae. En: *Bibliography of the Antarctic Seas* (Ed. por M.O. Lee), vol. 1. American Geophysical Union, Washington D.C. 76 pp.
- PARKE M. Y DIXON P.S. 1976. Check-list of British marine algae - third revision. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 56: 527-594.
- PARKER B.C., PRESTON R.D. Y FOGG G.E. 1963. Studies of the structure and chemical composition of the cell walls of Vaucheriaceae and Saprolegniaceae. *Proceedings of the Royal Society of London, Ser. B* 158: 435-445.
- PECORA R.A. 1976. *Vaucheria synandra* (Xanthophyceae, Vaucheriales): First Record for North America. *Journal of Phycology* 12: 131-133.
- PECORA R.A. 1977. Brackish water species of *Vaucheria* (Xanthophyceae; Vaucheriales) from Louisiana and Texas. *Gulf Res. Rep.* 6: 25-9.
- PECORA R.A. 1978. Occurrence of *Vaucheria adela*, *V. lii*, and *V. nasuta* (Xanthophyceae) in brackish marshes of the northern Gulf of Mexico. *Northeastern Gulf Science* 2: 137-140.
- PECORA R.A. 1980. Observations on the genus *Vaucheria* (Xanthophyceae, Vaucheriales) from the Gulf of Mexico. *Gulf Research Reports* 6: 387-91.
- PEDROCHE F. F. Y SENTÍES A. G. 2003. Ficología marina mexicana. Diversidad y problemática actual. *Hidrobiológica* 13: 23-32.
- PERES A.C. 2002. Uso de Macroalgas e Variáveis Físicas, Químicas e Biológicas para a Avaliação da Qualidade da Água do Rio do Monjolinho, São Carlos, Estado de São Paulo. Tesis de Posgrado, Universidad Federal de San Carlos, Brasil. 120 pp.
- PERES C.K., ZANINI-BRANCO C.C. Y KRUPK R.A. 2008. Macroalgas de riachos da Serra da Prata, leste do Estado de Paraná, Sul do Brasil. *Acta. Botanica Brasilica* 22: 333-344.
- PÉREZ-GUTIÉRREZ R.M. 2009. An antibacterial sesquiterpene lactone from fresh-water alga *Vaucheria sessilis*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 8: 289-294.

- PHILLIPS J.A. 2002. Algae. En: *Names and distribution of Queensland plants, algae and lichens* (Ed. por R.J.F. Henderson), pp. 228-244. Queensland Government Environmental Protection Agency, Brisbane.
- PHILLIPSON J. 1935. Some algae of Victorian soils. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 47: 262-87.
- PIERCE S.K., BIRON R.W., RUMPHO M.E. 1996. Endosymbiotic chloroplasts in molluscan cells contain proteins synthesized after plastid capture. *Journal of Experimental Biology* 199: 2323-2330.
- PIERRE J.G., POLDERMAN P.J.G. Y POLDERMAN-HALL R.A. 1980. Algal communities in Scottish saltmarshes. *British Phycological Journal* 15: 59-71.
- PLAYFAIR G.I. 1917. Census of New South Wales fresh-water algae. En: *A Census of New South Wales Plants*. (Ed. por J. H. Maiden y E. Betche), pp. 219-62. Sydney, Govt Printer.
- PLINSKI M. 1973. The algae of salt marshes near Leczyca, Central Poland. *Monographiae Botanicae* 39: 3-88.
- POLDERMAN P.J.G. 1973. *Vaucheria minuta*. A new alga for Denmark. *Botanisk Tidsskrift* 68: 327-328.
- POLDERMAN P.J.G. 1974. Some notes on three algae of salt-marshes on the east coast of England. *British Phycological Journal* 9: 251-253.
- POLDERMAN P.J.G. Y POLDERMAN-HALL R.A. 1980. Algal communities in Scottish saltmarshes. *British Phycological Journal* 15: 59-71.
- PRESCOTT G.W. 1938. A New Species and a New Variety of the Algal Genus *Vaucheria* de Candolle with Notes on the Genus. *Transactions of the American Microscopical Society*. 57: 1-10.
- PRESCOTT G.W. 1951. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Otto Koeltz Science Publishers, Alemania, 977 pp.
- Punjab ENVIS Centre. 2012. List of Algae. Publicación electrónica en línea, Punjab ENVIS Centre, set up at Punjab State Council for Science & Technology (PSCST), Chandigarh, India. http://www.punenvis.nic.in/DATABASE_Tables/Biodiversity_Database/db_bd01.htm; consultado el 15 de febrero de 2012.
- RAMÍREZ-VÁZQUEZ M. Y CANTORAL-URIZA E.A. 2003. Flora algal de ríos templados en la zona occidental de la cuenca del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología UNAM Serie Botánica* 74: 143-194.
- RAMOS DE ALMEDIA F.V., NECCHI O. Y ZANINI-BRANCO L.H. 2011. Flora de comunidades de macroalgas lóxicas de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 38: 553-568.
- REINSCH P.F. 1890. Die Süsswässer-Algenflora von Süd-Georgien. En: *Die internationale Polarforschung 1882-1883: Geschichtlicher Theil und in einem Anhang mehrere einzelne Abhandlungen physikalischen und sonstigen Inhalts. Band II* (Ed. por G. Neumayer), pp. 329-365.
- RIETH A. 1959. Periodozität beim Ausschlüpfen der Schwärmosporen von *Vaucheria sessilis* De Candolle. *Flora* 147: 35-42.
- RIETH A. 1959. *Vaucheria lüi* nov. spec. *Zeitschrift für Botanik* 47: 218-225.
- RIETH A. 1962. *Vaucheria borealis* Hirn aus den Norischen Alpen. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 109: 510-520.
- RIETH A. 1963. Die Algen der chinesisch-deutschen biologischen Sammelreise durch Nord- und Nordostchina 1956 I. Die Vaucheriaceen. 1. Teil. *Limnologia* 1: 287-313.
- RIETH A. 1965. Beiträge zur Kenntnis der Vaucheriaceen XI. Vaucherien aus Tadshikistan. *Kulturpflanze* 13: 497-507.
- RIETH A. 1974. Beiträge zur Kenntnis der Vaucheriaceae. XVI. *Archive für Protistenkunde* 116: 201-209.
- RIETH A. 1977. Beiträge zur Kenntnis der Vaucheriaceae. XX. *Vaucheria lüi* var. *bipora* nov. var. *Kulturpflanze* 26: 383-388.
- RIETH A. 1980. *Xanthophyceae. Parte 2*. En: *Süsswasserflora von Mitteleuropa* (Ed. por H. Ettl, J. Gerloff y H. Heynig), vol. 4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 147 pp.
- ROBLES-VALDERRAMA E., GONZÁLEZ-ARREAGA M.E., SÁINZ-MORALES M.G., MARTÍNEZ-PÉREZ M.E. Y AYALA-PATIÑO R. 2008. *Análisis de Aguas: Métodos fisicoquímicos y bacteriológicos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 182 pp.
- ROTHERT W. 1896. *Vaucheria walzi* n. sp. *Nuova Notarisia* 7: 81-83.
- RUENESS J. 1997. Algae. En: *Distribution of marine, benthic macro-organisms in Norway. A tabulated catalogue. preliminary Edition. Research Report No. 1997-1* (Ed. por T. Brattegard y T. Holthe) Direktoratet for Naturforvaltningh, Trondheim.
- RUMPHO M.E., DASTOOR F.P., MANHART J.R., JUNGHO L. 2007. The Kleptoplast. En: *The Structure and Function of Plastids* (Ed. por R.R. Wise y J.K. Hooper), pp. 451-473. Springer.

- RUMPHO M.E., POCHAREDDY S., WORFUL J.M., SUMMER E.J., BHATTACHARYA D., PELLETREAU K.N., TYLER M.S., LEE J., MANHART J.R. Y SOULE K.M. 2009. Molecular Characterization of the Calvin Cycle Enzyme Phosphoribulokinase in the Stramenopile Alga *Vaucheria litorea* and the Plastid Hosting Mollusc *Elysia chlorotica*. *Molecular Plant* 2: 1384-1396.
- RUMPHO M.E., SUMMER E.J. Y MANHART J.R. 2000. Solar-Powered Sea Slugs. Mollusc/Algal Chloroplast Symbiosis. *Plant Physiology* 123: 29-38.
- RUMPHO M.E., WORFUL J.M., LEE J., KANNAN K., TYLER M.S., BHATTACHARYA D., MOUSTAFA A. Y MANHART J.R. 2008. Horizontal gene transfer of the algal nuclear gene psbO to the photosynthetic sea slug *Elysia chlorotica*. *PNAS* 105: 17867-17871.
- RUSHFORTH S.R. Y MERKLEY G.S. 1988. Comprehensive List by Habitat of the Algae of Utah, USA. *Great Basin Naturalist* 48: 154-179.**
- RYBALKO N., ANDERSEN R. A., KOSTIKOV I., MOHR K. I., MASSALSKI A., OLECH M., FRIEDL T. 2009. Testing for endemism, genotypic diversity and species concepts in Antarctic terrestrial microalgae of the *Tribonemataceae* (Stramenopiles, Xanthophyceae). *Environmental Microbiology* 11: 554-565.
- SAIFULLAH S.M., NIZAMUDDIN M. Y GUL S. 2003. A new species of *Vaucheria* epiphytic on mangroves. *Botanica Marina* 46: 5531-5533.**
- SÁNCHEZ-CASTILLO P.M. Y MORALES-TORRES C. 1981. Algunas Especies Hidrofiticas de la Provincia de Granada. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 37: 677-692.**
- SARMA P. 1973. Addition to the freshwater algae of New Zealand. I. A note on the species of *Vaucheria* from Great Barrier Island. *Tane* 19: 167-73.
- SARMA P. 1974. Additions to the Freshwater Algae of New Zealand-II. Some *Vaucheria* from Slipper Island. *Tane* 20: 86-100.**
- SARMA P. Y CHAPMAN V.J. 1975. Additions to the checklist of freshwater algae in New Zealand. II. *J. R. Soc. N.Z.* 5: 289-312.
- SCAGEL R.F., BANDONI R.J., MAZE J.R., ROUSE G.E., SCHOFIELD W.B. Y STEIN J.R. 1987. *El Reino Vegetal*. Ediciones Omega, Barcelona, España. 778 pp.
- SCAGEL R.F., GABRIELSON P.W., GARBARY D.J., GOLDEN L., HAWKES M.W., LINDSTROM S.C., OLIVEIRA J.C. Y WIDDOWSON T.B. 1989. A synopsis of the benthic marine algae of British Columbia, southeast Alaska, Washington and Oregon. Phycological Contributions, University of British Columbia. 532 pp.**
- SCHAGERL M. Y KERSCHBAUMER M. 2008. Autecology and Morphology of Selected *Vaucheria* species (Xanthophyceae). *Aquatic Ecology* 43: 295-303.
- SCHNEIDER C.W. Y LANE C.E. 2000. Two Species of *Vaucheria* New for New England, *V. lili* and *V. racemosa*. *Northeastern Naturalist* 7: 25-32.**
- SCHNEIDER C.W. Y McDEVIT D.C. 2002 Are Earthworms a Possible Mechanism for Airborne Dispersal of the Alga *Vaucheria*? *Northeastern Naturalist* 9: 225-234.**
- SCHNEIDER C.W. Y SEARLES R.B. 1991. *Seaweeds of the southeastern United States. Cape Hatteras to Cape Canaveral*. Duke University Press, Durham y Londres. 553 pp.**
- SCHNEIDER C.W., PARPAL A.A., HUNT C. Y RATAN R. 2008. Anoxic propagule survival in *Vaucheria* (Vaucheriales, Heterokontophyta) from New England riparian sediments. *Rhodora* 110: 217-224.
- SCHWARTZ J.A., CURTIS N.E. Y PIERCE S.K. 2010. Using Algal Transcriptome Sequences to Identify Transferred Genes in the Sea Slug, *Elysia chlorotica*. *Evolutionary Biology* 37: 29-37.
- SFRISO A. 2011. *Ochrophyta (Phaeophyceae e Xanthophyceae). Ambiente di transizione italiani e litorali adiacenti*. Arpa Emilia-Romagna, Bologna 234 pp.**
- SHAHIDA B., ZARINA A., MASUD-UL-HASAN Y SHAMEEL M. 2005. Taxonomic study of some green macroalgae from Rabwah and Sargodha, Pakistan. *International Journal of Phycology and Phycochemistry* 1: 107-116.**
- SILVA P.C. 1952. A review of nomenclatural conservation in the algae from the point of view of the type method. *University of California Publications in Botany* 25: 241-323.
- SILVA P.C. 1979. The benthic algal flora of central San Francisco Bay. En: *San Francisco Bay: the Urbanized Estuary* (Ed. T.J. Conomos), pp. 287-345. Pacific Division, American Association for the Advancement of Science, San Francisco.**
- SILVA P.C., BASSON P.W. Y MOE R.L. 1996. Catalogue of the benthic marine algae of the Indian Ocean. *University of California Publications in Botany* 79: 1-1259.**

- SIMONS J. 1974. *Vaucheria birostris* n. sp. and some further remarks on the genus *Vaucheria* in the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica* 23: 399-413.
- SIMONS J. 1975. *Vaucheria* Species from Estuarine Areas in the Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research* 9: 1-23.
- SIMONS J. 1977. *De Nederlandse Vaucheria-soorten*. Ed. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging. Amsterdam. 32 pp.
- SIMONS J. 1994 Field ecology of freshwater macroalgae in pools and ditches, with special attention to eutrophication. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 25-33.
- SIMONS J. Y VAN BEEM A.P. 1990. *Spirogyra* species and accompanying algae from pools and ditches in The Netherlands. *Aquatic Botany* 37: 247-269.
- SIMONS J. Y VROMAN M. 1968. Some remarks on the genus *Vaucheria* in the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica* 17: 461-466.
- SINGH V.P. 1941. The Chlorophyceae of the Benares district, India—I. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences - Section B* 14: 256-260.
- SKALNA E. 1979. Soil algae occurring in vegetable cultivations at Prusy near Kraków. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 25: 607-648.
- SKUJA H. 1964. Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch-Lappland. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis Ser. IV* 18: 1-465.
- SMITH T.E. 2010. Revised list of algae from Arkansas, U.S.A. and new additions. *International Journal on Algae* 12: 230-256.
- SNUSTAD D.P. Y SIMMONS M.J. 2009. *Principles of genetics*. Wiley, 848 pp.
- SOLMS-LAUBACH H. GRAF ZU. 1867. Über *Vaucheria dichotoma* DC. *Z. Bot.* 25: 361-366.
- SPENCER W.I. 1883. Notes on fresh-water algae. *Trans. Proc. N.Z. Inst.* 15: 302-304.
- STARMACH K. 1939. Über einen Fall der Neustonfärbung in einen Teiche der Fischereiversuchsstation in Mydlniki bei Kraków. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 16: 127-152.
- STEGENGA H., KARREMANS M. Y SIMONS J. 2007. Zeewieren van de voormalige oesterputten bij Yerseke. *Gorteria* 32: 125-143.
- TAKAHASHI F., YAMAGUCHI K., HISHINUMA T. Y KATAOKA H. 2003. Mitosis and mitotic wave propagation in the coenocytic alga *Vaucheria*, *Vaucheria terrestris* sensu Goetz. *Journal of Plant Research* 116: 381-387.
- TASKIN E., ÖZTÜRK M., KURT O. Y ÖZTÜRK M. 2008. *The check-list of the marine algae of Turkey*. Ecem Kirtasiye, Manisa, Turquia. 87.pp.
- TAYLOR W.R. 1928. Alpine Algal flora of the mountains of British Columbia. *Ecology* 9: 343-348.
- TAYLOR W.R. 1952. Notes on *Vaucheria longicaulis* Hoppaugh. *Madroña* 11: 274-277.
- TAYLOR W.R. 1957. *Marine algae of the northeastern coast of North America*. The University of Michigan Press, Ann Arbor. 509 pp.
- TAYLOR W.R. 1960. *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas*. The University of Michigan Press, Ann Arbor. 870 pp.
- TAYLOR W.R. Y BERNATOWICZ A.J. 1952a. Bermudian marine *Vaucherias* of the section *Piloboloideae*. *Papers of the Michigan Academy of Sciences, Arts and Letters* 37: 75-85.
- TAYLOR W.R. Y BERNATOWICZ A.J. 1952b. Marine Species of *Vaucheria* at Bermuda. *Bulletin of Marine Science* 2: 405-413.
- TEODORESCO E.C. 1907. Materiaux pour la flore algologique de la Roumanie. *Ann. Sci. Nat. (Bot.) (ser. 9)* 5: 1-15.
- THIERS B. 2013. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. Publicación electrónica en línea, New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih/>; consultado el 23 de Septiembre de 2013.
- THURET G. 1854. Sur quelques algues nouvelles. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Cherbourg* 2: 387-389.
- TIFFANY L.H. 1937. The Filamentous Algae of the West End of Lake Erie. *American Midland Naturalist* 18: 911-951.

- TKACHENKO F.P. y KUSTIN E.B. 2012. Species of *Vaucheria* D. C. from the Waters of the Northeastern Black Sea (Ucrania). *Algologia* 22: 190-197.
- TOLEDO V.M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y desarrollo* 81: 17-30.
- TONETTO A.F., PERES C.K. y ZANINI-BRANCO C.C. 2012 O gênero *Vaucheria* D. C. (Vaucheriaceae, Xanthophyceae) no Sul do Brasil: aspectos taxonômicos e ecológicos. *Biota Neotropica* 12: 197-204.
- TSARENKO P.M., LEVANETS A.A., WASSER S.P. y NEVO E. 2000. Xanthophyta. En: *Biodiversity of cyanoprocarvates, algae and fungi of Israel. Cyanoprocarvates and algae of continental Israel* (Ed. por E. Nevo y S.P. Wasser), pp. 186-191. A.R.A. Gantner Verlag K.G., Ruggell.
- UTEX. 2013. The Culture Collection of Algae. Publicación electrónica en línea, UTEX, Texas, E.U.A. <http://www.utex.org>; consultado el 13 de Enero de 2013.
- VALADEZ-CRUZ F., CARMONA-JIMÉNEZ J. y CANTORAL-URIZA E. 1996. Algas de ambientes lóticos en el estado de Morelos, México. *Anales del Instituto de Biología UNAM* 67: 227-282.
- VALADEZ-CRUZ F. 1998. Empleo de crecimientos algales para la caracterización de ambientes lóticos en la cuenca del río Amacuzac, Morelos. Tesis de Maestría, UNAM. 116 pp.
- VALENZUELA-MIRANDA S. 2002. Catálogo de las algas recogidas por F. Miranda en la Ría de Pontevedra (NO de España). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 11: 5-39.
- VAUCHER J.P.E. 1803. *Histoire des Conferves d'Eau Douce*. J.J. Paschoud, Ginebra. 285 pp.
- VILLERS-RUIZ L. y TREJO-VÁZQUEZ I. 1998. Impacto del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. *Interciencia* 23: 10-19.
- VINOGRADOVA K.L. 1995. The checklist of the marine algae from Spitsbergen. *Botanicheskii Zhurnal SSR* 80: 50-61.
- WALLACE R.L., OTT D.W., STILES S.L. y OLDHAM-OTT C.K. 2001. Bed and Breakfast: the parasitic life of *Proales werneckii* (Ploimida: Proalidae) within the alga *Vaucheria* (Xanthophyceae: Vaucheriales). *Hydrobiologia* 446/447: 129-137.
- WALZ J. 1866. Beitrag zur Morphologie und Systematik der Gattung *Vaucheria* DC. *Jb. Wiss. Bot.* 5: 127-60.
- WATANABE M.M. 2005. Freshwater Culture Media. En: *Algal Culturing Techniques* (Ed. por R. A. Andersen), pp. 13-20. Elsevier, China.
- WATTS H. 1887. Some recent additions to our knowledge of microscopic natural history. *Victorian Naturalist* 3: 133-7.
- WEBBER E.E. 1993. *Vaucheria subsimplex* Crouan from a Massachusetts salt marsh: first United States record. *Rhodora* 95: 113-118.
- WEBBER E.E. y WILCE R.T. 1971. Benthic salt marsh algae at Ipswich, Massachusetts. *Rhodora* 73: 262-291.
- WEHR J.D. y SHEATH R.G. 2003. *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, E.U.A. 917 pp.
- WEST J.A. 2005. Long-term Macroalgal Culture Maintenance. En: *Algal Culturing Techniques* (Ed. por R.A. Andersen), pp. 157-164. Elsevier, China.
- WEST W. y WEST G.S. 1908. Fresh-water algae from Burma, including a few from Bengal and Madras. *Annals of the Royal Botanic Garden, Calcutta* 6: 175-260.
- WHITTLE S.J. y CASSELTON P.J. 1975. The chloroplast pigments of the algal classes Eustigmatophyceae and Xanthophyceae. II. Xanthophyceae. *British Phycological Journal* 10: 192-204.
- WHITTON B.A., JOHN D.M., KELLY M.G. y HAWORTH E.Y. 2003. A coded list of freshwater algae of the British Isles. http://www.nwl.ac.uk/~loissys/algal_coded_list.htm; consultado el 25 de Septiembre de 2013.
- WILCOX M.D. 2012. Occurrence of the marine yellow-green algae *Vaucheria velutina* C. Agardh and *Vaucheria longicaulis* Hoppaugh (Xanthophyceae: Vaucheriaceae) in Auckland, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 46: 285-290.
- WILLE N. 1884. Bidrag til Sydamerikas Algeflora. I-III. *Bihang till Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar* 8: 1-64.
- WOLOWSKI K. 1992. First record of *Vaucheria* species (Xanthophyceae, Vaucheriaceae) from the gorge of Kluczowoda in southern Poland. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 37: 535-538.
- WOLOWSKI K. 2002. *Vaucheria* species (Xanthophyceae) of the Kraków-Czestochowa Upland (Poland). *Annals Limnology* 38: 23-34.

- WOMERSLEY H.B.S. 1987. *The marine benthic flora of southern Australia. Part II.* South Australian Government Printing Division, Adelaide. 481 pp.
- WOOD H.C. 1869. Prodrumus of a study of the freshwater algae of North America. *Proceedings of the American Philosophical Society* 11: 119-145.
- WORONIN M. 1869. Beitrag zur Kenntnis der Vaucherien. *Botanische Zeitung* 27: 137-144.
- WUNDERLIN T.F. 1971. A Survey of the Freshwater Algae of Union County, Illinois. *Castanea* 36: 1-53.
- YAMADA Y. 1932. Notes on some Japanese algae, III. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University* 1: 109-123.
- YAMAGISHI T. 1959. Genus *Vaucheria* in Japan. *The Journal of Japanese Botany* 34: 72-85.
- YAMAGISHI T. 1963. *Vaucheria* from Isl. Awaji, Japanese. *The Journal of Japanese Botany* 38: 334-336.
- ZARINA A., MASUD-UL-HASAN Y SHAMEEL M. 2005. Taxonomic study of Vaucheriophyta Shameel from certain areas of the Punjab and NWFP, Pakistan. *International Journal of Phycology and Phycochemistry* 1: 159-166.
- ZARINA G.R., MASUD-UL-HASAN Y SHAMEEL M. 2007. Taxonomic study of green macroalgae from Sialkot, Pakistan. *International Journal of Phycology and Phycochemistry* 3: 135-146.
- ZELAZNA-WIECZOREK J. 1998. Taksony rodzaju *Vaucheria* De Candollez Parku Krajobrazowego Miedzyrzecza Warty i Widawki. W : Materiały z XVII Sympozjum Sekcji Fykologicznej PTB, Glony jako uniwersalne bioindykatory degradacji środowiska przyrodniczego ze szczególnym uwzględnieniem estuarium Odry. *Szczecin-Lukecin* 59: 7-11.
- ZELAZNA-WIECZOREK J. 2002. *Vaucheria* Species from Selected Regions in Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 71: 129-139.
- ZUREK R. Y DE PAUW N. 2006. Ecology of a Flooded Opencast Sulphur Mine. *Aquatic Ecology* 40: 133-134.

ANEXO 1: Lista de especies de *Vaucheria* aceptadas por Rieth (1980) y Guiry y Guiry (2013).**Tabla 19.** Especies de *Vaucheria* en cada sección taxonómica y que han sido aceptadas por Rieth y Guiry y Guiry.

Secciones	Rieth 1980	Guiry y Guiry 2013	Especies aceptadas	
<i>Woroninia</i>	<i>V. constricta</i> Yamada 1932		<i>V. constricta</i> Christensen 1987 <i>V. constricta</i> Yamada 1932	
	<i>V. dichotoma</i> (L.) Martius 1817= <i>V. dichotoma</i> (L.) C. A. Agardh 1817= <i>V. starmachii</i> Kadlubowska en Starmach 1972	<i>V. dichotoma</i> (L.) Martius 1817= <i>V. dichotoma</i> (L.) C. A. Agardh 1817= <i>V. starmachii</i> Kadlubowska en Starmach 1972= <i>V. pyrifer</i> a Kützing 1843	<i>V. dichotoma</i> (L.) Martius 1817= <i>V. dichotoma</i> (L.) C. A. Agardh 1817= <i>V. starmachii</i> Kadlubowska en Starmach 1972= <i>V. pyrifer</i> a Kützing 1843	
	<i>V. japonica</i> Yamagishi 1963		<i>V. japonica</i> Yamagishi 1963	
		<i>V. javanica</i> Kützing 1849	<i>V. javanica</i> Kützing 1849	
		<i>V. karachiensis</i> Saifullah, Nizamuddin et Gul 2003	<i>V. karachiensis</i> Saifullah, Nizamuddin et Gul 2003	
	<i>V. karnaphulii</i> Islam 1978		<i>V. karnaphulii</i> Islam 1978	
		<i>V. maritima</i> P.L.Crouan & H.M.Crouan 1860	<i>V. maritima</i> P.L.Crouan & H.M.Crouan 1860	
	<i>V. mayyanadensis</i> Erady 1954	<i>V. mayyanadensis</i> Erady 1954	<i>V. mayyanadensis</i> Erady 1954	
		<i>V. micranthera</i> González 1944	<i>V. micranthera</i> González 1944	
	<i>V. prescottii</i> Islam 1965	<i>V. prescottii</i> Islam 1965	<i>V. prescottii</i> Islam 1965	
	<i>V. schleicheri</i> De Wildeman 1895= <i>V. nicholsi</i> Brown 1937	<i>V. schleicheri</i> De Wildeman 1895	<i>V. schleicheri</i> De Wildeman 1895 = <i>V. nicholsi</i> Brown 1937	
	<i>V. sescuplicaria</i> Christensen 1952= <i>V. dichotoma</i> f. <i>arternensis</i> Rieth 1953	<i>V. sescuplicaria</i> Christensen 1952= <i>V. dichotoma</i> f. <i>arternensis</i> Rieth 1953	<i>V. sescuplicaria</i> Christensen 1952= <i>V. dichotoma</i> f. <i>arternensis</i> Rieth 1953	
	<i>V. submarina</i> Berkeley sensu de Wildeman 1897	<i>V. submarina</i> (Lyngbye) Berkeley 1832= <i>V. dichotoma</i> var. <i>submarina</i> Lyngbye	<i>V. submarina</i> (Lyngbye) Berkeley 1832= <i>V. dichotoma</i> var. <i>submarina</i> Lyngbye	
	<i>V. velutina</i> C. A. Agardh 1824= <i>V. thuretii</i> Woronin 1869	<i>V. velutina</i> C. A. Agardh 1824= <i>V. thuretii</i> Woronin 1869	<i>V. velutina</i> C. A. Agardh 1824= <i>V. thuretii</i> Woronin 1869	
	<i>Tubuligerae</i>	<i>V. aversa</i> Hassall 1843	<i>V. aversa</i> Hassall 1843= <i>V. ornithocephala</i> var. <i>aversa</i> (Hassall) Kützing	<i>V. aversa</i> Hassall 1843= <i>V. ornithocephala</i> var. <i>aversa</i> (Hassall) Kützing
			<i>V. bicornigera</i> Entwisle 1988	<i>V. bicornigera</i> Entwisle 1988
		<i>V. bilateralis</i> Jao 1936		<i>V. bilateralis</i> Jao 1936
		<i>V. fontinalis</i> (L.) Christensen 1968= <i>V. ornithocephala</i> C. A. Agardh 1817= <i>V. polysperma</i> Hassall 1843	<i>V. fontinalis</i> (L.) Christensen 1968= <i>V. clavata</i> (Vaucher) A.P.de Candolle 1805= <i>V. ornithocephala</i> C.Agardh 1817= <i>V. polysperma</i> Hassall 1843	<i>V. fontinalis</i> (L.) Christensen 1968= <i>V. clavata</i> (Vaucher) A.P.de Candolle 1805= <i>V. ornithocephala</i> C.Agardh 1817= <i>V. polysperma</i> Hassall 1843
		<i>V. globulifera</i> W. et G.S. West 1907		<i>V. globulifera</i> W. et G.S. West 1907
<i>V. jonesii</i> Prescott 1938			<i>V. jonesii</i> Prescott 1938	
<i>V. prolifera</i> Dangeard 1939		<i>V. prolifera</i> Dangeard 1939	<i>V. prolifera</i> Dangeard 1939	

Tabla 19. Continuación.

Secciones	Rieth 1980	Guiry y Guiry 2012	Especies aceptadas
<i>Corniculatae</i>	<i>V. antarctica</i> Reinsch 1890	<i>V. antarctica</i> Reinsch 1890	<i>V. antarctica</i> Reinsch 1890
	<i>V. arcassonensis</i> Dangeard 1939	<i>V. arcassonensis</i> Dangeard 1939	<i>V. arcassonensis</i> Dangeard 1939
	<i>V. borealis</i> Hirn 1900= <i>V. borealis</i> f. <i>minor</i> Woronichin 1925= <i>V. pachyderma</i> Walz var. <i>islandica</i> Børgesen 1899= <i>V. pachyderma</i> Walz var. <i>islandica</i> Børgesen f. <i>filis crassioribus</i> Borge 1930	<i>V. borealis</i> Hirn 1900	<i>V. borealis</i> Hirn 1900
		<i>V. bursata</i> (O. F. Müller) C. A. Agardh 1812	<i>V. bursata</i> (O. F. Müller) C. A. Agardh 1812= <i>V. sessilis</i> (Vaucher) de Candolle in de Lamarck et de Candolle 1805
		<i>V. nanandra</i> Entwisle 1988	<i>V. nanandra</i> Entwisle 1988
	<i>V. pachyderma</i> Walz 1865= <i>V. dillwynii</i> (Web. et Mohr) C. A. Agardh 1812	<i>V. pachyderma</i> Walz 1865	<i>V. dillwynii</i> (F. Weber & Mohr) C. Agardh= <i>V. pachyderma</i> Walz 1865
	<i>V. pronosperma</i> Islam 1965	<i>V. pronosperma</i> Islam 1965	<i>V. pronosperma</i> Islam 1965
	<i>V. pseudosessilis</i> Chapman 1956	<i>V. pseudosessilis</i> Chapman 1956	<i>V. pseudosessilis</i> Chapman 1956
			<i>V. repens</i> Hassall 1843= <i>Vaucheria sessilis</i> f. <i>repens</i> (Hassall) Hansgirg
		<i>V. sessilis</i> (Vaucher) de Candolle in de Lamarck et de Candolle 1805= <i>V. bursata</i> (O. F. Müller) C. A. Agardh 1812	<i>V. sessilis</i> (Vaucher) de Candolle in de Lamarck et de Candolle 1805
<i>Racemosae</i>	<i>V. adunca</i> Jao 1939	<i>V. adunca</i> Jao 1939	<i>V. adunca</i> Jao 1939
	<i>V. alaskana</i> Blum 1953	<i>V. alaskana</i> Blum 1953	<i>V. alaskana</i> Blum 1953
	<i>V. amphibia</i> Randhawa 1939	<i>V. amphibia</i> Randhawa 1939	<i>V. amphibia</i> Randhawa 1939
	<i>V. arechavaletae</i> Magnus et Wille 1884	<i>V. arechavaletae</i> Magnus et Wille 1884	<i>V. arechavaletae</i> Magnus et Wille 1884
	<i>V. arrhyncha</i> Heidinger 1908= <i>V. uncinata</i> Kütz. 1856= <i>Vaucheropsis arryncha</i> (Heidinger) Heering 1921	<i>V. arrhyncha</i> Heidinger 1908= <i>Vaucheropsis arryncha</i> (Heidinger) Heering 1921= <i>V. uncinata</i> Kütz. 1856	
	<i>V. discoidea</i> Taft 1937		<i>V. discoidea</i> Taft 1937
	<i>V. erythrospora</i> Christensen 1956= <i>V. hamata</i> sensu Goetz f. <i>salina</i> Rieth 1956	<i>V. erythrospora</i> Christensen 1956= <i>V. hamata</i> sensu Goetz f. <i>salina</i> Rieth 1956	<i>V. erythrospora</i> Christensen 1956= <i>V. hamata</i> sensu Goetz f. <i>salina</i> Rieth 1956
		<i>V. frigida</i> (Roth) C. A. Agardh 1824= <i>V. hamata</i> Walz 1866= <i>V. milleola</i> subsp. <i>calida</i> T.A.Christensen 1987	<i>V. frigida</i> (Roth) C. A. Agardh 1824= <i>V. hamata</i> Walz= <i>V. terrestris</i> sensu Götze 1904= <i>V. hamata</i> (Vaucher) De Candolle= <i>V. hamata</i> (Vaucher) Lyngb.= <i>V. terrestris</i> (Vaucher) De Candolle
	<i>V. gardneri</i> Collins 1907= <i>V. geminata</i> f. <i>pedunculata</i> Heering 1907	<i>V. gardneri</i> Collins 1907	<i>V. gardneri</i> Collins 1907
	<i>V. geminata</i> (Vaucher) de Candolle, in de Lamarck et de Candolle 1805	<i>V. geminata</i> (Vaucher) de Candolle, in de Lamarck et de Candolle 1805	<i>V. geminata</i> (Vaucher) de Candolle, in de Lamarck et de Candolle 1805
	<i>V. gyrogyna</i> Entwisle 1988	<i>V. gyrogyna</i> Entwisle 1988	

Tabla 19. Continuación.

Secciones	Rieth 1980	Guiry y Guiry 2013	Especies aceptadas
<i>Racemosae</i>	<i>V. hamata</i> sensu Götze 1897= <i>V. prona</i> Christensen 1970	<i>V. hamata</i> (Vaucher) De Candolle in Lam. & D.C. 1805	
		<i>V. incurva</i> T.A.Christensen 1986	<i>V. incurva</i> T.A.Christensen 1986
	<i>V. lii</i> Rieth 1959	<i>V. lii</i> Rieth 1959	<i>V. lii</i> Rieth 1959
	<i>V. longata</i> Blum 1953	<i>V. longata</i> Blum 1953	<i>V. longata</i> Blum 1953
		<i>V. longipes</i> Collins 1907	<i>V. longipes</i> Collins 1907
	<i>V. megaspora</i> Iwanoff 1897		<i>V. megaspora</i> Iwanoff 1897
	<i>V. mulleola</i> Skuja 1964	<i>V. mulleola</i> Skuja 1964	<i>V. mulleola</i> Skuja 1964
	<i>V. orientalis</i> West, W. et West, G. S. 1907		<i>V. orientalis</i> West, W. et West, G. S. 1907
		<i>V. polymorpha</i> H.C.Wood 1869	<i>V. polymorpha</i> H.C.Wood
		<i>V. prona</i> Christensen 1970	<i>V. prona</i> Christensen 1970= <i>V. hamata</i> sensu Götze
	<i>V. pseudogeminata</i> Dangeard 1939	<i>V. pseudogeminata</i> Dangeard 1939	<i>V. pseudogeminata</i> Dangeard 1939
	<i>V. pseudomonica</i> Fritsch et Rich 1924		<i>V. pseudomonica</i> Fritsch et Rich 1924
			<i>V. racemosa</i> (Vaucher) de Candolle in de Lamarck et de Candolle 1805= <i>V. walzii</i> Rothert 1896a
	<i>V. scrobiculata</i> Magnus et Wille 1884		<i>V. scrobiculata</i> Magnus et Wille 1884
	<i>V. subarechavaletae</i> Borge 1901	<i>V. subarechavaletae</i> Borge 1901	<i>V. subarechavaletae</i> Borge 1901
	<i>V. taylorii</i> Blum 1971	<i>V. taylorii</i> Blum 1971	<i>V. taylorii</i> Blum 1971
	<i>V. terrestris</i> sensu Götze 1897= <i>V. frigida</i> (Roth) C. A. Agardh 1824		
	<i>V. trigemina</i> Kützing 1856		<i>V. trigemina</i> Kützing 1856
			<i>V. uncinata</i> Kützing 1856= <i>V. arrhyncha</i> Heidinger 1908
	<i>V. undulata</i> Jao 1936	<i>V. undulata</i> Jao 1936	<i>V. undulata</i> Jao 1936
	<i>V. verticillata</i> Meneghini sensu Kützing 1856	<i>V. verticillata</i> Meneghini sensu Kützing 1856	<i>V. verticillata</i> Meneghini sensu Kützing 1856
	<i>V. walzii</i> Rothert 1896a= <i>V. racemosa</i> (Vaucher) de Candolle in de Lamarck et de Candolle 1805= <i>V. uncinata</i> sensu Rabenhorst 1868	<i>V. walzii</i> Rothert 1896a	
<i>Vaucheria</i>	<i>V. birostris</i> Simons 1974a		<i>V. birostris</i> Simons 1974a
		<i>V. canalicularis</i> (L.) Christensen 1968	<i>V. canalicularis</i> (L.) Christensen= <i>V. disperma</i> A.P.de Candolle 1801= <i>V. woroniniana</i> Heering 1907
	<i>V. debaryana</i> Woronin 1880= <i>V. cruciata</i> (Vauch.) DC. In de Lamarck et de Candolle 1805	<i>V. debaryana</i> Woronin 1880	<i>V. cruciata</i> (Vauch.) DC. In de Lamarck et de Candolle 1805= <i>V. debaryana</i> Woronin 1880
		<i>V. disperma</i> A.P.de Candolle 1801	
	<i>V. woroniniana</i> Heering 1907= <i>V. canalicularis</i> (L.) Christensen 1968	<i>V. woroniniana</i> Heering 1907	
<i>Androphoreae</i>	<i>V. synandra</i> Woronin 1869	<i>V. synandra</i> Woronin 1869	<i>V. synandra</i> Woronin 1869

Tabla 19. Continuación.

Secciones	Rieth 1980	Guiry y Guiry 2012	Especies aceptadas
<i>Piloboloideae</i>	<i>V. bermudensis</i> Taylor et Beernatowicz 1952	<i>V. bermudensis</i> Taylor et Beernatowicz 1952 <i>V. caloundrensis</i> A.B.Cribb 1960	<i>V. bermudensis</i> Taylor et Beernatowicz 1952 <i>V. caloundrensis</i> A.B.Cribb 1960
	<i>V. compacta</i> (Collins) Collins in Taylor 1937	<i>V. compacta</i> (Collins) Collins in Taylor 1937= <i>V. piloboloides</i> var. <i>compacta</i> F.S.Collins 1900= <i>V. sphaerospora</i> var. <i>dioica</i> Rosenvinge 1879	<i>V. compacta</i> (Collins) Collins in Taylor 1937= <i>V. piloboloides</i> var. <i>compacta</i> F.S.Collins 1900= <i>V. sphaerospora</i> var. <i>dioica</i> Rosenvinge 1879
	<i>V. coronata</i> Nordstedt 1879	<i>V. coronata</i> Nordstedt 1879	<i>V. coronata</i> Nordstedt 1879
	<i>V. glomerata</i> Blum et Womersley 1955	<i>V. glomerata</i> Blum et Womersley 1955	<i>V. glomerata</i> Blum et Womersley 1955
	<i>V. intermedia</i> Nordstedt 1879	<i>V. intermedia</i> Nordstedt 1879	<i>V. intermedia</i> Nordstedt 1879
	<i>V. litorea</i> Hofman et Agardh 1822= <i>V. clavata</i> Lyngbye 1819	<i>V. litorea</i> Hofman et Agardh 1822	<i>V. litorea</i> Hofman et Agardh 1822
	<i>V. longicaulis</i> Hoppaugh 1930	<i>V. longicaulis</i> Hoppaugh 1930	<i>V. longicaulis</i> Hoppaugh 1930
	<i>V. medusa</i> Christensen 1952	<i>V. medusa</i> Christensen 1952	<i>V. medusa</i> Christensen 1952
	<i>V. minuta</i> Blum et Conover 1953	<i>V. minuta</i> Blum et Conover 1953	<i>V. minuta</i> Blum et Conover 1953
	<i>V. nasuta</i> Taylor et Bernatowicz 1952	<i>V. nasuta</i> Taylor et Bernatowicz 1952	<i>V. nasuta</i> Taylor et Bernatowicz 1952
	<i>V. patagonica</i> Hylmö 1938	<i>V. patagonica</i> Hylmö 1938	<i>V. patagonica</i> Hylmö 1938
	<i>V. piloboloides</i> Thuret 1854	<i>V. piloboloides</i> Thuret 1854= <i>V. fuscescens</i> Kützing 1856 <i>V. simplex</i> Crouan 1867	<i>V. piloboloides</i> Thuret 1854= <i>V. fuscescens</i> Kützing 1856 <i>V. simplex</i> Crouan 1867
		<i>V. subsimplex</i> P.L.Crouan & H.M.Crouan 1867= <i>V. sphaerospora</i> Nordstedt 1878	<i>V. subsimplex</i> P.L.Crouan & H.M.Crouan 1867= <i>V. sphaerospora</i> Nordstedt 1878
<i>Acrandrae</i>	<i>V. acrandra</i> Ott et Hommersand 1974	<i>V. acrandra</i> Ott et Hommersand 1974	<i>V. acrandra</i> Ott et Hommersand 1974
	<i>V. adela</i> Ott et Hommersand 1974	<i>V. adela</i> Ott et Hommersand 1974	<i>V. adela</i> Ott et Hommersand 1974
<i>Hercynianae</i>	<i>V. hercyniana</i> Rieth 1974	<i>V. hercyniana</i> Rieth 1974	<i>V. hercyniana</i> Rieth 1974
<i>Incertae sedis</i>		<i>V. elongata</i> C.Agardh 1822	<i>V. elongata</i> C.Agardh 1822
	<i>V. jaoi</i> Ley 1944	<i>V. jaoi</i> Ley 1944	<i>V. jaoi</i> Ley 1944
		<i>V. mediterranea</i> Derbès & Solier in Castagne 1851	<i>V. mediterranea</i> Derbès & Solier in Castagne 1851
		<i>V. mammiformis</i> De Candolle 1805	<i>V. mammiformis</i> De Candolle 1805
	<i>V. vipera</i> Blum 1960	<i>V. vipera</i> Blum 1960	<i>V. vipera</i> Blum 1960

ANEXO 2: Porcentajes de variación intra e interespecífica de las secuencias del gen *rbcL* y sus espaciadores.

En este anexo se incluyen matrices de comparación de los porcentajes de variación de las secuencias del gen *rbcL* y sus espaciadores entre especies o cepas pertenecientes a cada sección taxonómica del género *Vaucheria*. A su vez, se incluyen tablas de porcentajes de variación entre poblaciones mexicanas de *Vaucheria* y las especies morfológica y genéticamente más próximas considerando la variación en cada región, es decir, cada uno de los espaciadores y en el gen *rbcL*.

Tabla 20: Porcentajes de variación de la secuencia del gen *rbcL* y sus espaciadores entre especies/cepas de la sección *Androphorae* del género *Vaucheria*.

Especies/cepas	<i>V. coronata</i> (K364)	<i>V. synandra</i> (K388)
<i>V. coronata</i> (K364)	NA	NA
<i>V. synandra</i> (K388)	2.6	NA

Tabla 21: Porcentajes de variación de la secuencia del gen *rbcL* y sus espaciadores entre especies/cepas de la sección *Piloboloideae* del género *Vaucheria*. Los valores máximos y mínimos entre especies se resaltan con negritas.

Especies/cepas	<i>V. compacta</i> (CAN)	<i>V. litorea</i> (K379)	<i>V. medusa</i> (K362)
<i>V. compacta</i> (CAN)	NA	NA	NA
<i>V. litorea</i> (K379)	8.5	NA	NA
<i>V. medusa</i> (K362)	7.45	9.11	NA

Tabla 22: Porcentajes de variación de la secuencia del gen *rbcL* y sus espaciadores entre especies/cepas de la sección *Woroninia* del género *Vaucheria*. Los valores máximos y mínimos entre especies se resaltan con negritas y entre cepas de la misma especie en cursiva.

Especies/cepas	<i>V. conifera</i> (K366)	<i>V. dichotoma</i> (K312)	<i>V. dichotoma</i> (K314)	<i>V. schleicheri</i> (K386)
<i>V. conifera</i> (K366)	NA	NA	NA	NA
<i>V. dichotoma</i> (K312)	15.92	NA	NA	NA
<i>V. dichotoma</i> (K314)	16.29	<i>3.19</i>	NA	NA
<i>V. schleicheri</i> (K386)	15.74	14.32	14.8	NA

Tabla 23: Porcentajes de variación de la secuencia del gen *rbcL* y sus espaciadores entre especies/cepas de la sección *Racemosae* del género *Vaucleria*. Los valores máximos y mínimos entre espacios se resaltan con negritas y entre cepas de la misma especie en cursiva.

Especies/cepas	<i>V. frigida</i> (T9818)	<i>V. frigida</i> (CCAP7456)	<i>V. serrescens</i> (<i>frigida</i>) (K461)	<i>V. serrescens</i> (UTEX2065)	<i>V. serrescens</i> (UTEX1035)	<i>V. geminata</i> (CCMP2055)	<i>V. geminata</i> (SAG4881)	<i>V. prona</i> (HML1)	<i>V. prona</i> (QPIA)	<i>V. prona</i> (K568)	<i>V. prona</i> (SAG5181)	<i>V. walzii</i> (K387)	<i>V. walzii</i> (K460)
<i>V. frigida</i> (T9818)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. frigida</i>	3.19	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. serrescens</i> (CCAP7456)	3.57	2.32	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. frigida</i> (K461)	2.9	0.83	2.71	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. serrescens</i> (UTEX2065)	3.4	2.71	0.38	2.43	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. geminata</i> (UTEX1035)	4.89	3.76	3.98	3.93	4.15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. geminata</i> (CCMP2055)	5.17	4.15	4.15	4.31	4.31	1.43	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. prona</i> (SAG4881)	4.4	3.43	3.37	3.48	4.43	1.66	1.99	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. prona</i> (HML1)	4.56	3.48	3.48	3.59	3.65	1.88	2.04	1.05	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. prona</i> (QPIA)	4.31	3.48	3.75	3.65	3.54	1.71	1.88	0.83	0.88	NA	NA	NA	NA
<i>V. prona</i> (K568)	4.56	3.48	3.48	3.59	3.65	1.88	2.04	1.05	0	0.88	NA	NA	NA
<i>V. prona</i> (K462)	4.45	3.32	3.2	3.48	3.37	1.66	1.82	0.71	0.77	0.55	0.77	NA	NA
<i>V. walzii</i> (SAG5181)	4.28	3.04	3.26	3.2	3.42	2.87	3.26	2.37	2.21	2.37	2.37	NA	NA
<i>V. enativapora</i> (K387)	5.5	4.42	4.75	4.37	4.87	4.26	4.64	3.76	3.98	3.81	3.98	3.76	NA
<i>V. pseudogeminata</i> (K460)	5.16	4.03	4.2	3.98	4.25	4.09	4.18	3.87	4.14	3.87	4.14	3.7	3.86

Tabla 24: Porcentajes de variación de la secuencia del gen *rbcL* y sus espaciadores entre especies cepas de la sección *Corticulatae* del género *Vaucheria*. Los valores máximos y mínimos entre especies se resaltan con negritas y entre cepas de la misma especie en cursiva.

Especies cepas	<i>V. arcazomensis</i> (UTEX761)	<i>V. burzata</i> (CCMP1084)	<i>V. burzata</i> (UTEX2067)	<i>V. aff. alihyynii</i> (K402)	<i>V. alihyynii</i> (K464)	<i>V. repens</i> (K583)
<i>V. arcazomensis</i> (UTEX761)	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. burzata</i> (CCMP1084)	3.42	NA	NA	NA	NA	NA
<i>V. burzata</i> (UTEX2067)	3.2	0.27	NA	NA	NA	NA
<i>V. aff. alihyynii</i> (K402)	1.93	3.42	3.2	NA	NA	NA
<i>V. alihyynii</i> (K464)	2.87	3.97	3.75	2.32	NA	NA
<i>V. repens</i> (K583)	2.04	3.53	3.31	2.15	2.98	NA

]

Tabla 25: Número de mutaciones (No. de mut.) y porcentaje de variación (%var) por región y en total entre las secuencias de especies y cepas reportadas por Andersen y Bailey (2002) y las poblaciones mexicanas de *Vaucheria* correspondientes a las secciones *Tubuligeriae*, *Racemiosae* (Grupo *Pseudogeminata*) y *Vaucheria*. La referencia a las poblaciones mexicanas se hace a través de la exploración (Exp.) en que fueron colectadas.

Comparación	Espaciador <i>psbA-rbcL</i>		Gen <i>rbcL</i>		Spacer <i>rbcL-rbcS</i>		Total	
	No. de mut.	%var	No. de mut.	%var	No. de mut.	%var	No. de mut.	%var
<i>V. oeriza</i> (K384 vs. Exp.22)	1	0.37	17	1.15	1	1.33	19	1.05
<i>V. canalicularis</i> (K385 vs. Exp.25)	3	1.13	12	0.81	1	1.41	16	0.89
<i>V. pseudogeminata</i> (K460) vs. <i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	9	3.37	42	2.86	3	4.11	54	2.98

Tabla 26: Número de mutaciones (No. de mut.) y porcentaje de variación (%var) por región y en total entre las secuencias de especies y cepas reportadas por Andersen y Bailey (2002) (Columna 1) y las poblaciones mexicanas de *Vaucheria* (Columna 2) correspondientes a la sección *Corniculatae*. Para las poblaciones mexicanas se hace específica la exploración en que fueron colectadas.

1	2	Espaciador <i>psbA-rbcL</i>		Gen <i>rbcL</i>		Spacer <i>rbcL-rbcS</i>		Total	
		No. de mut.	%var	No. de mut.	%var	No. de mut.	%var	No. de mut.	%var
<i>V. arcaissonensis</i> (UTEX761)	<i>V. borealis</i> (Exp. 13)	7	2.63	34	2.31	0	0.00	41	2.26
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	4	1.50	34	2.32	0	0.00	38	2.10
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	4	1.50	33	2.25	0	0.00	37	2.05
	<i>V. cf. repens</i> (Exp.29)	5	1.87	28	1.91	3	3.95	36	1.99
<i>V. aff. dillwynii</i> (K402)	<i>V. borealis</i> (Exp. 13)	11	4.14	35	2.38	0	0.00	46	2.54
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	0	0.00	11	0.75	0	0.00	11	0.61
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	0	0.00	10	0.68	0	0.00	10	0.55
	<i>V. cf. repens</i> (Exp.29)	7	2.62	33	2.25	3	3.95	43	2.38
<i>V. bursata</i> (CCMP1084)	<i>V. borealis</i> (Exp. 13)	16	6.02	52	3.54	1	1.33	69	3.81
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	12	4.49	51	3.48	1	1.33	64	3.54
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	12	4.49	52	3.54	1	1.33	65	3.59
	<i>V. cf. repens</i> (Exp.29)	13	4.87	55	3.75	2	2.63	70	3.87
<i>V. bursata</i> (UTEX2067)	<i>V. borealis</i> (Exp. 13)	13	4.89	53	3.61	1	1.33	67	3.70
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	8	3.00	51	3.48	1	1.33	60	3.32
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	8	3.00	52	3.54	1	1.33	61	3.37
	<i>V. cf. repens</i> (Exp.29)	9	3.37	55	3.75	2	2.63	66	3.65
<i>V. dillwynii</i> (K464)	<i>V. borealis</i> (Exp. 13)	16	6.02	45	3.06	0	0.00	61	3.37
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	11	4.12	34	2.32	0	0.00	45	2.49
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	11	4.12	35	2.39	0	0.00	46	2.54
	<i>V. cf. repens</i> (Exp.29)	14	5.24	41	2.79	3	3.95	58	3.21
<i>V. repens</i> (K583)	<i>V. borealis</i> (Exp. 13)	6	2.26	28	1.90	1	1.33	35	1.93
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	7	2.62	33	2.25	0	0.00	40	2.21
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	7	2.62	32	2.18	1	1.33	40	2.21
	<i>V. cf. repens</i> (Exp.29)	0	0.00	6	0.41	2	2.63	8	0.44

Tabla 27: Número de mutaciones (No. de mut.) y porcentaje de variación (%var) por región y en total entre las secuencias de las poblaciones mexicanas de *Vaucheria* correspondientes a la sección *Corniculatae*. En las columnas 1 y 2 se especifican las poblaciones que se comparan en cada fila. Se incluye el número de exploración (Exp.) en que fueron colectadas.

1	2	Espaciador <i>psbA-rbcL</i>		Gen <i>rbcL</i>		Spacer <i>rbcL-rbcS</i>		Total	
		No. de mut.	%var	No. de mut.	%var	No. de mut.	%var	No. de mut.	%var
<i>V. borealis</i> (Exp. 13)	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	11	4.12	37	2.52	0	0.00	48	2.65
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	11	4.12	36	2.45	0	0.00	47	2.60
	<i>V. cf. repens</i> (Exp.29)	6	2.25	30	2.04	3	3.95	39	2.16
<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	0	0.00	1	0.07	0	0.00	1	0.06
	<i>V. cf. repens</i> (Exp.29)	7	2.62	35	2.39	3	3.95	45	2.49
<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	<i>V. cf. repens</i> (Exp.29)	7	2.62	34	2.32	3	3.95	44	2.43

ANEXO 3: Árboles de similitud de las secuencias del gen *rbcL* y sus espaciadores de especies de *Vaucheria*.



Fig. 102. Árbol de similitud de las secuencias del gen *rbcL* de especies de *Vaucheria* basado en el método de neighbor-joining. *Asterosiphon dichotomus* y *Odontella sinensis* fueron utilizadas como grupos externos. Los valores en los nodos representan el soporte Bootstrap.concenso. La referencia a las poblaciones mexicanas se hace a través de la exploración (Exp.) en que fueron colectadas. En rojo, sección *Androphorae*; azul claro, sección *Woroninia*; en verde, sección *Corniculatae*; en rosa, sección *Tubuligerae*; en azul marino, sección *Piloboloideae*; en lila, sección *Vaucheria*; en naranja, sección *Racemosae*.

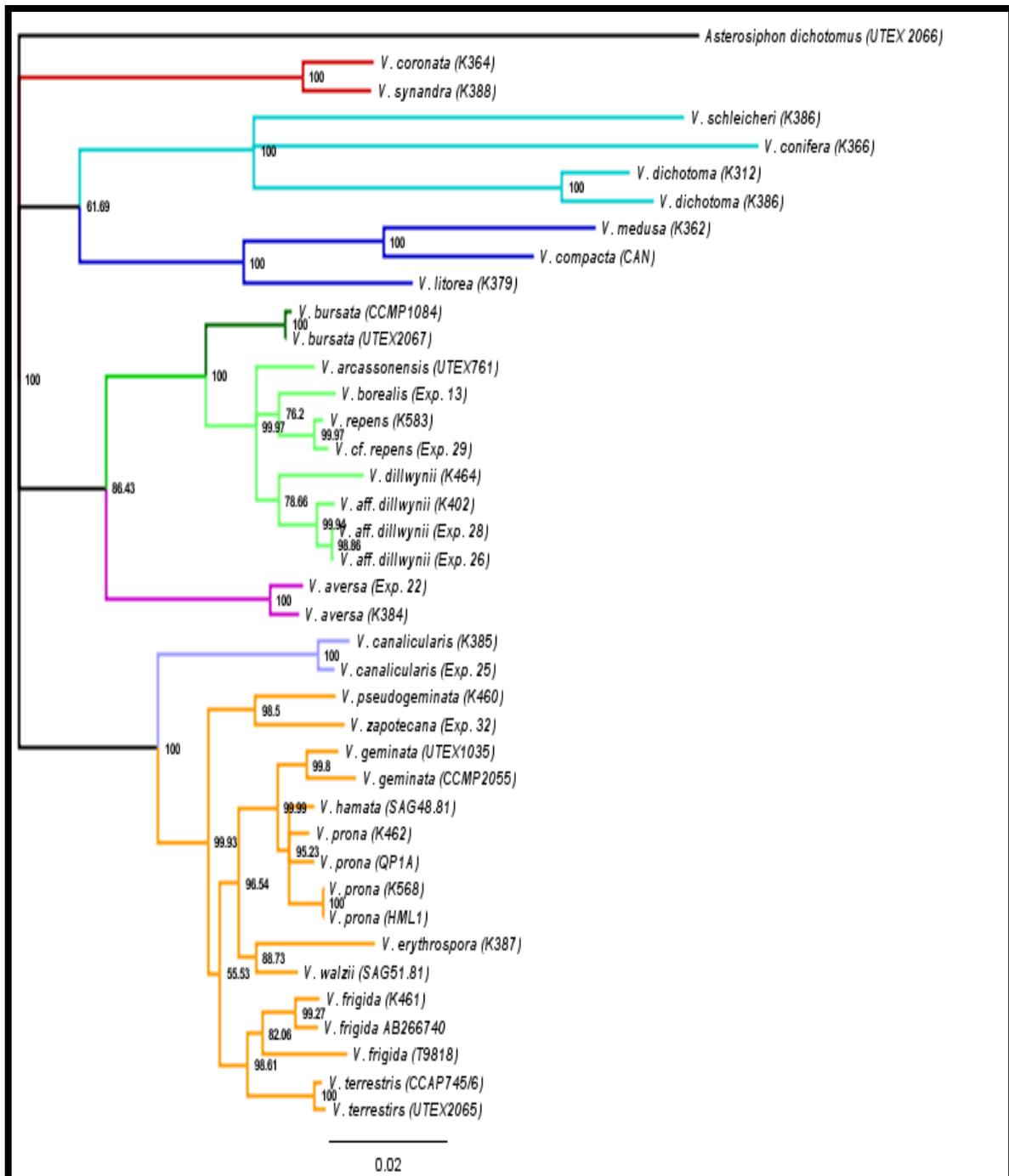


Fig. 103. Árbol de similitud de las secuencias del gen *rbcL* y sus espaciadores de especies de *Vaucheria* basado en el método de neighbor-joining. *Asterosiphon dichotomous* fue utilizado como un grupo externo. Los valores en los nodos representan el soporte Bootstrap.concenso. La referencia a las poblaciones mexicanas se hace a través de la exploración (Exp.) en que fueron colectadas. En rojo, sección *Androphorae*; azul claro, sección *Woroninia*; en verde, sección *Corniculatae*; en rosa, sección *Tubuligerae*; en azul marino, sección *Piloboloideae*; en lila, sección *Vaucheria*; en naranja, sección *Racemosae*.

ANEXO 4: Tablas comparativas de caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos.

En este anexo se incluyen las tablas comparativas de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos evaluados para distintas poblaciones mexicanas de *Vaucheria* y para los datos de especies cercanas tratadas en diversas publicaciones que pertenecen a una misma sección taxonómica.

Sección *Tubuligerae*

Tabla 28: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos generales del talo de *Vaucheria aversa* (sección *Tubuligerae*) correspondientes a la literatura y al material colectado en la exploración 22.

Taxa	Caracteres	
	Sexualidad	Ubicación de los gametangios
<i>Vaucheria aversa</i> ¹⁻⁷	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria aversa</i> (Exp. 22)	Monoica	Laterales al sifón

¹Brown (1929), ²Sarma (1974), ³Rieth (1980), ⁴Entwisle (1988a), ⁵Krzyk (2001), ⁶Johnson y Merritt (2002), ⁷Zelazna-Wieczorek (2002).

Tabla 29: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos del anteridio de *Vaucheria aversa* (sección *Tubuligerae*) correspondientes a la literatura y al material colectado en la exploración 22. Caracteres: 1=presencia de pedicelo, 2=curvatura del pedicelo, 3=ubicación con respecto al oogonio, 4=número por grupo gametangial, 5=forma, 6=variación del diámetro, 7=tipo de dehiscencia, 8=número de poros, 9=dirección del poro. Abreviaciones de estados de carácter: A=ausente, Ap=apertura por poro, Ar= arqueado, Do=debajo del oogonio, Fs=Fusiforme, Ho= hacia el oogonio, Lo=lateral al oogonio, Ma= más ancho en el ápice, Mb= más ancho en la base, P=presente, R=recto, Rc=recto-cilíndrico, Sv=sin variación. Las diferencias se muestran en negritas.

Taxa	Caracteres								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Vaucheria aversa</i> ¹⁻⁷	A, P	R	Lo	1-3	Fs, Rc	Ma , Mb, Sv	Ap	1	Ho
<i>Vaucheria aversa</i> (Exp. 22)	P	Ar , R	Do, Lo	1-2	Fs, Rc	Mb, Mc , Sv	Ap	1	Ho

¹Brown (1929), ²Sarma (1974), ³Rieth (1980), ⁴Entwisle (1988a), ⁵Krzyk (2001), ⁶Johnson y Merritt (2002), ⁷Zelazna-Wieczorek (2002).

Tabla 30: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos del oogonio de *Vaucheria aversa* (sección *Tubuligerae*) correspondientes a la literatura y al material colectado en la exploración 22. Caracteres: 1= presencia de pedicelo, 2=orientación del pedicelo, 3=número por grupo gametangial, 4=ultraestructura de la pared, 5=forma, 6=simetría, 7=presencia de pico. Abreviaciones de estados de carácter: A=ausente, Bi=bilateral, Ca= cabeza de ave, E= estriada, Er=erecto, N/E=no evaluado, Gb=globosa, Ov=ovoide, Ovr=Ovoide-reniforme, P=presente, Ra=radial, Sb=subesférica. Las diferencias se muestran en negritas.

Taxa	Caracteres						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Vaucheria aversa</i> ¹⁻⁷	A, P	Er	1-6	E	Ca, Gb, Ov, Sb	Bi, Ra	A, P
<i>Vaucheria aversa</i> (Exp. 22)	A, P	Er	1	N/E	Ca, Ovr	Bi	P

¹Brown (1929), ²Sarma (1974), ³Rieth (1980), ⁴Entwisle (1988a), ⁵Krzyk (2001), ⁶Johnson y Merritt (2002), ⁷Zelazna-Wieczorek (2002).

Tabla 31: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos de la oóspora de *Vaucheria aversa* (sección *Tubuligerae*) correspondientes a la literatura y al material colectado en la exploración 22. Caracteres: 1=espacio que ocupa en el oogonio, 2=número de capas de la pared, 3=forma, 4=presencia de protuberancia, 5=presencia de puntos de pigmento, 6=número de puntos de pigmento, 7=color de los puntos de pigmento. Abreviaciones de estados de carácter: A=ausente, El=elipsoidal, Es=esférica, N/A=no aplica, Nllo=no llena el oogonio, Ov=ovoide, P=presente, R=rojo, Sb=subesférica. Las diferencias se muestran en negritas.

Taxa	Caracteres						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Vaucheria aversa</i> ¹⁻⁷	Nllo	3	El, Es, Ov, Sb	A	P	>1	R
<i>Vaucheria aversa</i> (Exp. 22)	Nllo	1-3	El, Es, Sb	A	A	N/A	N/A

¹Brown (1929), ²Sarma (1974), ³Rieth (1980), ⁴Entwisle (1988a), ⁵Krzyk (2001), ⁶Johnson y Merritt (2002), ⁷Zelazna-Wieczorek (2002).

Sección *Corniculatae*

Tabla 32: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos generales del talo de las especies de *Vaucheria* pertenecientes a la sección *Corniculatae*. Se presentan los datos correspondientes a lo reportado en la literatura y los evaluados en poblaciones mexicanas. Las diferencias entre poblaciones de la misma especie se subrayan.

Taxa	Caracteres	
	Sexualidad	Ubicación de los gametangios
<i>Vaucheria aff. dilwynii</i> (Exp. 26)	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria aff. dilwynii</i> (Exp. 28)	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria antarctica</i> ¹	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria arcassonensis</i> ²⁻⁴	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria borealis</i> ³⁻¹⁰	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria borealis</i> (Exp. 7, 13)	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria bursata sensu lato</i> ^{3,4,6,9-14}	Monoica	<u>Ápice del sifón</u> , Laterales al sifón
<i>Vaucheria cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556, 2557)	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria nanandra</i> ⁴	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria pseudosessilis</i> ¹¹	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria repens</i> ^{3,6-8,15}	Monoica	Laterales al sifón
<i>Vaucheria cf. repens</i> (Exp. 3, 29)	Monoica	Laterales al sifón

¹Reinsch (1890), ²Ott y Hommersand (1974), ³Rieth (1980), ⁴Entwisle (1988a), ⁵Hirn (1900), ⁶Brown (1929), ⁷Hoppaugh (1930), ⁸González-Guerrero (1945), ⁹Entwisle (1987), ¹⁰Johnson y Merritt (2002), ¹¹Chapman (1956), ¹²Cambra (1992), ¹³Wolowski (2002), ¹⁴Fernández-García *et al.* (2011), ¹⁵Sarma (1974).

Tabla 33: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos del anteridio de las especies de *Vaucheria* pertenecientes a la sección *Corniculatae*. Se presentan los datos correspondientes a lo reportado en la literatura y los evaluados en poblaciones mexicanas. Caracteres: 1=presencia de pedicelo, 2=curvatura del pedicelo, 3=ubicación con respecto al oogonio, 4=número por grupo gametangial, 5=forma, 6=variación del diámetro, 7=tipo de dehiscencia, 8=número de poros, 9=dirección del poro. Abreviaciones de estados de carácter: Ao=alejándose del oogonio, Ap=apertura por poro, Cc=circinado cilíndrico, Ct=contorsionado, D=curvado distalmente, Do=debajo del oogonio, En=entre dos oogonios, Es=espiralado, Ga=ganchudo, Ho= hacia el oogonio, Ir=irregular, L=curvado lateralmente, Lo=lateral al oogonio, Ma= más ancho en el ápice, Mb= más ancho en la base, Pa=curvado paralelamente, P=presente, R=recto, Rc=recto cilíndrico, Sl=solitario, So=sobre el oogonio, Sv=sin variación. Los estados de carácter únicos en una especie se indican en negritas y en una población de una misma especie se subrayan. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 observaciones para un carácter.

Taxa	Caracteres								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	P	D, L	En, Lo, <u>Sl</u>	1-2	Cc (!)	Mb, Sv (!)	Ap (!)	1 (!)	Ao, Ho (!)
<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	P (!)	D, L, <u>Pa</u> , <u>R</u>	En, Lo (!)	1	Cc	<u>Ma</u> , Mb, Sv, (!)	Ap	1 (!)	Ao, Ho (!)
<i>V. antarctica</i> ¹	P	R	Lo	1	Cc	Mb	Ap	1	Ao
<i>V. arcassonensis</i> ²⁻⁴	P	R	Do, Lo, So	1-2	Ct, Es, Ga, Ir, Rc	Ma, Mb, Sv	Ap	1	Ao, Ho
<i>V. borealis</i> ³⁻¹⁰	P	D, <u>L</u> , R	En, Lo	1-2	Cc	Mb	Ap	1	Ao, Ho
<i>V. borealis</i> (Exp. 7, 13)	P	D, R	<u>Do</u> , En, Lo	1-2	Cc	<u>Ma</u> , Mb, <u>Sv</u>	Ap	1	Ao, Ho
<i>V. bursatas.l.</i> ^{3, 4, 6, 9-14}	P	D, L, Pa, <u>R</u>	<u>En</u> , Lo, Sl	1	Cc	Mb	Ap	1, 2	Ao, <u>Ho</u>
<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556, 2557)	P	D, L, Pa	Lo, Sl	1 (!)	Cc (!)	Mb, <u>Sv</u> (!)	Ap (!)	1 (!)	Ao (!)
<i>V. nanandra</i> ⁴	P	D, L, Pa, R	En, Lo	1	Cc	Mb	Ap	1	Ho
<i>V. pseudosessilis</i> ¹¹	P	R	Lo	1	Cc	Mb	Ap	1	Ho
<i>V. repens</i> ^{3, 6-8, 15}	P	D, L, <u>Pa</u> , <u>R</u>	En, Lo, Sl	1	Cc	Mb	Ap	1	Ao, Ho
<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3, 29)	P	D, L	En, Lo, Sl	1	Cc, <u>Ga</u>	<u>Ma</u> , Mb, <u>Sv</u>	Ap	1	Ao, Ho

¹Reinsch (1890), ²Ott y Hommersand (1974), ³Rieth (1980), ⁴Entwisle (1988a), ⁵Hirn (1900), ⁶Brown (1929), ⁷Hoppaugh (1930), ⁸González-Guerrero (1945), ⁹Entwisle (1987), ¹⁰Johnson y Merritt (2002), ¹¹Chapman (1956), ¹²Cambra (1992), ¹³Wolowski (2002), ¹⁴Fernández-García *et al.* (2011), ¹⁵Sarma (1974).

Tabla 34: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos del oogonio de las especies de *Vaucheria* pertenecientes a la sección *Corniculatae*. Se presentan los datos correspondientes a lo reportado en la literatura y los evaluados en poblaciones mexicanas. Caracteres: 1=presencia de pedicelo, 2=orientación del pedicelo, 3=número por grupo gametangial, 4=ultraestructura de la pared, 5=forma, 6=simetría, 7=presencia de pico. Abreviaciones de estados de carácter: - =sin información, A=Ausente, Bi=bilateral, Co=colgante, El=elipsoidal, Er=erecto, Dg=dimidiado-globoso, Le=lisa externa, N/A=no aplica, N/E=no evaluado, Ob=oblongo, Obr=oblongo-reniforme, Ov=ovoide, Ovr=ovoide-reniforme, P=presente, R=reniforme, Ra=radial, Ri=reticulada interna, Sb=subesférica. Los estados de carácter únicos en una especie se indican en negritas y en una población de una misma especie se subrayan. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 observaciones para un carácter.

Taxa	Caracteres						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	<u>A</u> , P	Er (!)	1-2 (!)	Le (!)	Dg, Ov	Bi, Ra	A, P
<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	P (!)	Er (!)	1-2 (!)	Le	Dg, Ov (!)	Bi, Ra (!)	A, P (!)
<i>V. antarctica</i> ¹	A	N/A	1	Le	Ov	Ra	A
<i>V. arcaissonensis</i> ²⁻⁴	A, P	Co , Er	1-4	Le	El, Obr , Ovr, R	Bi	P
<i>V. borealis</i> ³⁻¹⁰	A, <u>P</u>	<u>Er</u>	1-2	Le, Ri	<u>Ov</u> , Ovr	Bi	P
<i>V. borealis</i> (Exp. 7, 13)	A	N/A	1-2	Le, Ri	Ovr, <u>Sb</u>	Bi (Ra)	P
<i>V. bursata s.l.</i> ^{3, 4, 6, 9-14}	A, <u>P</u>	<u>Er</u>	1-2	Le	<u>Ob</u> , Ov, Ovr, <u>Sb</u>	Bi, Ra	P
<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556, 2557)	A	N/A	<u>1</u> (!)	N/E	Ov, Ovr	Bi, Ra	<u>A</u> , P (!)
<i>V. nanandra</i> ⁴	A	N/A	1-2	Le	Ov	Bi	P
<i>V. pseudosessilis</i> ¹¹	A	N/A	1	-	Ob, Ov	Ra	P
<i>V. repens</i> ^{3, 6-8, 15}	A, <u>P</u>	<u>Er</u>	1-2	-	Ov	Bi	P
<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3, 29)	A	N/A	1-2	Le (!)	<u>Dg</u> , <u>El</u> , Ov	Bi, <u>Ra</u>	P

¹Reinsch (1890), ²Ott y Hommersand (1974), ³Rieth (1980), ⁴Entwisle (1988a), ⁵Hirn (1900), ⁶Brown (1929), ⁷Hoppaugh (1930), ⁸González-Guerrero (1945), ⁹Entwisle (1987), ¹⁰Johnson y Merritt (2002), ¹¹Chapman (1956), ¹²Cambra (1992), ¹³Wolowski (2002), ¹⁴Fernández-García *et al.* (2011), ¹⁵Sarma (1974).

Tabla 35: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos de la oóspora de las especies de *Vaucheria* pertenecientes a la sección *Corniculatae*. Se presentan los datos correspondientes a lo reportado en la literatura y los evaluados en poblaciones mexicanas. Caracteres: 1=espacio que ocupa en el oogonio, 2=número de capas de la pared, 3=forma, 4=presencia de protuberancia, 5=presencia de puntos de pigmento, 6=número de puntos de pigmento, 7=color de los puntos de pigmento. Abreviaciones de estados de carácter: - =sin información, A=ausente, Cr=café rojizo, Dg=dimidiado-globoso, El=elipsoidal, Llo=llena el oogonio, Llomb=llena el oogonio menos la base, Llomp=llena el oogonio menos el pico, N/A=no aplica, Obr=oblongo-reniforme, Os=oscuro, Ov=ovoide, Ovr=ovoide-reniforme, P=presente, Pn=pardo negruzco, R=rojo, Re=reniforme, Sb=subesférica. Los estados de carácter únicos en una especie se indican en negritas y en una población de una misma especie se subrayan. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 observaciones para un carácter.

Taxa	Caracteres						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	Llo, <u>Llomp</u> (!)	3	Ov, <u>Sb</u> (!)	P (!)	A (!)	N/A	N/A
<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	Llo (!)	3 (!)	<u>Dg</u> , Ov (!)	<u>A</u> , P (!)	A (!)	N/A	N/A
<i>V. antarctica</i> ¹	Llo	5	Ov	A	-	-	-
<i>V. arcassonensis</i> ²⁻⁴	Llomb , Llomp	-	El, Obr , Re	A	P	1	Cr
<i>V. borealis</i> ³⁻¹⁰	<u>Llomp</u>	3	<u>Ov</u> , Ovr	P	A	N/A	N/A
<i>V. borealis</i> (Exp. 7, 13)	<u>Llo</u>	3	Ovr	P	A, <u>P</u>	1	Pn
<i>V. bursata s.l.</i> ^{3, 4, 6, 9-14}	Llo, Llomp	3	<u>Ov</u> , Ovr	<u>P</u>	<u>P</u>	<u>1,>1</u>	<u>Cr</u> , <u>Os</u> , <u>R</u>
<i>V. cf. bursata</i> . (FCME-PA 2540, 2556, 2557)	Llo, Llomp (!)	3	<u>Dg</u> , Ovr, <u>Sb</u> (!)	<u>A</u> (!)	<u>A</u> (!)	N/A	N/A
<i>V. nanandra</i> ⁴	Llomp	-	Ov	P	-	-	-
<i>V. pseudosessilis</i> ¹¹	Llomp	3	Sb	A	A	N/A	N/A
<i>V. repens</i> ^{3, 6-8, 15}	Llomp	3	Ov	P	P	1,>1	Pn
<i>V. cf repens</i> (Exp. 3, 29)	Llo, <u>Llomp</u>	3 (!)	<u>Dg</u> , <u>El</u> , Ov	P	<u>A</u> , P	1, >1	<u>Cr</u>

¹Reinsch (1890), ²Ott y Hommersand (1974), ³Rieth (1980), ⁴Entwisle (1988a), ⁵Hirn (1900), ⁶Brown (1929), ⁷Hoppaugh (1930), ⁸González-Guerrero (1945), ⁹Entwisle (1987), ¹⁰Johnson y Merritt (2002), ¹¹Chapman (1956), ¹²Cambra (1992), ¹³Wolowski (2002), ¹⁴Fernández-García *et al.* (2011), ¹⁵Sarma (1974).

Sección *Racemosae* y *Vaucheria*

Tabla 36: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos generales del talo de las especies de *Vaucheria* pertenecientes a las secciones *Racemosae* y *Vaucheria*. Se presentan los datos correspondientes a lo reportado en la literatura y los evaluados en poblaciones mexicanas. Caracteres: 1=sexualidad, 2=ubicación de los gametangios, 3=orientación de las paredes del pedúnculo, 4=presencia de gametóforos adventicios. Abreviaciones de estados de carácter: A=ausente, As=ápice del sifón, G= gametóforo, M=monoica, N/E=no evaluado, P=presente, Pc=paredes laterales convergentes, Pd=paredes laterales divergentes, Pp=paredes laterales paralelas. Los estados de carácter únicos en una especie se indican en negritas y en una población de una misma especie se subrayan. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 observaciones para un carácter.

Taxa	Caracteres			
	1	2	3	4
<i>V. canalicularis</i> ¹⁻⁸	M	As, G	<u>Pc, Pd, Pp</u>	A
<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	M	As, G	Pp	A
<i>V. geminata</i> ^{1-3,5-7,9-19}	M	As, G	Pc, Pd, Pp	P
<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197, 198)	N/E	N/E	N/E	N/E
<i>V. frigida</i> ^{2,3,5-7,14,18,20-23}	M	G	Pc, Pd, Pp	P
<i>V. prona</i> ^{2-5,7,20-22}	M	<u>As</u> , G	Pc, Pd, <u>Pp</u>	P
<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4, 7)	M	G	Pc, Pd	P
<i>V. prona</i> (Exp. 8)	M	G	Pd	A
<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556)	M	G (!)	Pd (!)	A (!)
<i>V. racemosa</i> ^{2,5-7,9,20,24}	M	G	Pc, Pd, Pp	P
<i>V. pseudogeminata</i> ^{2,3,5,20,25}	M	As, G	Pd, Pp	A, P
<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	M	G	Pd, Pp	A, P

¹Brown (1929), ²Rieth (1980), ³Entwisle (1988a), ⁴Cambra (1992), ⁵Johnson y Merritt (2002), ⁶Wolowski (2002), ⁷Zelazná-Wieczorek (2002), ⁸Nemjová y Kaufnerová (2009), ⁹Lamarck y de Candolle (1805), ¹⁰Agardh (1812), ¹¹Hoppaugh (1930), ¹²Tiffany (1937), ¹³Wunderlin (1971), ¹⁴Sarma (1974), ¹⁵Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981), ¹⁶Novelo (1998), ¹⁷Peres *et al.* (2008), ¹⁸Fernández-García *et al.* (2011), ¹⁹Tonetto *et al.* (2012), ²⁰Blum (1953), ²¹Entwisle (1988b), ²²Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra (1998), ²³Krzyk (2001), ²⁴Schneider y Lane (2000), ²⁵Ramos de Almeida *et al.* (2011).

Tabla 37: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos del anteridio de las especies de *Vaucheria* pertenecientes a las secciones *Racemosae* y *Vaucheria*. Se presentan los datos correspondientes a lo reportado en la literatura y los evaluados en poblaciones mexicanas. Caracteres: 1=presencia de pedicelo, 2=curvatura del pedicelo, 3=ubicación, 4=número por grupo gametangial, 5=forma, 6=variación del diámetro, 7=orientación del plano de curvatura del sistema anteridial con respecto al pedúnculo, 8=tipo de dehiscencia, 9=número de poros, 10=dirección del poro. Abreviaciones de estados de carácter: Ao=alejándose del oogonio, Ap=apertura por poro, Cc=circinado cilíndrico, Cg=central en el gametóforo, D=curvado distalmente, Do=debajo del oogonio, En=entre dos oogonios, Ho= hacia el oogonio, L=curvado lateralmente, Li=Ligeramente inclinado, Lo=lateral al oogonio, Ma= más ancho en el ápice, Mb= más ancho en la base, N/E=no evaluado, P=presente, Po=paralelo, Pa=curvado paralelamente, Pu=pulvinado, R=recto, So=sobre el oogonio, Sv=sin variación, T=transverso, Tg=terminal en el gametóforo. Los estados de carácter únicos en una especie se indican en negritas y en una población de una misma especie se subrayan. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 observaciones para un carácter.

Taxa	Caracteres									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>V. canalicularis</i> ¹⁻⁸	P	<u>D</u> , L, Pa, <u>R</u>	Cg, <u>Do</u> , En, <u>Lo</u> , So, Tg	1	Pu	Ma	Po	Ap	2 (-4)	En, <u>Ho</u>
<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	P	L, Pa	Cg, En, So, Tg	1	Pu	Ma	Po, <u>T</u>	Ap	2	En
<i>V. geminata</i> ^{1-3,5-7,9-19}	P	D, L, Pa, R	Cg, Do, En, Lo, So, Tg	1	Cc	Mb, Sv	Po, T	Ap	1	Ao, En, Ho
<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197, 198)	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
<i>V. frigida</i> ^{2,3,5-7,14,18,20-23}	P	D, L, Pa	Cg, Do, Tg	1	Cc	Mb, Sv	Li, Po	Ap	1	Ao, En, Ho
<i>V. prona</i> ^{2-5,7,20-22}	P	D, L, Pa	Cg, Do, En, <u>Lo</u> , Tg	1	Cc	Mb, Sv	<u>Li</u> , Po	Ap	1	Ao, En, Ho
<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4, 7)	P	D, Pa	Cg, Do, En, Tg	1	Cc	Ma, Mb, Sv	Po	Ap	1	Ao, Ho
<i>V. prona</i> (Exp. 8)	P	D, Pa, R	Cg, Do, En, Tg	1	Cc	Ma, Mb, Sv (!)	Po	Ap	1	Ao, Ho
<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556)	P (!)	Pa, R (!)	Cg, Do, <u>So</u> , Tg (!)	1 (!)	Cc (!)	Mb (!)	Po (!)	Ap (!)	1 (!)	Ao (!)
<i>V. racemosa</i> ^{2,5-7,9,20,24}	P	D, L, Pa	Cg, Do, En, Lo, So, Tg	1	Cc	Mb, Sv	Po, T	Ap	1	Ao, En, Ho
<i>V. pseudogeminata</i> ^{2,3,5,20,25}	P	D, L, Pa	Cg, Do, En, Lo, So, Tg	1	Cc	Mb	Po	Ap	1	Ao, En, Ho
<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	P	D, L, Pa	Cg, So, Tg	1	Cc	Ma, Mb, Sv	Po	Ap	1	Ao, En, Ho

¹Brown (1929), ²Rieth (1980), ³Entwisle (1988a), ⁴Cambra (1992), ⁵Johnson y Merritt (2002), ⁶Wolowski (2002), ⁷Zelazná-Wieczorek (2002), ⁸Nemjová y Kaufnerová (2009), ⁹de Lamarck y de Candolle (1805), ¹⁰Agardh (1812), ¹¹Hoppaugh (1930), ¹²Tiffany (1937), ¹³Wunderlin (1971), ¹⁴Sarma (1974), ¹⁵Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981), ¹⁶Novelo (1998), ¹⁷Peres *et al.* (2008), ¹⁸Fernández-García *et al.* (2011), ¹⁹Tonetto *et al.* (2012), ²⁰Blum (1953), ²¹Entwisle (1988b), ²²Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra (1998), ²³Krzyk (2001), ²⁴Schneider y Lane (2000), ²⁵Ramos de Almedia *et al.* (2011).

Tabla 38: Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos del oogonio de las especies de *Vaucheria* pertenecientes a las secciones *Racemosae* y *Vaucheria*. Se presentan los datos correspondientes a lo reportado en la literatura y los evaluados en poblaciones mexicanas. Caracteres: 1=presencia de pedicelo, 2=orientación del pedicelo, 3=número por grupo gametangial, 4=orientación del eje mayor, 5=ultraestructura de la pared, 6=forma, 7=simetría, 8=presencia de pico, 9=orientación del poro de fertilización. Abreviaciones de estados de carácter: Ausente=A, Bi=bilateral, Co=colgante, Da=distal al anteridio, Db=dirigido a la base del pedúnculo, Dg=dimidiado-globoso, El=elipsoidal, Er=erecto, Es=esférico, Gb=globoso, Han=hacia el anteridio, Har=hacia arriba, Hbp=hacia la base del pedúnculo, Hsf=hacia el sifón, L=lisa, Nan=no dirigido hacia el anteridio, N/E=no evaluado, Ob=oblongo, Ov=ovoide, P=presente, Obr=oblongo-reniforme, Ovr=Ovoide-reniforme, Pa=paralelo al anteridio, Psf=paralelo al sifón, Ra=radial, Sb=subesférico, Ta=transversal al anteridio, Tp=transversal al pedúnculo. Los estados de carácter únicos en una especie se indican en negritas y en una población de una misma especie se subrayan. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 observaciones para un carácter.

Taxa	Caracteres								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>V. canalicularis</i> ¹⁻⁸	P	Er, <u>Tp</u>	1- <u>3</u>	<u>Da</u> , Pa	-	<u>Dg</u> , El, Ov , Ov	Bi	A	Han, Har
<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	P	Er	2	Pa	L	El, Obr , Ov, <u>Ovr</u>	Bi	A	Han, Har
<i>V. geminata</i> ^{1-3,5-7,9-19}	P	Er, Tp	1-3	Da, Pa, Ta, Tp	L	<u>Dg</u> , <u>El</u> , Es, Ov, Ovr, Sb	Bi	A	Han, Har, Nan, Psf
<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197, 198)	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	Es, Ov, Ovr, Sb	Bi, <u>Ra</u>	A	N/E
<i>V. frigida</i> ^{2,3,5-7,14,18,20-23}	A, P	Co, Er, Tp	1	Da, Db, Pa, Ta, Tp	L	Dg, Es, Gb , Ov, Ovr	Bi	A	Han, Hbp, Hsf, Nan, Psf
<i>V. prona</i> ^{2-5,7,20-22}	P	Co, Er, Tp	1- <u>4</u>	Da, Db, Pa, Ta, Tp	L	<u>Dg</u> , Ov, Ovr	Bi	A	Han, Hbp, Hsf, Nan, Psf
<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4, 7)	P	Co, Er, Tp	2	Db, Pa (!)	N/E	Ov, Ovr	Bi, Ra	A	N/E
<i>V. prona</i> (Exp. 8)	P	Co, Er, Tp	2-3 (!)	Da, Db, Pa, Ta, Tp	N/E	Ov, Ovr, <u>Sb</u>	Bi, Ra	A	Han, Hbp, Hsf, Psf
<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556)	P (!)	Co, Tp (!)	2-3 (!)	Da, Db, Pa (!)	N/E	Ov, Ovr (!)	Bi, Ra (!)	A (!)	Han, Hbp, Nan, Hsf (!)
<i>V. racemosa</i> ^{2,5-7,9,20,24}	P	Co, Er, Tp	2-7	Da, Db, Pa, Ta, Tp	-	Dg, Ov	Bi, Ra	A	Han, Hbp, Hsf, Nan, Psf
<i>V. pseudogeminata</i> ^{2,3,5,20,25}	A, P	Er, Tp	1-2	Db, Pa, Ta, Tp	L	Ovr	Bi	P	Han, Psf
<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	A	N/A	2	Pa	L	Ov, Ovr	Bi	P (!)	N/E

¹Brown (1929), ²Rieth (1980), ³Entwisle (1988a), ⁴Cambra (1992), ⁵Johnson y Merritt (2002), ⁶Wolowski (2002), ⁷Zelazná-Wieczorek (2002), ⁸Nemjová y Kaufnerová (2009), ⁹de Lamarck y de Candolle (1805), ¹⁰Agardh (1812), ¹¹Hoppaugh (1930), ¹²Tiffany (1937), ¹³Wunderlin (1971), ¹⁴Sarma (1974), ¹⁵Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981), ¹⁶Novelo (1998), ¹⁷Peres *et al.* (2008), ¹⁸Fernández-García *et al.* (2011), ¹⁹Tonetto *et al.* (2012), ²⁰Blum (1953), ²¹Entwisle (1988b), ²²Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra (1998), ²³Krzyk (2001), ²⁴Schneider y Lane (2000), ²⁵Ramos de Almedia *et al.* (2011).

Tabla 39: Intervalos de variación del diámetro de Comparación de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos discretos de la oóspora de las especies de *Vaucheria* pertenecientes a las secciones *Racemosae* y *Vaucheria*. Se presentan los datos correspondientes a lo reportado en la literatura y los evaluados en poblaciones mexicanas. Caracteres: 1=espacio que ocupa en el oogonio, 2=número de capas de la pared, 3=forma, 4=presencia de protuberancia, 5=presencia de puntos de pigmento, 6=número de puntos de pigmento, 7=color de los puntos de pigmento. Abreviaciones de estados de carácter: - =sin información, Am=amarillo, Cr=café rojizo, Cs=café sepia, Dg=dimidiado-globoso, El=elipsoidal, Es=esférica, Gb=globosa, Llo=llena el oogonio, Llomp=llena el oogonio menos el pico, Ne=negro, Ob=oblonga, Ov=ovoide, Ovr=ovoide-reniforme, Obr=oblongo-reniforme, Pn=pardo negruzco, R=rojo, Ra=rojo-amarillento, Sb=subesférica. Los estados de carácter únicos en una especie se indican en negritas y en una población de una misma especie se subrayan. El símbolo (!) indica que se hicieron menos de 10 observaciones para un carácter.

Taxa	Caracteres						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>V. canalicularis</i> ¹⁻⁸	Llo	<u>3-8</u>	<u>El</u>	A	P	1, >1	<u>Cr, R, Ra</u>
<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	Llo	<u>1</u>	Ob, Obr, Ov, Ovr	A	P	1, >1	<u>Cs</u>
<i>V. geminata</i> ^{1-3,5-7, 9-19}	Llo	3	<u>Dg, El</u> , Es, Ov, <u>Ovr</u> , Sb	A, P	A	-	-
<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197, 198)	Llo	3	Es, Ov, Sb	A, P	A, <u>P</u>	1 (!)	Cs, Cr (!)
<i>V. frigida</i> ^{2,3,5-7,14,18, 20-23}	Llo	8	Dg, Es, Gb , Ov, Ovr	P	P	1	Pn
<i>V. prona</i> ^{2-5,7,20-22}	Llo	-	<u>Dg</u> , Ovr	P	P	1	Ne , Pn
<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4, 7)	Llo	3	Ovr, Sb	A, P	A	N/A	N/A
<i>V. prona</i> (Exp. 8)	Llo	<u>1</u>	<u>Ov</u> , Ovr, Sb	A, P	A, P	1	Pn
<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556)	Llo (!)	3 (!)	<u>Es</u> (!)	P (!)	A (!)	N/A	N/A
<i>V. racemosa</i> ^{2,5-7,9,20,24}	Llo	-	Dg, Ov	A, P	P	1,>1	-
<i>V. pseudogeminata</i> ^{2,3,5,20,25}	Llomp	-	Ov, Ovr	A	P	1	Am
<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	Llomp (!)	N/E	Es, Ovr	P	A	N/A	N/A

¹Brown (1929), ²Rieth (1980), ³Entwisle (1988a), ⁴Cambra (1992), ⁵Johnson y Merritt (2002), ⁶Wolowski (2002), ⁷Zelazná-Wieczorek (2002), ⁸Nemjová y Kaufnerová (2009), ⁹de Lamarck y de Candolle (1805), ¹⁰Agardh (1812), ¹¹Hoppaugh (1930), ¹²Tiffany (1937), ¹³Wunderlin (1971), ¹⁴Sarma (1974), ¹⁵Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981), ¹⁶Novelo (1998), ¹⁷Peres *et al.* (2008), ¹⁸Fernández-García *et al.* (2011), ¹⁹Tonetto *et al.* (2012), ²⁰Blum (1953), ²¹Entwisle (1988b), ²²Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998), ²³Krzyk (2001), ²⁴Schneider y Lane (2000), ²⁵Ramos de Almedia *et al.* (2011).

ANEXO 5: Gráficas de variabilidad morfológica.

En este anexo se incluyen los gráficos de la variación de los caracteres morfológicos cuantitativos continuos evaluados para distintas poblaciones mexicanas de *Vaucheria* y de especies cercanas tratadas en diversas publicaciones.

Gráficas de variabilidad morfológica

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	31	81	131
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	31	38	46
3	<i>V. arcassonensis</i> (Ref. 4 y 8)	20	54	88
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	34	88.5	143
5	<i>V. burcata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	23	86.5	150
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	30	47.5	65
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	59	62	65
8	<i>V. manandra</i> (Ref. 4)	53	78	103
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	96	100.5	105
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	67.5	109	170
11	<i>V. aff. diluvius</i> (Exp. 28)	35	45	62
12	<i>V. aff. diluvius</i> (Exp. 26)	38	49	72
13	<i>V. cf. burcata</i> (FCME-PA 2340, 2336 y 2337)(!)	56	62.5	74
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	37	44	54
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 23-26)	29	90.5	152
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 27 y 28)	23.5	72	120
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 23, 27 y 28)	19	72	125
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 23 y 29)	42	106	170
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4 y 7)	42	59	90
20	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197 y 198)	46	95	139
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8) (!)	45	76	150
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 23 y 30)	22	57.5	93
24	<i>V. sapotecoana</i> (Exp. 32)	69	79	93
25	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	21	68	115
26	<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	30	41.5	50

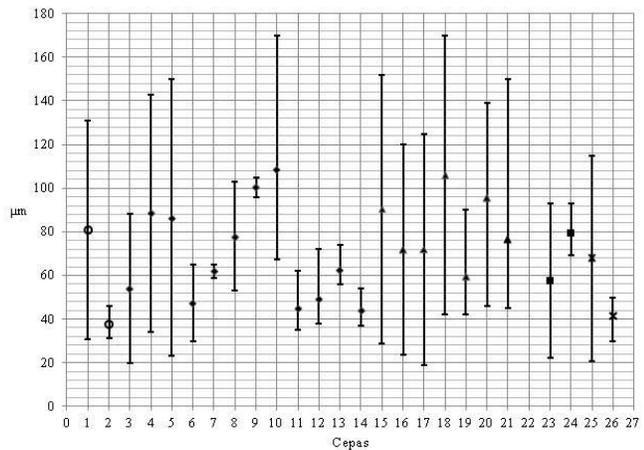


Fig. 104. Tabla y gráfica de variación del diámetro (μm) de los sifones para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres *et al.* (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo *Geminata* y *Hamata-terrestris*, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo *Pseudogeminata*, Cruz= *Vaucheria*.

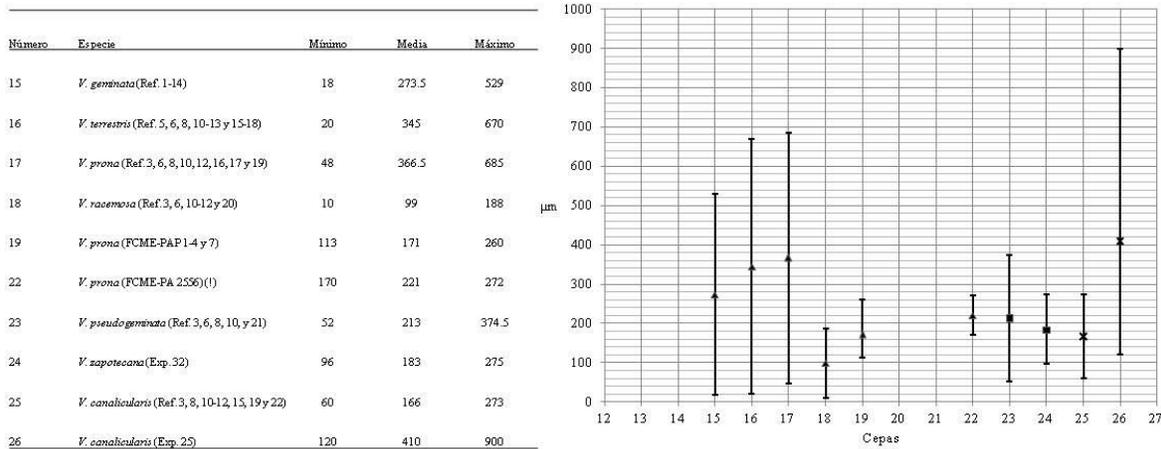


Fig. 105. Tabla y gráfica de variación del largo del pedúnculo (μm) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hoppaugh (1930); 2, Tiffany (1937); 3, Blum (1953); 4, Wunderlin (1971); 5, Sarma (1974); 6, Rieth (1980); 7, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 8, Entwisle (1988a); 9, Novelo (1998); 10, Johnson y Merritt (2002); 11, Wolowski (2002); 12, Zelazna-Wieczorek (2002); 13, Fernández-García *et al.* (2011); 14, Tonetto *et al.* (2012); 15, Brown (1929); 16, Entwisle (1988b); 17, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 18, Krzyk (2001); 19, Cambra (1992); 20, Schneider y Lane (2000); 21, Ramos de Almeida *et al.* (2011); 22, Nemjová y Kaufnerová (2009). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestres, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

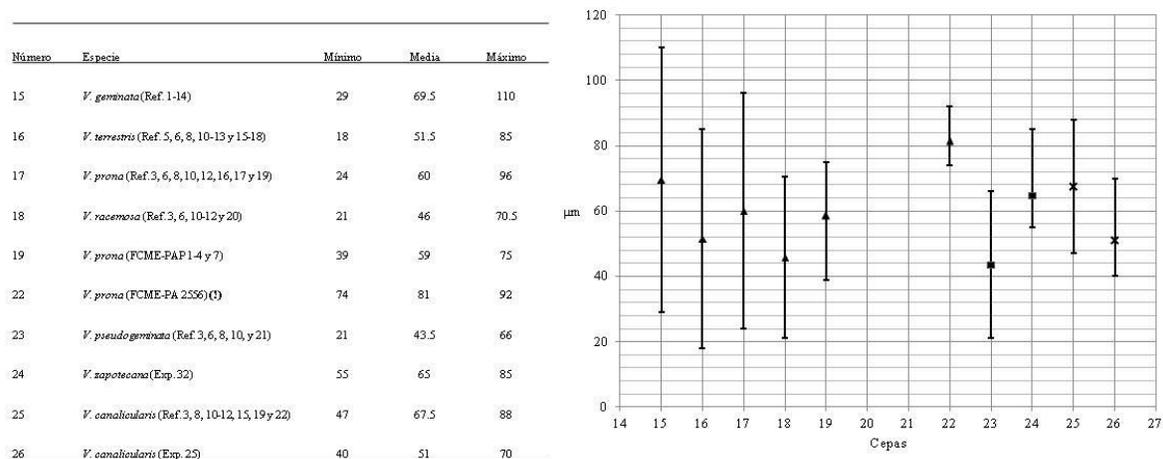


Fig. 106. Tabla y gráfica de variación del diámetro distal del pedúnculo (μm) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hoppaugh (1930); 2, Tiffany (1937); 3, Blum (1953); 4, Wunderlin (1971); 5, Sarma (1974); 6, Rieth (1980); 7, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 8, Entwisle (1988a); 9, Novelo (1998); 10, Johnson y Merritt (2002); 11, Wolowski (2002); 12, Zelazna-Wieczorek (2002); 13, Fernández-García *et al.* (2011); 14, Tonetto *et al.* (2012); 15, Brown (1929); 16, Entwisle (1988b); 17, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 18, Krzyk (2001); 19, Cambra (1992); 20, Schneider y Lane (2000); 21, Ramos de Almeida *et al.* (2011); 22, Nemjová y Kaufnerová (2009). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestres, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	4.5	17	30
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	9.7	15	30
3	<i>V. arcaissonensis</i> (Ref. 4 y 8)	15	65	115
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	50	125	200
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	5	73	141
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	59	59	59
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	10	25	40
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	125	125	125
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	38	69	97
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28)	31	78	101
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26)	70	102	140
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	66	91	117
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	45	71	85
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 23-26)	39	113.5	188
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 27 y 28)	58	88.5	119
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 23, 27 y 28)	29	54	78.5
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 23 y 29)	43	85.5	128
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4 y 7)	68	85	108
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8) (!)	37.5	37.5	37.5
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	43	71.5	100
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 23 y 30)	43	57.5	72
24	<i>V. sapotenoana</i> (Exp. 32)	79	109	137.5
25	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	81	124.5	168
26	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	110	136	170

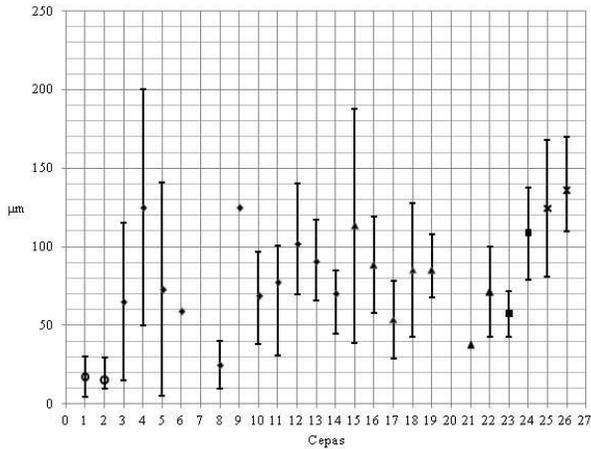


Fig. 107. Tabla y gráfica de variación del largo del pedicelo anteridial (µm) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres *et al.* (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	45	92.5	140
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	0	102	165
3	<i>V. arcaissonensis</i> (Ref. 4 y 8)	55	87.5	130
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	53	91.5	130
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	50	85	120
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	70	95	120
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	90	90	90
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 4)	77	97.5	118
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	95	96.5	98
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	55	82	110
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28)	63	87	115
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26)	50	84	104
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557)	74	97	118
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	38	87	115
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 23-26)	43	95	147
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 27 y 28)	-180	0	180
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 23, 27 y 28)	-140	5	150
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 23 y 29)	-105	27.5	160
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4 y 7)	-68	33	125
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8)	-90	-62	50
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	0	28	56
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 23 y 30)	11	89.5	168
24	<i>V. sapotenoana</i> (Exp. 32)	34	90.5	140
25	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	60	95	130

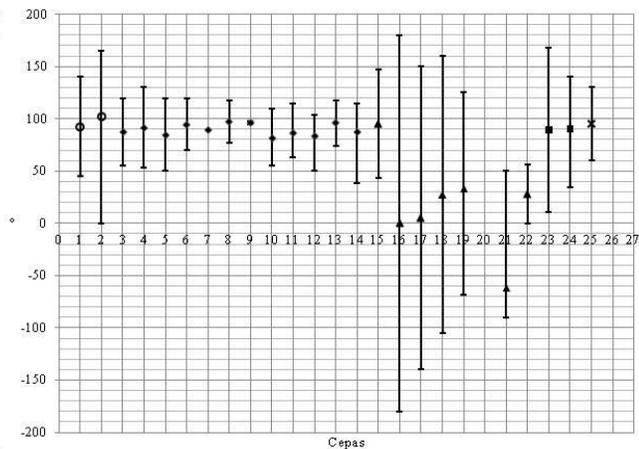


Fig. 108. Tabla y gráfica de variación del ángulo del pedicelo anteridial con respecto al sífon para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres *et al.* (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	42	86	130
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	42	64	78
3	<i>V. araccanensis</i> (Ref. 4 y 8)	75	112.5	150
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	40	103.5	167
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	17	69	121
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	39	39	39
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 4)	35	47.5	60
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	162.5	162.5	162.5
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	70	80	92.5
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28) (!)	26	37	59
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	25	48	80
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	37	41.5	46
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	21	36	50
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 22-25)	42	83.5	125
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 26 y 27)	38	65.5	93
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 22, 26 y 27)	30	53.5	77
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 22 y 28)	36	62	88
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP1-4 y 7)	51	64	76
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2536) (!)	106	106	106
23	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 22 y 29)	18	39	60
24	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	30	58	72
25	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	50	81	112
26	<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	60	89.5	120

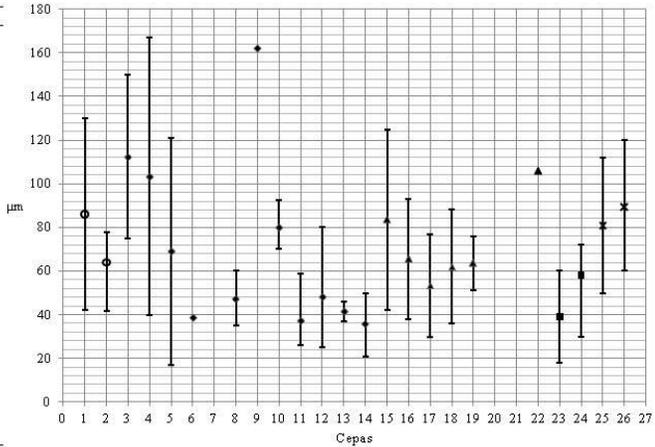


Fig. 109. Tabla y gráfica de variación del largo del anteridio (μm) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Blum (1953); 23, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 24, Novelo (1998); 25, Peres *et al.* (2008); 26, Entwisle (1988b); 27, Noguero-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 28, Schneider y Lane (2000); 29, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo *Geminata* y *Hamata-terrestris*, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo *Pseudogeminata*, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	18	32.5	47
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	18	21	25
3	<i>V. araccanensis</i> (Ref. 4 y 8)	20	28	36
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	20	43.5	67
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	15.5	24	32
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	18	19	20
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 4)	12	15.5	19
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	37.5	37.5	37.5
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	22.5	43	60
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28) (!)	24	26	27
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	25	30	35
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	17	20	22
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	20	24	28
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 22-25)	15	40	65
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 26 y 27)	10	27.5	45
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 22, 26 y 27)	12	20	28
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 22 y 28)	17	24	31
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP1-4 y 7)	26	30	37
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2536) (!)	54	54	54
23	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 22 y 29)	12	16.5	21
24	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	27.5	33	40
25	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	15	44	73
26	<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	25	33	42.5

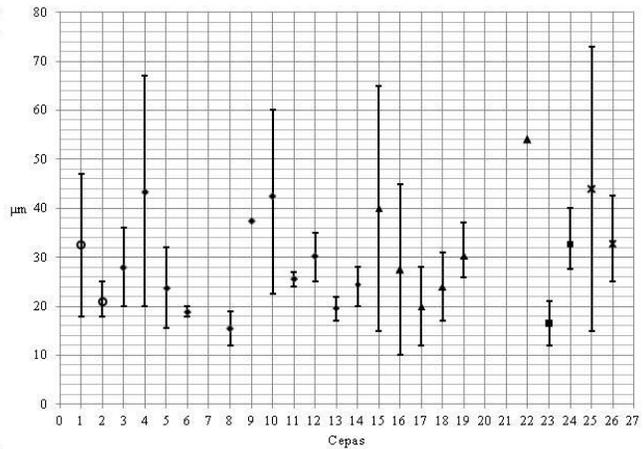


Fig. 110. Tabla y gráfica de variación del diámetro del anteridio (μm) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Blum (1953); 23, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 24, Novelo (1998); 25, Peres *et al.* (2008); 26, Entwisle (1988b); 27, Noguero-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 28, Schneider y Lane (2000); 29, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo *Geminata* y *Hamata-terrestris*, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo *Pseudogeminata*, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
3	<i>V. arcaissonensis</i> (Ref. 1 y 2)	0	540	1080
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3-6 y 8-10)	90	216	342
5	<i>V. burrata sensu lato</i> (Ref. 1, 4, 5 y 8-21)	35	220	405
6	<i>V. repens</i> (Ref. 4-8)	88	151.5	215
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	360	360	360
8	<i>V. nananabra</i> (Ref. 1)	360	360	360
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 13)	170	170	170
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	107	198.5	280
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28) (!)	62	93	116
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	80	146	283
13	<i>V. cf. burrata</i> (FCME-PA 2340, 2536 y 2537) (!)	110	110	110
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	45	146	260
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 1, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 17, 18, 20, 21 y 23-26)	78	219	360
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1, 4, 7, 8, 10, 16-18, 20, 27 y 28)	65	246	427
17	<i>V. prona</i> (Ref. 1, 8, 10, 15, 18, 23, 27 y 28)	90	202.5	315
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 8, 10, 17, 18, 23 y 29)	40	222.5	405
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4 y 7) (!)	80	178	270
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8) (!)	125	195	258
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2536) (!)	294	294	294
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 1, 8, 10, 23 y 30)	72	180	288
24	<i>V. zapotecoana</i> (Exp. 32)	38	139	200
25	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 1, 4, 8, 10, 15, 17-19)	102	163.5	225
26	<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	165	220	270

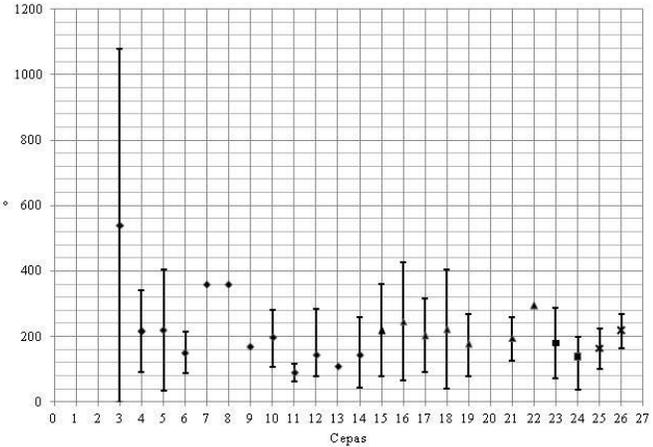


Fig. 111. Tabla y gráfica de variación del ángulo sobre el que se curva el anteridio para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Entwisle (1988a); 2, Ott y Hommersand (1974); 3, Hirn (1900); 4, Brown (1929); 5, Hoppaugh (1930); 6, González-Guerrero (1945); 7, Sarma (1974); 8, Rieth (1980); 9, Entwisle (1987); 10, Johnson y Merritt (2002); 11, Lamarck y de Candolle (1805); 12, Tiffany (1937); 13, Chapman (1956); 14, Wunderlin (1971); 15, Cambra (1992); 16, Krzyk (2001); 17, Wolowski (2002); 18, Zelazna-Wieczorek (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres *et al.* (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata,

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	5	19	33
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22) (!)	12	23	42
3	<i>V. arcaissonensis</i> (Ref. 4 y 8)	35	67.5	100
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	0	55.5	111
5	<i>V. burrata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	0	12.5	25
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	0	4	8
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28) (!)	17	20	25
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	17	21.5	30
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 22-25)	18	73.5	129
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 26 y 27)	12	97	182
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 22, 26 y 27)	12	63.5	115
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 22 y 28)	18	66	114
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4 y 7) (!)	28	43	57
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2536) (!)	74	78	87
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 22 y 29)	18	41.5	65
25	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	5	72	139
26	<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	55	69	87.5

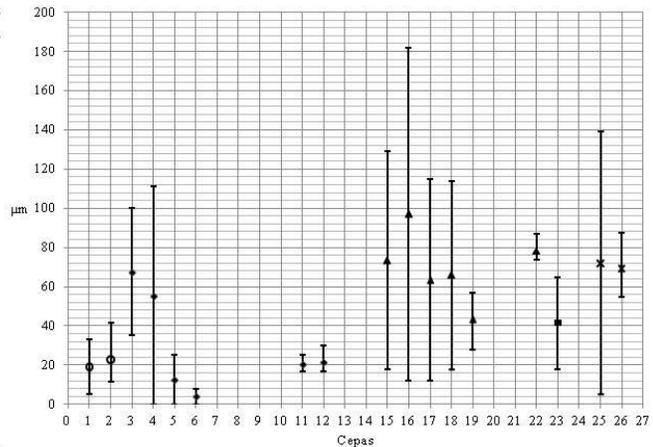


Fig. 112. Tabla y gráfica de variación del largo del pedicelo oogonial (μm) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Blum (1953); 23, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 24, Novelo (1998); 25, Peres *et al.* (2008); 26, Entwisle (1988b); 27, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 28, Schneider y Lane (2000); 29, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligeriae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	-45	22.5	90
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22) (!)	-40	-5	93
3	<i>V. arcaissonensis</i> (Ref. 4 y 8)	-102	-45	12
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	0	10	20
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	0	45	90
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	22	37	52
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	0	0	0
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 4)	0	20	40
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	30	30	30
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	-12	4	23
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28)	6	28	48
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	20	47	70
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	-37	8	75
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	-15	13	55
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 23-26)	20	91	162
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 27 y 28)	-180	-95	-10
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 23, 27 y 28)	-180	-90	0
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 23 y 29)	-141	-33.5	74
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8)	-164	-67	8
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	-120	-20	85
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 23 y 30)	5	27.5	50
24	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	65	87	116
25	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	0	63.5	127

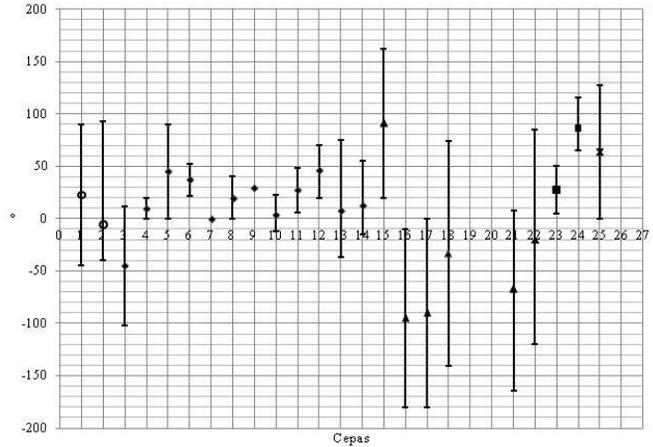


Fig. 113. Tabla y gráfica de variación del ángulo del eje mayor oogonial para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres *et al.* (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	88	169	250
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	107	126	162
3	<i>V. arcaissonensis</i> (Ref. 4 y 8)	90	112	134
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	120	173	226
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	46	88	130
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	60	78.5	97
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	106	106	106
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 4)	89	108	127
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	118	120	122
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	108	130	157
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28)	75	84.5	92
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	65	78	88
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557)	76	91	104
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	65	76	87
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 23-26)	52	138.5	225
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 27 y 28)	45	115.5	186
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 23, 27 y 28)	43	72	101
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 23 y 29)	60	84.5	109
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP1-4 y 7)	66	77	87
20	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP197 y 198)	60	82	92
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8) (!)	60	62	62.5
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	92	96.5	101
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 23 y 30)	53	73	93
24	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	61	77	89
25	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	62	110	158
26	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	80	96	120

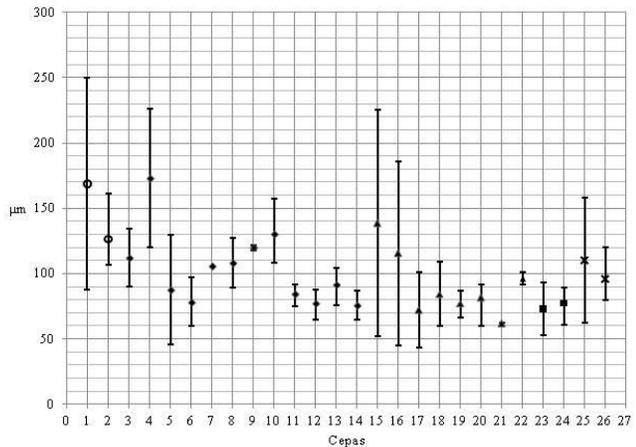


Fig. 114. Tabla y gráfica de variación del largo del oogonio para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres *et al.* (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. averia</i> (Ref. 1-7)	83	151.5	220
2	<i>V. averia</i> (Exp. 22)	89	113	145
3	<i>V. arcassoneusis</i> (Ref. 4 y 8)	50	63.5	77
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	66	120	174
5	<i>V. burata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	46	74.5	103
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	50	65	80
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	75	75	75
8	<i>V. nanandira</i> (Ref. 4)	72	86.5	101
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	70	72.5	75
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	83	100	118
11	<i>V. aff. diluvius</i> (Exp. 28)	57	66.5	75
12	<i>V. aff. diluvius</i> (Exp. 26) (!)	58	61	64
13	<i>V. cf. burata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557)	64	71	79
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	48	60	71
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 23-26)	42	116	190
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 27 y 28)	39	95	151
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 23, 27 y 28)	36	65.5	95
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 23 y 29)	49.5	69	88
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4 y 7)	62	70	79
20	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197 y 198)	52	76	82
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8) (!)	60	62	62.5
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	88	90	92
23	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 23 y 30)	30	48.5	67
24	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	50	61	69
25	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	21	78	135
26	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	50	63	70

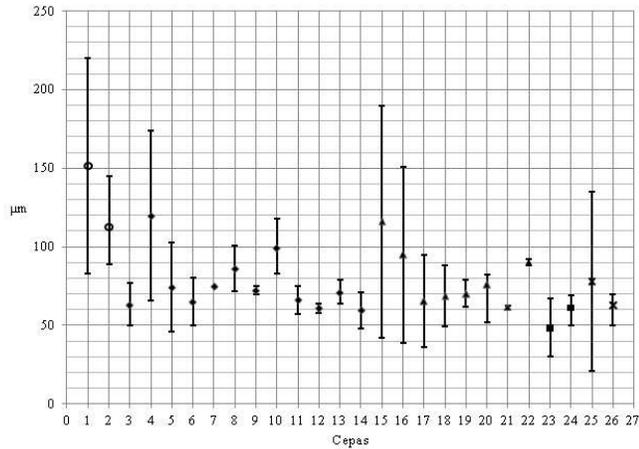


Fig. 115. Tabla y gráfica de variación del diámetro del oogonio para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres *et al.* (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. averia</i> (Ref. 1-7)	0.55	1.06	1.58
2	<i>V. averia</i> (Exp. 22)	1.07	1.12	1.2
3	<i>V. arcassoneusis</i> (Ref. 4 y 8)	1.6	1.75	1.9
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	1.03	1.31	1.59
5	<i>V. burata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	1	1.35	1.7
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	1.2	1.35	1.5
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	1.4	1.4	1.4
8	<i>V. nanandira</i> (Ref. 4)	1.1	1.2	1.3
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	1.1	1.28	1.5
11	<i>V. aff. diluvius</i> (Exp. 28)	1.08	1.25	1.4
12	<i>V. aff. diluvius</i> (Exp. 26) (!)	1.04	1.28	1.4
13	<i>V. cf. burata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557)	1.2	1.29	1.4
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	1.1	1.25	1.3
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 23-26)	1	1.2	1.4
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 27 y 28)	1	1.33	1.67
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 23, 27 y 28)	1	1.35	1.7
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 23 y 29)	1	1.28	1.57
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4 y 7)	1	1.09	1.2
20	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197 y 198)	1	1.04	1.1
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8) (!)	1	1	1
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	1	1.05	1.1
23	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 23 y 30)	1.05	1.47	1.9
24	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	1.1	1.26	1.4
25	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	1	1.5	2
26	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	1.2	1.4	1.8

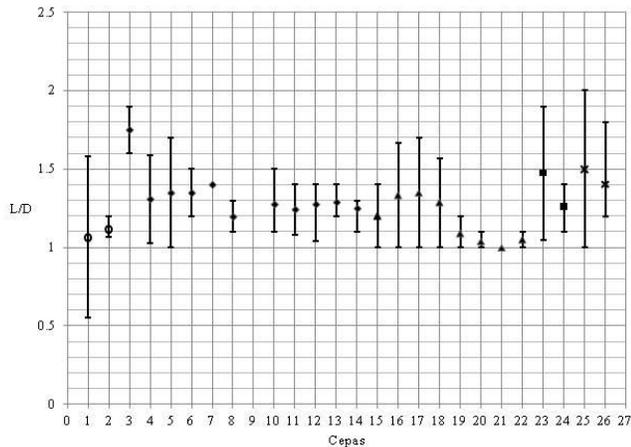


Fig. 116. Tabla y gráfica de variación de la proporción L/D del oogonio para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres *et al.* (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	-250	-80	90
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22) (!)	-168	-121	-90
3	<i>V. arcaissonensis</i> (Ref. 4 y 8)	-225	-109	7
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	-55	-27.5	0
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	-90	0	90
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	0	7.5	15
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	0	0	0
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 4)	-30	-5	20
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	30	30	30
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	-35	-9	18
11	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28) (!)	-84	8	40
12	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26) (!)	20	40	70
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	-85	-23	40
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	-20	4	50
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2, 4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 23-26)	-27	76.5	180
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 27 y 28)	-210	-117.5	-25
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 23, 27 y 28)	-180	-90	0
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 23 y 29)	-180	-53	74
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8)	-210	-82	8
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	-120	-20	85
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 23 y 30)	-42	-6	30
25	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	35	77.5	120

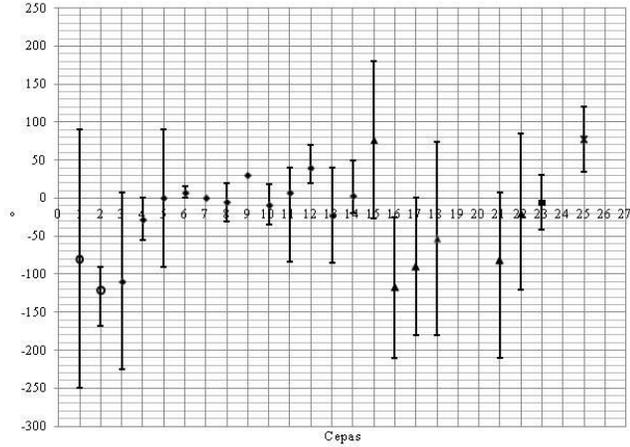


Fig. 117. Tabla y gráfica de variación del ángulo del poro oogonal para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres *et al.* (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo *Geminata* y *Hamata-terrestris*, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo *Pseudogeminata*, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
3	<i>V. arcaissonensis</i> (Ref. 1 y 2)	10	12.5	15
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 2-9)	8	15	22
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 2, 4, 5 y 7-20)	0	10	20
6	<i>V. repens</i> (Ref. 4-7 y 21)	5	8	10.5
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 2)	15	15	15
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 12)	31	31	31
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	13	20	31
11	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	5	8.5	13
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	10	15	21
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	6	10	17
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 2, 7, 9, 22 y 23)	6	15.5	25

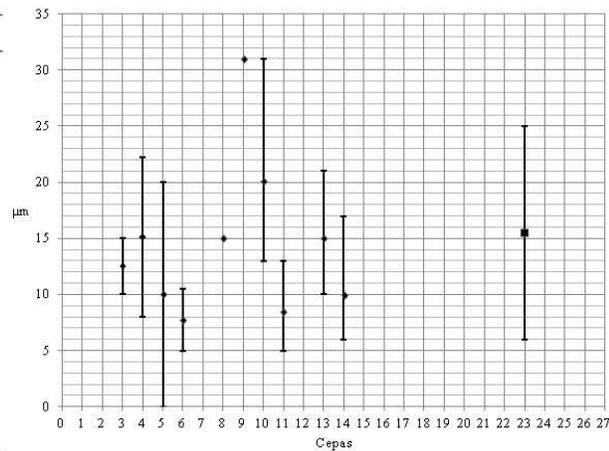


Fig. 118. Tabla y gráfica de variación del largo del pico oogonal para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Ott y Hommersand (1974); 2, Entwisle (1988a); 3, Hirn (1900); 4, Brown (1929); 5, Hoppaugh (1930); 6, González-Guerrero (1945); 7, Rieth (1980); 8, Entwisle (1987); 9, Johnson y Merritt (2002); 10, Lamarck y de Candolle (1805); 11, Tiffany (1937); 12, Chapman (1956); 13, Wunderlin (1971); 14, Cambra (1992); 15, Krzyk (2001); 16, Wolowski (2002); 17, Zelazna-Wieczorek (2002); 18, Nemjová y Kaufnerová (2009); 19, Fernández-García *et al.* (2011); 20, Tonetto *et al.* (2012); 21, Sarma (1974); 22, Blum (1953); 23, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Rombo= *Corniculatae*, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo *Pseudogeminata*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
3	<i>V. araoanensis</i> (Ref. 1 y 2)	20	30	40
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 2-9)	33	44	55.5
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 2, 4, 5 y 7-20)	16	29.5	43
6	<i>V. repens</i> (Ref. 4-7 y 21)	18	25.5	33
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 2)	30	30	30
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 12)	44	44	44
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	17	39	57
11	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	11	19.5	33
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	22	29.5	42
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	12	22	30
23	<i>V. pseudo germana</i> (Ref. 2, 7, 9, 22 y 23)	16	23.5	31

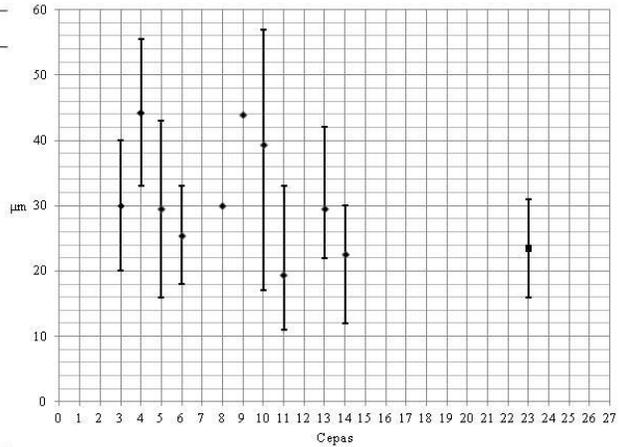


Fig. 119. Tabla y gráfica de variación del diámetro de la base del pico oogonial para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Ott y Hommersand (1974); 2, Entwisle (1988a); 3, Him (1900); 4, Brown (1929); 5, Hoppaugh (1930); 6, González-Guerrero (1945); 7, Rieth (1980); 8, Entwisle (1987); 9, Johnson y Merritt (2002); 10, Lamarck y de Candolle (1805); 11, Tiffany (1937); 12, Chapman (1956); 13, Wunderlin (1971); 14, Cambra (1992); 15, Krzyk (2001); 16, Wolowski (2002); 17, Zelazna-Wieczorek (2002); 18, Nemjová y Kaufnerová (2009); 19, Fernández-García *et al.* (2011); 20, Tonetto *et al.* (2012); 21, Sarma (1974); 22, Blum (1953); 23, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Rombo= *Corniculatae*, Cuadrado relleno= *Ramosae*, grupo Pseudogeminata.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
3	<i>V. araoanensis</i> (Ref. 1 y 2)	10	15	20
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 2-9)	22	30.5	39
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 2, 4, 5 y 7-20)	8	16.5	25
6	<i>V. repens</i> (Ref. 4-7 y 21)	13	17	21
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 2)	7.5	7.5	7.5
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 12)	12.5	12.5	12.5
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	11	22	40
11	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	4	8	15
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	4	13	19
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	8	14	21
23	<i>V. pseudo germana</i> (Ref. 2, 7, 9, 22 y 23)	8	12	16

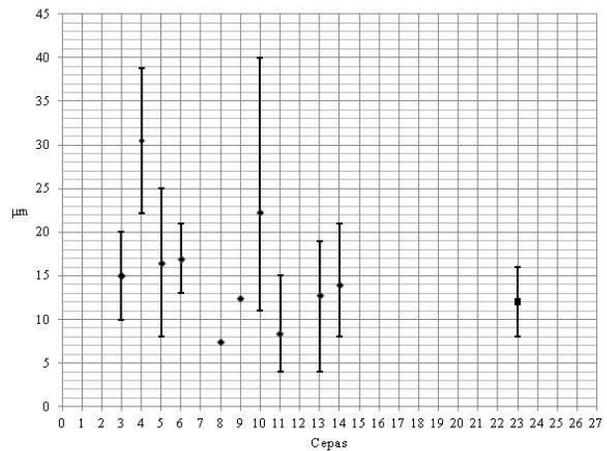


Fig. 120. Tabla y gráfica de variación del diámetro del ápice del pico oogonial para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Ott y Hommersand (1974); 2, Entwisle (1988a); 3, Him (1900); 4, Brown (1929); 5, Hoppaugh (1930); 6, González-Guerrero (1945); 7, Rieth (1980); 8, Entwisle (1987); 9, Johnson y Merritt (2002); 10, Lamarck y de Candolle (1805); 11, Tiffany (1937); 12, Chapman (1956); 13, Wunderlin (1971); 14, Cambra (1992); 15, Krzyk (2001); 16, Wolowski (2002); 17, Zelazna-Wieczorek (2002); 18, Nemjová y Kaufnerová (2009); 19, Fernández-García *et al.* (2011); 20, Tonetto *et al.* (2012); 21, Sarma (1974); 22, Blum (1953); 23, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Rombo= *Corniculatae*, Cuadrado relleno= *Ramosae*, grupo Pseudogeminata.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
3	<i>V. arcassonensis</i> (Ref. 1 y 2)	-102	-45	12
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3-6 y 8-10)	0	10	20
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 4, 5 y 8-21)	0	45	90
6	<i>V. repens</i> (Ref. 4-8)	20	35	50
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	0	0	0
8	<i>V. nanandria</i> (Ref. 1)	0	20	40
9	<i>V. pseudovessilis</i> (Ref. 13)	0	0	0
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	-12	3.6	23
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28) (!)	6	30	48
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	20	47	70
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	8	21	35
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	-15	10	55
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 1, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 17, 18, 20, 21 y 23-26)	20	91	162
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1, 4, 7, 8, 10, 16-18, 20, 27 y 28)	-180	-95	-10
17	<i>V. prona</i> (Ref. 1, 8, 10, 15, 18, 23, 27 y 28)	-180	-90	0
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 8, 10, 17, 18, 23 y 29)	-141	-33.5	74
21	<i>V. prona</i> (Exp. 8)	-164	-67	8
23	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 1, 8, 10, 23 y 30)	27	51	75
24	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	65	87	116
25	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 1, 4, 8, 10, 15, 17-19)	0	63.5	127

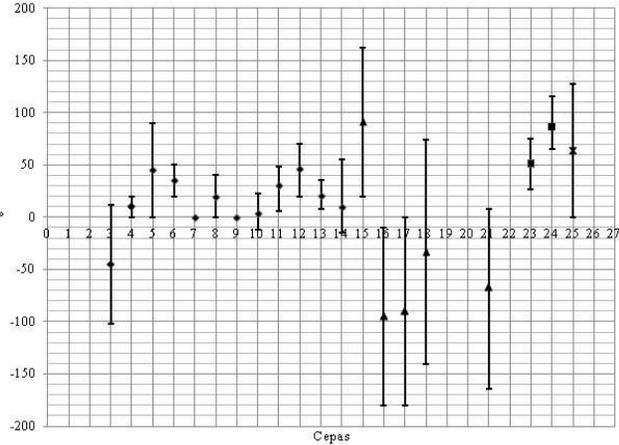


Fig. 121. Tabla y gráfica de variación de la inclinación de la oóspora con respecto al sífon para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Entwisle (1988a); 2, Ott y Hommersand (1974); 3, Hirn (1900); 4, Brown (1929); 5, Hoppaugh (1930); 6, González-Guerrero (1945); 7, Sarma (1974); 8, Rieth (1980); 9, Entwisle (1987); 10, Johnson y Merritt (2002); 11, Lamarck y de Candolle (1805); 12, Tiffany (1937); 13, Chapman (1956); 14, Wunderlin (1971); 15, Cambra (1992); 16, Krzyk (2001); 17, Wolowski (2002); 18, Zelazna-Wieczorek (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García et al. (2011); 21, Tonetto et al. (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres et al. (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Schneider y Lane (2000); 30, Ramos de Almeida et al. (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. averia</i> (Ref. 1-7)	3	3.5	4
2	<i>V. averia</i> (Exp. 22)	2	3	3.5
3	<i>V. arcassonensis</i> (Ref. 4 y 8)	2	3.5	5
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	5	8.5	12
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	2	4.5	7
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	4	6	8
7	<i>V. antarctica</i> (Ref. 22)	4	4.5	5
8	<i>V. nanandria</i> (Ref. 4)	6	6.5	7
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	1	4	9
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28)	3	4	6
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	8	8	8
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557)	3	4	5
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	2	3	4
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 23-26)	1	2	3
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 27 y 28)	2	9	16
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 23, 27 y 28)	1.5	3	4
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4 y 7)	3	4	6
20	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197 y 198)	3	4	5
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	4	4	4
23	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 23 y 29)	1	2	2.5
25	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	2	5	8
26	<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	2	2	2

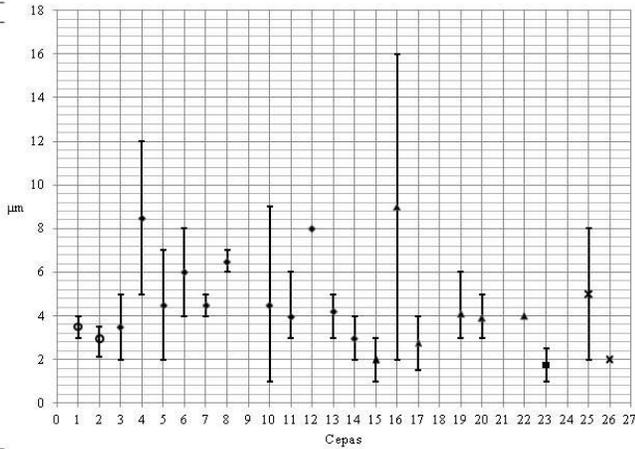


Fig. 122. Tabla y gráfica de variación del grosor (μm) de la pared de la oóspora para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García et al. (2011); 21, Tonetto et al. (2012); 22, Reinsch (1890); 23, Blum (1953); 24, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 25, Novelo (1998); 26, Peres et al. (2008); 27, Entwisle (1988b); 28, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 29, Ramos de Almeida et al. (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligeriae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	65	102.5	140
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	61.7	75	86.5
3	<i>V. arcaosomenis</i> (Ref. 4 y 8)	65	107	149
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	124	175	226
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	43	86.5	130
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	79	93.5	108
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 4)	89	108	127
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	156	156	156
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	93	113	144
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28) (!)	65	72	82
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	62	72	78
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	54	68	76
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	52	67	81
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 22-25)	45	80	115
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 26 y 27)	45	115.5	186
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 22, 26 y 27)	43	72	101
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 22 y 28)	60	84.5	109
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP1-4 y 7)	57	66	75
20	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP197 y 198)	43	66	82
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	78	78	78
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 22 y 29)	49.5	70	91
24	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	61	76	89
25	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	62	110	158
26	<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	80	96	120

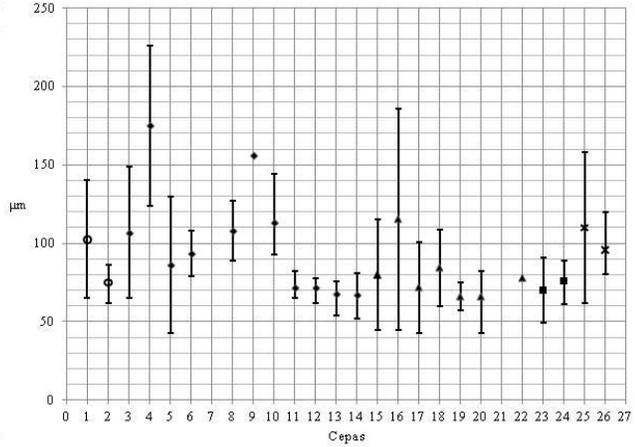


Fig. 123. Tabla y gráfica de variación del largo de la oóspora (μm) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Blum (1953); 23, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 24, Novelo (1998); 25, Peres *et al.* (2008); 26, Entwisle (1988b); 27, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 28, Schneider y Lane (2000); 29, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	40	81	122
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	50	68	83
3	<i>V. arcaosomenis</i> (Ref. 4 y 8)	58	71	84
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	66	120	174
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	38	70.5	103
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	60	74	87.5
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 4)	72	86.5	101
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	137.5	137.5	137.5
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	70	90	118
11	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 28) (!)	55	59	65
12	<i>V. aff. diluvium</i> (Exp. 26) (!)	48	52	55
13	<i>V. cf. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	52	60	67
14	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	41	58	67
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 22-25)	41	70.5	100
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 26 y 27)	39	95	151
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 22, 26 y 27)	36	65.5	95
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 22 y 28)	49.5	69	88
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP1-4 y 7)	51	58.5	68
20	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP197 y 198)	42	59.5	69
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	78	78	78
23	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 22 y 29)	38	50	62
24	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32)	50	60	69
25	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	21	78	135
26	<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	50	63	70

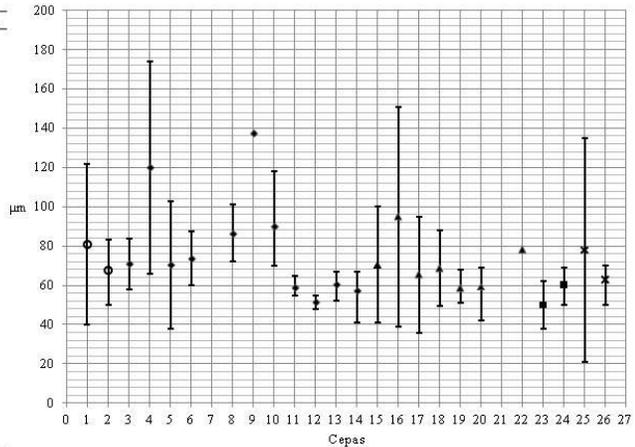


Fig. 124. Tabla y gráfica de variación del diámetro de la oóspora (μm) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Blum (1953); 23, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 24, Novelo (1998); 25, Peres *et al.* (2008); 26, Entwisle (1988b); 27, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 28, Schneider y Lane (2000); 29, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-7)	0.82	1.61	2.4
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	1	1.1	1.2
3	<i>V. arcasonensis</i> (Ref. 4 y 8)	1.3	1.65	2
4	<i>V. borealis</i> (Ref. 1, 3, 4, 6 y 9-12)	1.2	1.35	1.5
5	<i>V. bursata sensu lato</i> (Ref. 1, 3-7, 10 y 12-21)	1	1.42	1.85
6	<i>V. repens</i> (Ref. 1-3, 10 y 11)	1.2	1.36	1.52
8	<i>V. nanandra</i> (Ref. 4)	1.1	1.2	1.3
9	<i>V. pseudosessilis</i> (Ref. 15)	1.13	1.13	1.13
10	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	1	1.26	1.4
11	<i>V. aff. diluviumi</i> (Exp. 28) (!)	1.08	1.23	1.4
12	<i>V. aff. diluviumi</i> (Exp. 26) (!)	1.1	1.4	1.6
13	<i>V. aff. bursata</i> (FCME-PA 2540, 2556 y 2557) (!)	1	1.08	1.2
14	<i>V. aff. repens</i> (Exp. 3 y 29)	1	1.18	1.3
15	<i>V. geminata</i> (Ref. 2-4, 6, 7, 10, 14, 16, 18, 20, 21 y 22-25)	1.07	1.23	1.4
16	<i>V. terrestris</i> (Ref. 1-7, 18, 20, 26 y 27)	1	1.33	1.67
17	<i>V. prona</i> (Ref. 3, 4, 6, 7, 17, 22, 26 y 27)	1	1.35	1.7
18	<i>V. racemosa</i> (Ref. 3, 6, 7, 18, 22 y 28)	1	1.28	1.57
19	<i>V. prona</i> (FCME-PAP1-4 y 7)	1	1.11	1.2
20	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP197 y 198)	1	1.1	1.2
22	<i>V. prona</i> (FCME-PA 2556) (!)	1	1	1
23	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 3, 4, 6, 22 y 29)	1.1	1.5	1.9
24	<i>V. zapotecaana</i> (Exp. 32)	1.1	1.25	1.4
25	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 1, 3, 4, 6, 7, 17, 18 y 19)	1	1.5	2
26	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	1.2	1.4	1.8

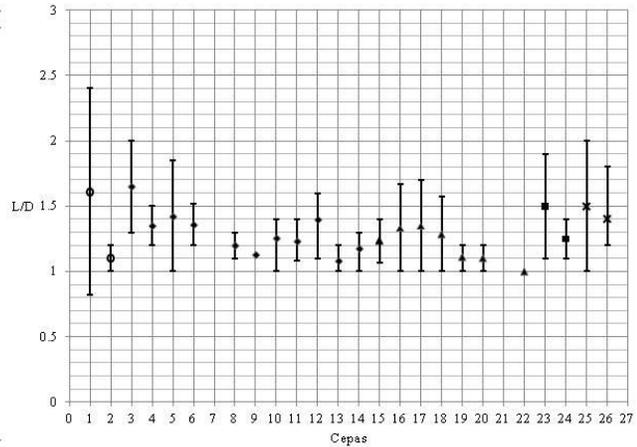


Fig. 125. Tabla y gráfica de variación de la proporción L/D de la oóspora para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvo el material biológico se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. El símbolo (!) indica que se realizaron menos de 10 mediciones del carácter para el taxón correspondiente. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Brown (1929); 2, Sarma (1974); 3, Rieth (1980); 4, Entwisle (1988a); 5, Krzyk (2001); 6, Johnson y Merritt (2002); 7, Zelazna-Wieczorek (2002); 8, Ott y Hommersand (1974); 9, Hirn (1900); 10, Hoppaugh (1930); 11, González-Guerrero (1945); 12, Entwisle (1987); 13, Lamarck y de Candolle (1805); 14, Tiffany (1937); 15, Chapman (1956); 16, Wunderlin (1971); 17, Cambra (1992); 18, Wolowski (2002); 19, Nemjová y Kaufnerová (2009); 20, Fernández-García *et al.* (2011); 21, Tonetto *et al.* (2012); 22, Blum (1953); 23, Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981); 24, Novelo (1998); 25, Peres *et al.* (2008); 26, Entwisle (1988b); 27, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 28, Schneider y Lane (2000); 29, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestres, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*.

ANEXO 6: Glosario y esquemas de apoyo para la interpretación de caracteres morfológicos y sus estados.

En este anexo se presentan esquemas de apoyo y un glosario que menciona la forma en que se deben interpretar los caracteres morfológicos considerados en este estudio y sus diferentes estados (Figs 126 a 147). Las notas se presentan en el orden en que de preferencia deben ser evaluados los caracteres. Cabe mencionar que todas estas observaciones deben realizarse en material maduro, es decir, en oogonios con oósporas y en anteridios separados por un septo de su pedicelo (Entwistle 1988a).

Talo

Diámetro del sifón (d.s.): los sifones son los elementos principales del talo de *Vaucheria* con forma tubular-cilíndrica. Su diámetro debe medirse en talos maduros sexualmente, de preferencia colectadas del campo para asegurar una base sólida de comparación (Fig. 126).

Sexualidad: la sexualidad en *Vaucheria* se definirá por el tipo de estructuras reproductivas que presenta el talo. Si en un mismo talo se encuentran tanto oogonios como anteridios, este es monoico. Si anteridios y oogonios se encuentran en talos separados la especie será dioica.

Ubicación de los gametangios: los anteridios y oogonios pueden desarrollarse en algunas zonas específicas del talo. Pueden estar en el ápice de los sifones (Fig. 127A), en las paredes laterales de los sifones (Fig. 127B) y sobre gametóforos (Fig. 127C).

Largo del pedúnculo (l.p.): el pedúnculo es una ramificación del sifón en cuyo ápice generalmente se desarrolla un anteridio pedicelado y uno o más oogonios pedicelados. Todos estos elementos constituyen un gametóforo. El largo del pedúnculo se mide desde su unión al sifón hasta el punto donde surgen los pedicelos oogoniales (Fig. 128).

Diámetro distal del pedúnculo (d.d.p.): corresponde al diámetro del pedúnculo en su zona terminal, es decir, el diámetro en el punto anterior al sitio donde surgen los pedicelos oogoniales (Fig. 128).

Orientación de las paredes del pedúnculo: corresponde a la variación del diámetro del pedúnculo desde su zona basal hasta su zona apical. Así puede haber pedúnculos donde el diámetro basal sea menor y el distal mayor y por lo tanto sus paredes serán divergentes (Fig. 129B) o donde el diámetro basal sea mayor y el distal menor por lo que sus paredes serán convergentes (Fig. 129C). También puede no haber variación del diámetro (Fig. 129A).

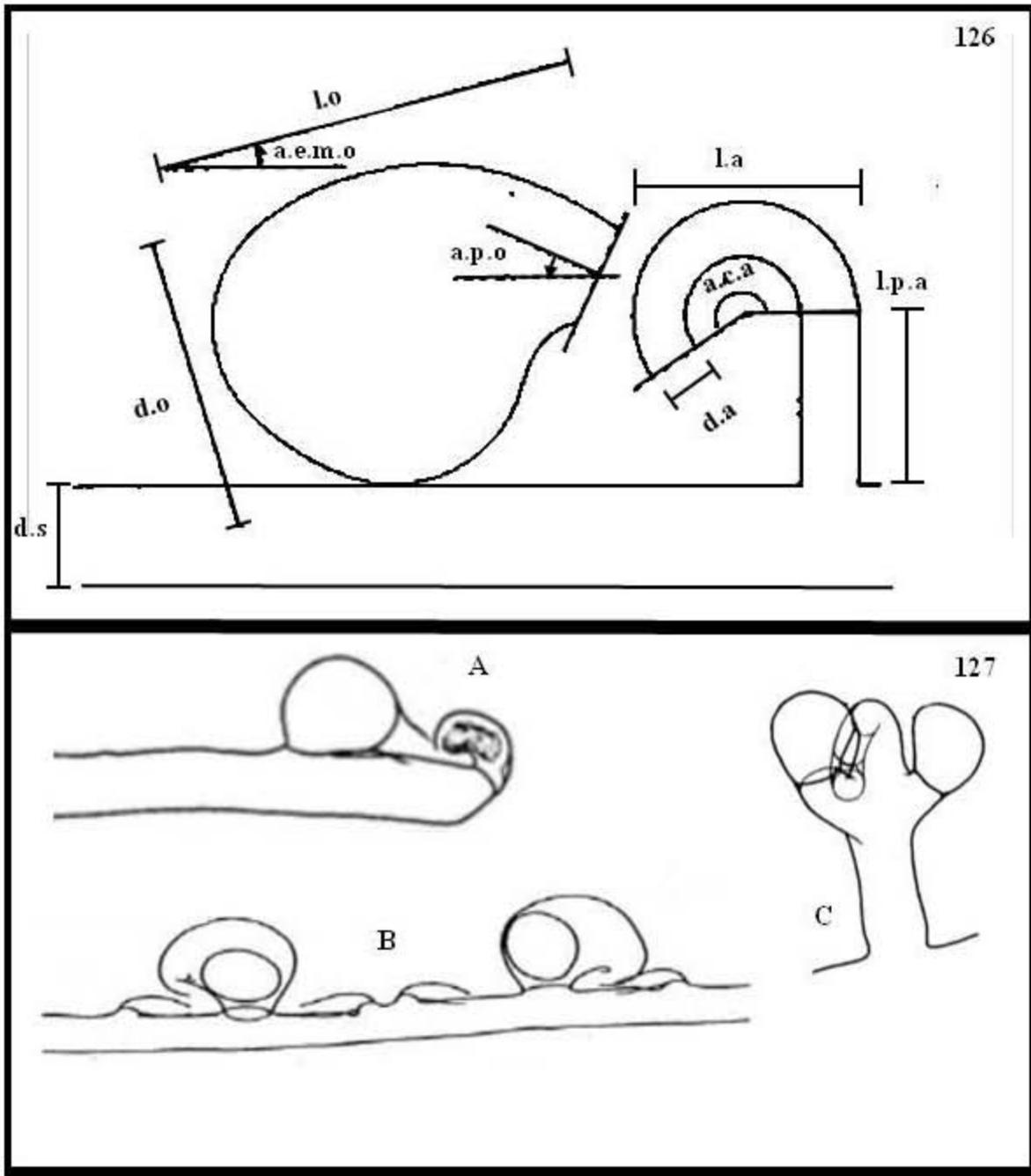


Fig. 126. Esquema general de caracteres cuantitativos continuos modificado de Entwisle (1987) donde se muestra el ángulo sobre el cual se curva el anteridio (a.c.a), el ángulo del eje mayor oogonial (a.e.m.o), el ángulo del poro oogonial (a.p.o), diámetro del anteridio (d.a), diámetro del oogonio (d.o), diámetro del sífon (d.s), largo del anteridio (l.a), largo del pedicelo anteridial (l.p.a) y largo del oogonio (l.o).

Fig. 127. Ubicación de los gametangios. A, ubicados en el ápice del sífon; B, laterales sobre el sífon; C, sobre un gametóforo. Esquemas modificados de Rieth (1980).

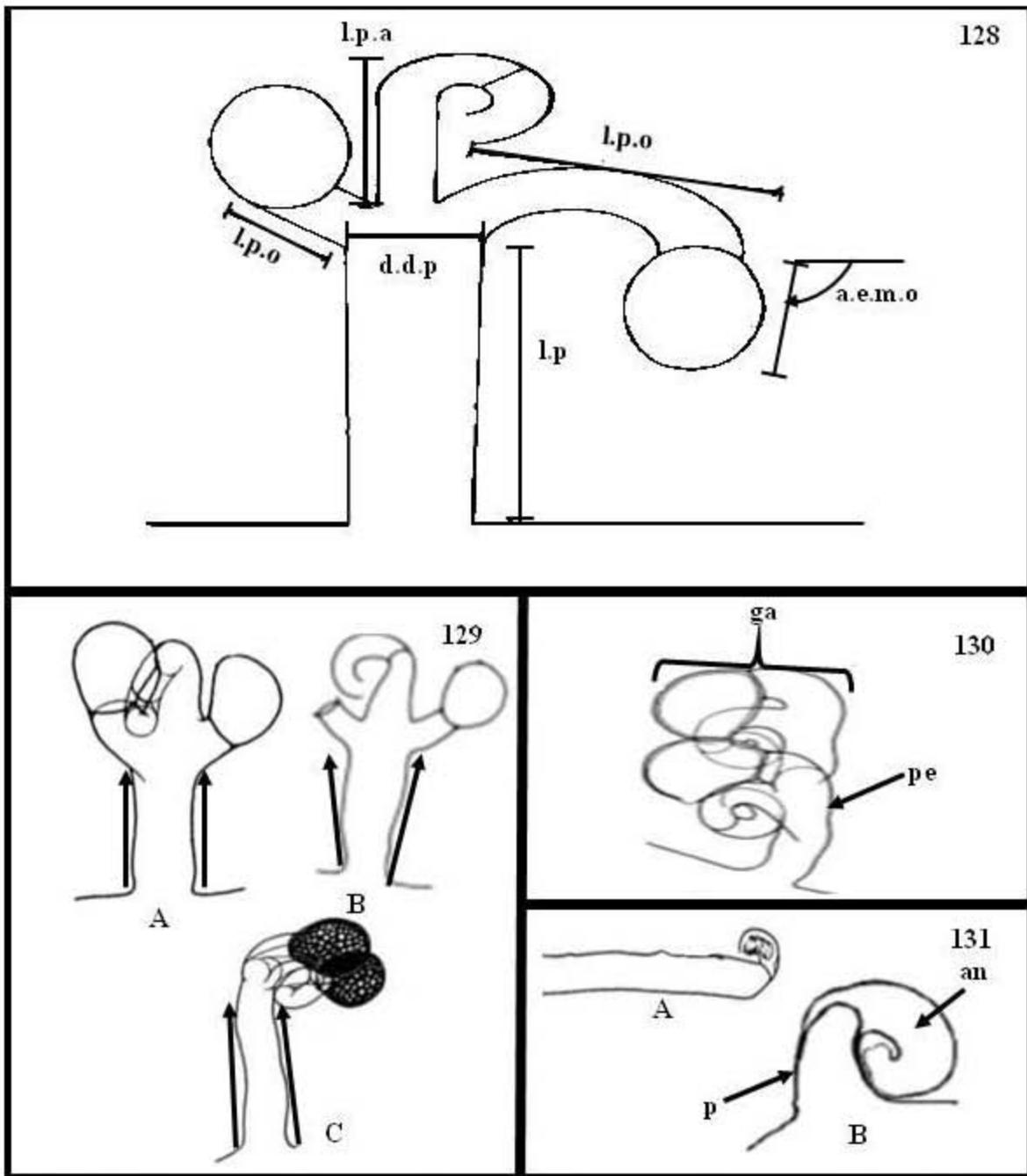


Fig. 128. Esquema de algunos caracteres cuantitativos en especies con gametóforos donde se muestra el ángulo del eje mayor oogonial (a.e.m.o), el diámetro distal del pedúnculo (d.d.p), el largo del pedúnculo anterior (l.p.a), el largo del pedúnculo (l.p) y el largo del pedicelo oogonial (l.p.o). Modificado de Entwisle (1988b).

Fig. 129. Orientación de las paredes del pedúnculo. A, paredes prácticamente paralelas; B, paredes divergentes; C, paredes ligeramente convergentes. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 130. Gametóforo adventicio (ga) que surge en el pedúnculo (pe) de otro gametóforo. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 131. A, pedicelo anterior ausente; B, pedicelo anterior presente; p, pedicelo; an, anteridio. Modificado de Rieth (1980).

Gametóforos adventicios: surgen en algún sitio de otro gametóforo, pudiendo estar presentes o ausentes (Fig. 130).

Anteridio

Pedicelo anteridial: el pedicelo del anteridio puede interpretarse como una ramificación delgada en un sifón o gametóforo sobre la cual se forma el anteridio a través de la formación de un septo (Fig. 131B). Algunas especies pueden carecer de esta estructura (Fig. 131A).

Curvatura del pedicelo anteridial: el pedicelo anteridial puede doblarse o curvarse de distintas formas y en distintas direcciones. Cuando el pedicelo se curva paralelamente este se observa sobre un mismo eje con respecto al anteridio (Fig. 132C). Al curvarse lateralmente y se apreciará como un gancho u arco (Fig. 132B). Generalmente la curvatura suele ocurrir en la parte distal del pedicelo (Fig. 132B) aunque también puede estar ausente y por lo tanto el pedicelo será recto (Fig. 132A).

Ángulo del pedicelo anteridial con respecto al sifón: es el ángulo que se forma entre el sifón y el pedicelo anteridial. Cuando este último está totalmente erecto, sus dos lados forman un ángulo de 90°, sin embargo, cuando el pedicelo está ligeramente inclinado se forman dos ángulos, uno agudo y uno obtuso, a cada lado del pedicelo. Ambos ángulos se deben medir (Fig. 132A). Cuando el pedicelo se encuentra en un gametóforo, se trazan dos líneas alineadas con los dos lados del pedicelo y se extienden hasta interceptarlas con el sifón subyacente. Esto permitirá medir el ángulo del pedicelo anteridial (Fig. 132B).

Largo del pedicelo anteridial (l.p.a.): es la distancia entre el punto donde se une al sifón y el sitio donde se forma el septo del anteridio (Fig. 126) o bien, en especies con gametóforos, la distancia entre el punto donde el pedicelo anteridial se une a los pedicelos oogoniales y el punto donde se forma el septo del anteridio (Fig. 128).

Número de anteridios por grupo gametangial: los anteridios y oogonios forman agrupaciones discretas, lo que corresponde a un grupo gametangial (Fig. 133). En estos grupos se debe contar el número de anteridios.

Ubicación del anteridio: con respecto al oogonio puede ubicarse de manera lateral (Fig. 133A), por debajo (Figs. 133B y C), por encima (Figs. 133D), entre dos oogonios (Fig. 133E) o puede ser solitario. Cuando el anteridio crece sobre un gametóforo este suele ubicarse en la parte terminal y central (Fig. 133E).

Tipo de dehiscencia del anteridio: existen dos tipos básicos de dehiscencia: a través de poros (Fig. 134B y C) o mediante la desintegración de la pared (Fig. 134A).

Número de poros del anteridio: es el número de poros que presenta un anteridio por donde se liberan los anterozoides, puede ser uno (Fig. 134B) o varios (Fig. 134C).

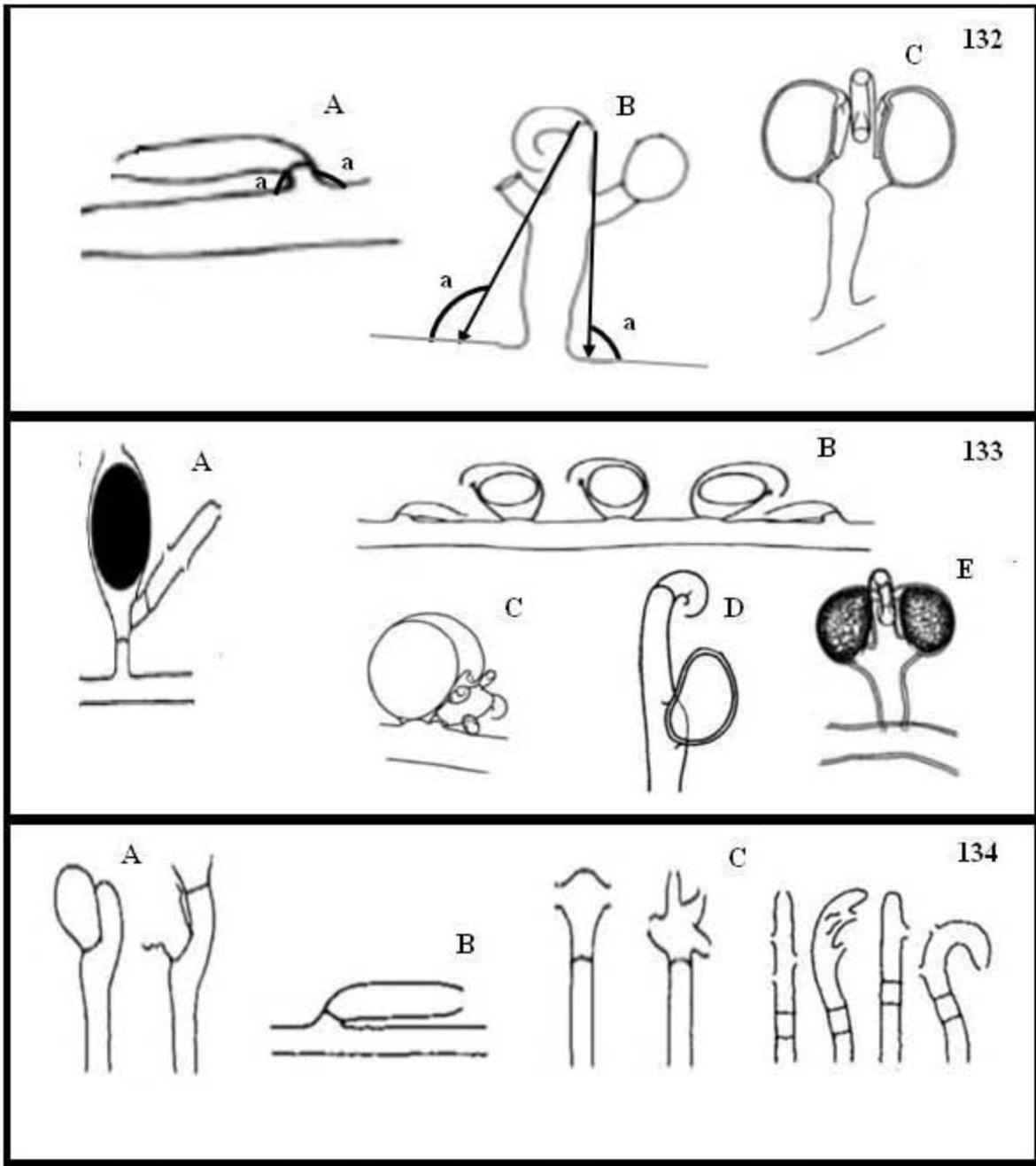


Fig. 132. Curvatura y ángulo del pedicelo anteridial con respecto al sifón. A, pedicelo recto; B, pedicelo curvado lateral y distalmente; C, pedicelo curvado paralelamente; a, ángulo del pedicelo con respecto al sifón. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 133. Distintos grupos gametangiales y ubicación del anteridio. A, anteridio lateral al oogonio; B y C, anteridios por debajo del oogonio; D, anteridio encima del oogonio, terminal y central en el gametóforo; E, anteridio entre dos oogonios, terminal y central en el gametóforo. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 134. Tipos de dehiscencia y número de poros en el anteridio. A, ruptura del anteridio sin poros; B, anteridio con un poro; C, anteridios con más de un poro. Modificado de Rieth (1980).

Dirección del poro del anteridio: el poro del anteridio puede estar dirigido en distintas posiciones con respecto al oogonio. Puede alejarse del oogonio (Fig. 135B), dirigirse hacia el oogonio (Fig. 135A) o ubicarse entre dos oogonios (Fig. 135C).

Forma del anteridio: el anteridio puede variar de forma en distintas especies de acuerdo a la expansión de sus paredes, a su curvatura, etc. Algunas formas son: recto-cilíndrico (Fig. 136A), circinado-cilíndrico (Fig. 136B), pulvinado (Fig. 136C), ganchudo (Fig. 136D), fusiforme (Fig. 136E), contorsionado o espiralado (Fig. 136F) e irregular (Fig. 136G).

Ángulo sobre el que se curva el anteridio (a.c.a.): se entiende como el ángulo que se forma al intersectar dos líneas, una paralela al septo que separa al pedicelo del anteridio y otra paralela al margen del poro. El ángulo que se mide corresponde al que abarca al anteridio (Fig. 126).

Orientación del plano de curvatura del sistema anteridial con respecto al pedúnculo: Cuando el anteridio y su pedicelo crecen sobre un gametóforo, ellos pueden orientarse en distintas direcciones con respecto al pedúnculo. Pueden ser paralelos (Fig. 137A) o transversos (Fig. 137B).

Largo del anteridio (l.a.): es la máxima extensión del anteridio alejándose de su pedicelo (Fig. 126).

Diámetro del anteridio (d.a.): es el diámetro máximo en cualquier punto del anteridio (Fig. 126).

Variación del diámetro del anteridio: los anteridios pueden presentar variación en su diámetro a lo largo de su estructura. Pueden ser más anchos en la base (Figs 136A, B y E), en el ápice (Fig. 136C) o en el centro (Fig. 136D). También pueden presentar el mismo diámetro en toda su extensión (Fig. 136F).

Oogonio

Presencia de pedicelo oogonial: el pedicelo oogonial es una estructura que se forma a partir de la ramificación del sifón principal (Fig. 138B) o el gametóforo (Fig. 138C) y en cuyo ápice se forma el oogonio. Algunas especies pueden carecer de esta estructura (Fig. 138A).

Largo del pedicelo oogonial (l.p.o.): el largo del pedicelo oogonial se mide desde el punto donde se une al sifón o al pedúnculo del gametóforo hasta el punto donde se forma el oogonio (Fig. 128).

Orientación del pedicelo oogonial: el pedicelo oogonial puede curvarse o dirigirse en diferentes direcciones o bien puede ser completamente erecto. Cuando crece en un gametóforo puede ser transversal al pedúnculo o colgante (Fig. 139).

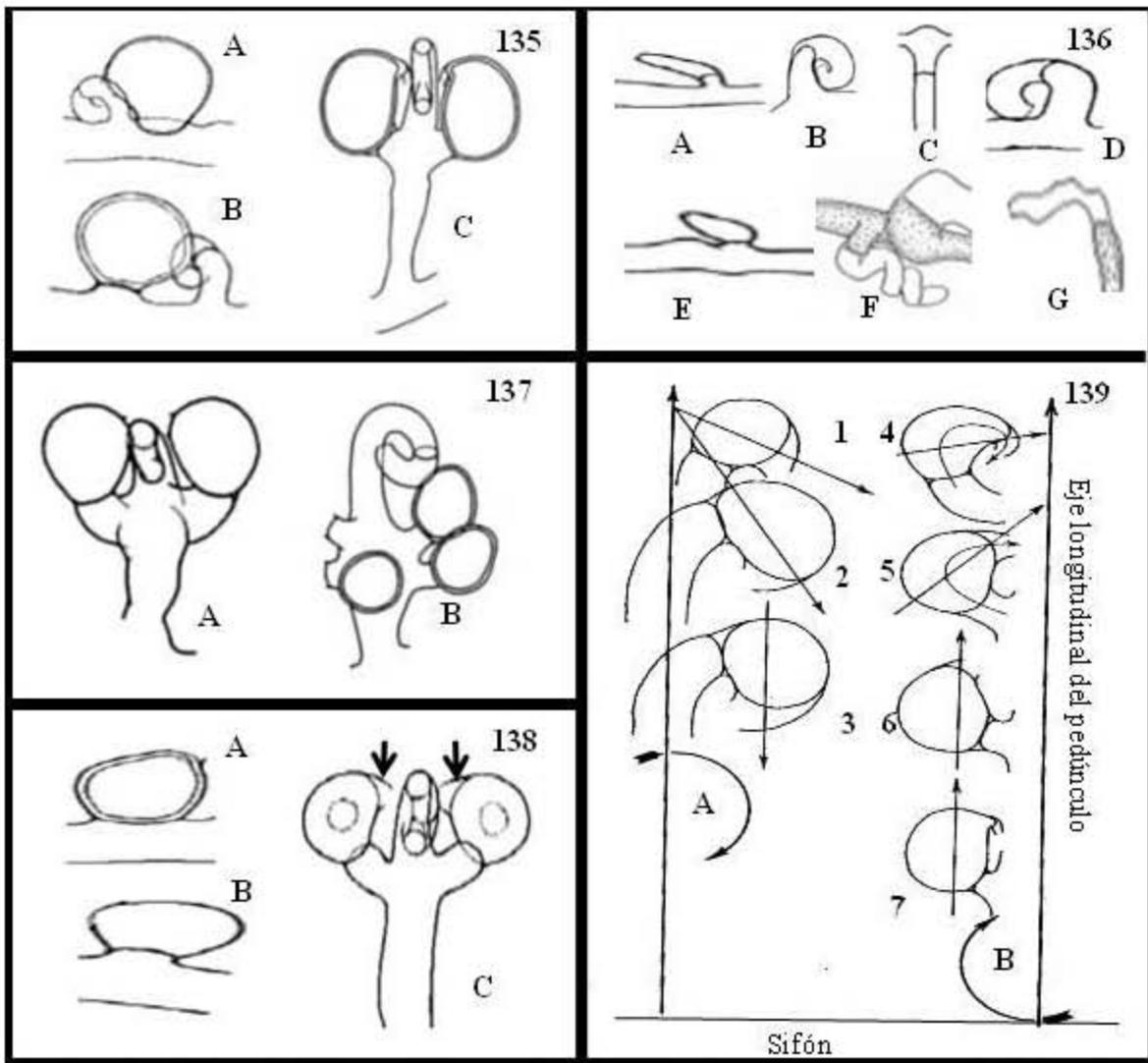


Fig. 135. Dirección del poro del anteridio. A, dirigido hacia el oogonio; B, alejándose del oogonio; C, justo entre dos oogonios. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 136. Forma y variación del diámetro del anteridio. A, recto-cilíndrico; B, circinado-cilíndrico; C, pulvinado; D, ganchudo; E, fusiforme; F, contorsionado o espiralado; G, irregular. Modificado de Rieth (1980) y Ott y Hommersand (1974).

Fig. 137. Orientación del plano de curvatura del sistema anteridial con respecto al pedúnculo. A, orientación paralela; B, orientación transversal. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 138. Presencia y ausencia de pico y pedicelo oogonial. A, pedicelo y pico ausentes; B, pedicelo presente y pico ausente; C, pedicelo presente y pico presente (flechas). Modificado de Rieth (1980).

Fig. 139. Orientación del pedicelo oogonial, eje mayor del oogonio y poro de fertilización sobre un gametóforo. A, pedicelos transversos al pedúnculo o colgantes; B, pedicelos erectos. 1 y 4, eje mayor del oogonio casi paralelo al sifón subyacente y transversal al pedúnculo; 2 y 3, eje mayor dirigido hacia la base del pedúnculo y al sifón; 5, eje mayor erecto y transversal al pedúnculo; 7 y 6, eje mayor erecto; 1, 2, 3, 4 y 7, poros oogoniales dirigidos hacia abajo y hacia el sifón y la base del pedúnculo; 5 y 6, poros oogoniales dirigidos hacia arriba. Modificado de Rieth (1980).

Número por grupo gametangial: es el número de oogonios en una agrupación discreta de estos con los anteridios. Puede haber un solo oogonio por grupo gametangial (Fig. 133A, C y D), dos (Fig. 133E) o más (Fig. B).

Pico oogonial: el pico es una cavidad distal en el oogonio que se forma cuando la oóspora no llena por completo el oogonio, por lo tanto puede estar presente (Figs 138A y B) o ausente (Fig. 138C).

Largo del pico oogonial: es la máxima distancia entre el poro de fertilización y la oóspora (Fig. 140A).

Diámetro de la base del pico oogonial: es el diámetro la zona adyacente a la pared de la oóspora (Fig. 140B).

Diámetro del ápice del pico oogonial: corresponde al diámetro del pico en el sitio donde se encuentra el poro oogonial (Fig. 140C).

Forma: el oogonio puede variar de forma principalmente debido a la presencia de un pico. Algunas formas que puede presentar son: dimidiada-globosa, elipsoidal, esférica, forma de cabeza de ave, globosa, oblonga, oblonga-reniforme, ovoide, ovoide-reniforme, reniforme y subsférica (Fig. 141).

Simetría: de acuerdo a su forma, el oogonio puede presentar una simetría radial o bilateral. Si es radial presentará varios planos de simetría. Si es bilateral solamente presentará un plano de simetría (Fig. 141).

Largo del oogonio (l.o.): se mide en el eje mayor del oogonio, sin importar su orientación (Fig. 126).

Diámetro del oogonio (d.o.): es el máximo diámetro perpendicular al eje mayor del oogonio (Fig. 126).

Proporción largo/diámetro del oogonio: es la relación entre el largo y el diámetro del oogonio. Se obtiene al dividir el valor del largo entre el valor de diámetro de un mismo oogonio.

Ángulo del eje mayor oogonial (a.e.m.o.): es el ángulo entre el eje mayor del oogonio y una línea paralela al sifón subyacente (Figs 126 y 128).

Orientación del eje mayor cuando está en un gametóforo: el eje mayor del oogonio puede variar en orientación sobre un gametóforo. Puede ser paralelo al sifón subyacente (Fig. 139, 1 y 4), erecto (Fig. 139, 5-7), dirigido a la base del pedúnculo (Fig. 139, 3) o puede ser transversal al pedúnculo y al anteridio (Fig. 139, 1, 4 y 5).

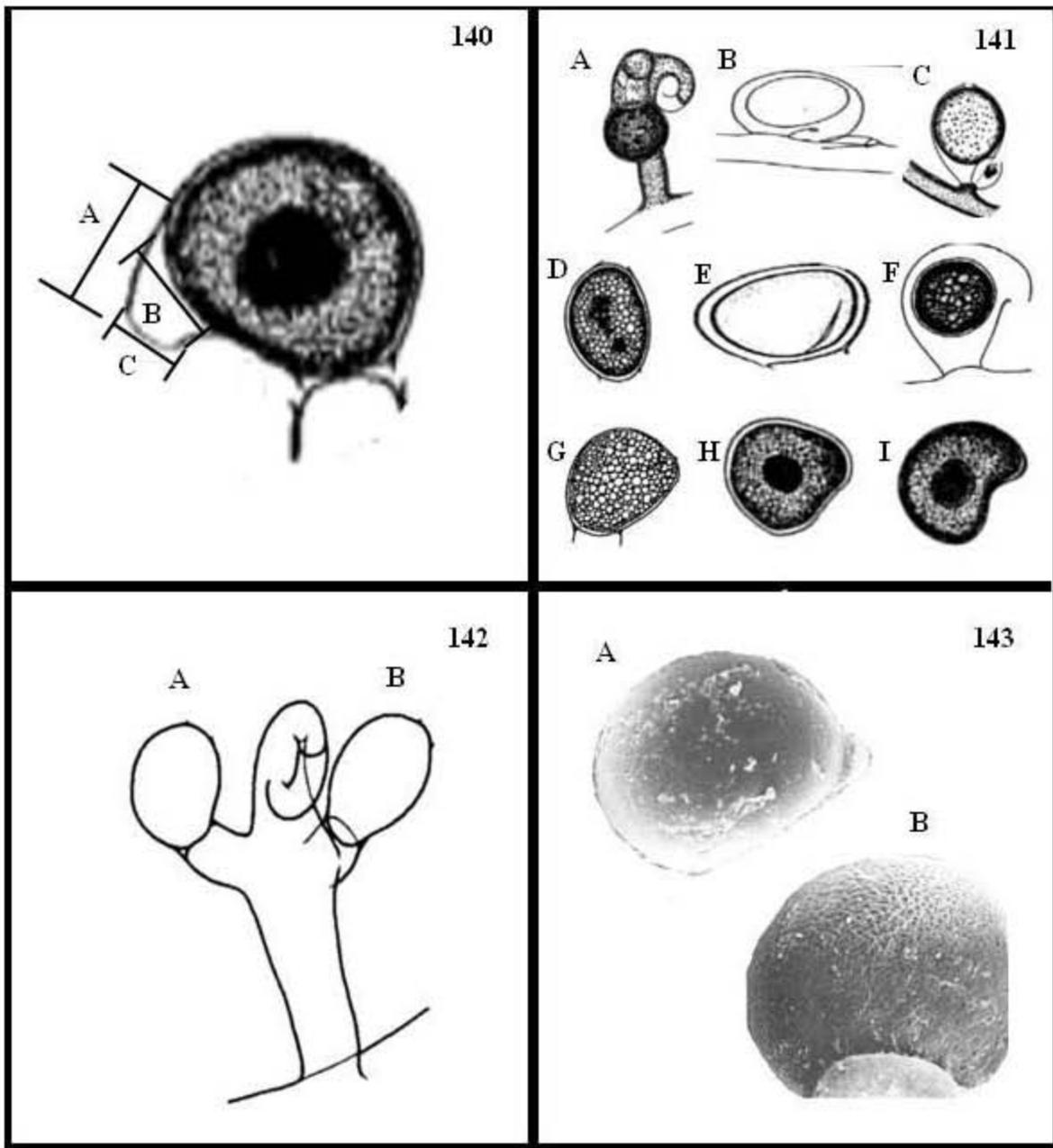


Fig. 140. Caracteres cuantitativos continuos del pico oogonial. A, largo; B, diámetro de la base; C, diámetro del ápice. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 141. Formas del oogonio y de la oóspora. Formas con simetría radial: A, oogonio y oóspora esféricos; B, oóspora elipsoidal; C, oogonio globoso y oóspora esférica; D, oogonio y oóspora oblongos; E, oogonio y oóspora ovoides; F, oóspora subsférica; G, oóspora y oogonio dimidiado globosos; Formas con simetría bilateral: B y F, oogonios con forma de cabeza de ave; H, oóspora ovoide-reniforme; I, oóspora reniforme. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 142. Orientación del poro oogonial cuando está en un gametóforo. A, dirigido hacia el anteridio; B, alejándose del anteridio. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 143. Ultraestructura de la pared del oogonio. A, lisa; B, escrobiculada. Modificado de Entwisle (1987).

Ángulo del poro oogonial (a.p.o.): es el ángulo entre una línea que atraviesa el poro de fertilización (perpendicular al margen del poro) y una línea paralela al sifón adyacente (Fig. 126).

Orientación del poro cuando está en un gametóforo: el poro de fertilización del oogonio puede dirigirse hacia diferentes estructuras cuando está en un gametóforo: hacia arriba (Fig. 139, 5 y 6) y hacia abajo (Fig. 139; 1, 2, 3, 4, 7), hacia el anteridio (Fig. 142A) o alejarse de él (Fig. 142B), puede ser paralelo al sifón (Fig. 139, 5) o estar dirigido hacia él, y puede estar dirigido a la base del pedúnculo (Fig. 139; 1-4 y 7).

Ultraestructura de la pared: la pared del oogonio puede ser lisa (Fig. 143A) o escrobiculada (Fig. 143B).

Oóspora

Espacio que ocupa en el oogonio: la oóspora puede llenar por completo el oogonio (Fig. 144A), dejar una cavidad cerca del poro de fertilización (pico oogonial) (Fig. 144B), puede dejar un espacio a su alrededor (Fig. 144C) o en la base del oogonio (Fig. 144B).

Número de capas de la pared: Generalmente son tres: exosporio, mesosporio y endosporio (Fig. 145A). En el mesosporio, pueden formarse lamelaciones y observarse más capas (Fig. 145B).

Grosor de la pared de la oóspora: es la distancia que existe entre el exosporio (pared de la oóspora que está en contacto con la pared oogonial) y el endosporio que está en contacto con el citoplasma pigmentado de la oóspora (Fig. 145).

Presencia de una protuberancia en la oóspora: la oóspora puede presentar un pequeño abultamiento generalmente cuando ocupa un poco de espacio dentro del pico oogonial (Fig. 144A). En algunas especies puede estar ausente (Fig. 144B y C) (p. e. cuando la oóspora es esférica o elipsoidal).

Forma de la oóspora: la oóspora puede variar de forma junto con el oogonio. Algunas formas que puede presentar son: dimidiada-globosa, elipsoidal, esférica, globosa, oblicua-ovoide, oblonga, oblonga-reniforme, ovoide, ovoide-reniforme y subsférica (Fig. 141).

Largo de la oóspora: es el largo del eje mayor de la oóspora, sin importar su orientación (Fig. 146A).

Diámetro de la oóspora: es el máximo diámetro perpendicular al eje mayor de la oóspora (Fig. 146B).

Proporción largo/diámetro de la oóspora: es la relación entre el largo y el diámetro de la oóspora. Se obtiene al dividir el valor del largo entre el valor de diámetro de una misma oóspora.

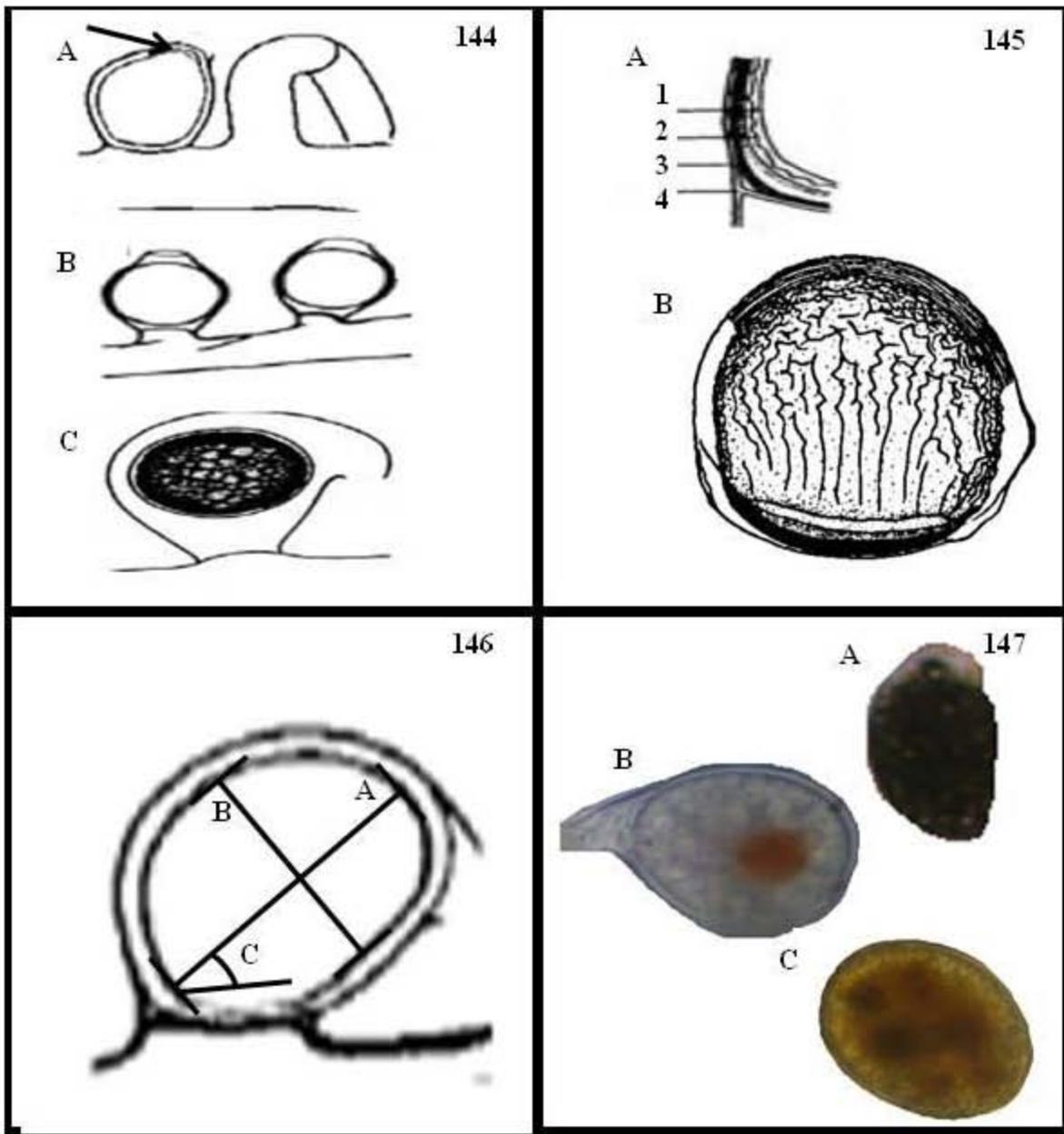


Fig. 144. Espacio que ocupa la oóspora en el oogonio y presencia de protuberancia. A, llena el oogonio entero y tiene una protuberancia (señalado con una flecha); B, llena el oogonio menos el pico y la base; C, no llena el oogonio. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 145. Oósporas con diferente número de capas. A, oóspora con las tres capas generales: 1, endosporio; 2, mesosporio; 3, exosporio; 4, pared oogonial. B, oóspora con numerosas capas. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 146. Caracteres cuantitativos continuos de la oóspora. A, largo de la oóspora; B, diámetro de la oóspora; C, ángulo del eje mayor de la oóspora. Modificado de Rieth (1980).

Fig. 147. Puntos de pigmento en la oóspora (material original). A, oóspora sin puntos de pigmento reconocibles; B, oóspora con un punto de pigmento rojo; oóspora con varios puntos de pigmento color café-sepia

Ángulo del eje mayor de la oóspora: es el ángulo entre el eje mayor de la oóspora y una línea paralela al sifón adyacente (Fig. 146C).

Presencia de puntos de pigmento en la oóspora: los puntos de pigmento son acumulaciones de pigmentos en varias zonas del citoplasma de la oóspora (Fig. 147B y C). En algunos organismos pueden no distinguirse puntos de pigmento independientes o pueden estar ausentes (Fig. 147A).

Color de los puntos de pigmento: puede variar, siendo los principales amarillo, pardo rojizo, café sepia, negro, pardo-negruzco, rojo y rojo-amarillento (Fig. 147).

Número de puntos de pigmento dentro de la oóspora: El número de los puntos puede variar de uno central a varios dispersos en el citoplasma (Fig. 147B y C).

ANEXO 7: Tabla comparativa de datos ambientales cualitativos.

En este anexo se incluyen la tabla comparativa de los datos ambientales cualitativos evaluados para distintas poblaciones mexicanas de *Vaucheria* y para los datos de especies cercanas tratadas en diversas publicaciones que pertenecen a una misma sección taxonómica.

Tabla 40: Comparación de los datos ambientales cualitativos evaluados para distintas poblaciones mexicanas de *Vaucheria* y los datos de especies cercanas tratadas en diversas publicaciones. Abreviaciones de los datos ambientales: - =sin información, Ad=agua dulce, An=arena, Ar=arroyo, Ae=aérea, As=agua salobre, Bc=bosque de coníferas, Be=bosque de encino, Bm=bosque mixto, Bn=bentónica, Bp=bosque de pino, Bpe=bosque de pino-encino, Btc=bosque templado caducifolio, Ca=canal, Cd=caída de agua, Ch=charco, Cn=cieno, Ds=desagüe, Em=escurrimiento, Es=estanque, Gr=grava, La=lago, Le=léntico, Lo=lótico, Ma=manantial, Mt=metafítica, Mx=matorral xerófilo, N/E=no evaluado, Pa=pantano, Pj=plantas de jardín, Pr=perifítica, Pt=plantas, Rc=roca, Ri=río, Sa=sustrato artificial, Sb=subaérea, Sbc=selva baja caducifolia, Sh=suelo húmedo, Sm=sumergida, Ta=tanque de agua, Tc=ticoplanctónica, Za=zanja, Zi=zona inundada. Los datos ambientales únicos en una especie de una sección se indican en negritas y en una población de una misma especie se subrayan. Las poblaciones sin identificar se comparan contra las especies de las demás secciones.

Sección	Taxa	Tipo de cuerpo de agua	Forma de vida	Sustrato	Tipo de vegetación
<i>Tubuligerae</i>	<i>V. aversa</i> ¹⁻⁷	<u>Ad, Ar, Ca, Ch, Em, Es, Ma, Pa, Ta, Za</u>	<u>Mt, Sb, Sm, Tc</u>	<u>Cn, Sh</u>	<u>Btc</u>
	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	Ch	<u>Bn, Sm</u>	Cn	<u>Bc</u>
<i>Corniculatae</i>	<i>V. arcassonensis</i> ^{3, 4, 8-10}	As	Sb	-	-
	<i>V. borealis</i> ^{1, 3, 6, 11, 12}	<u>Ar, Ch, Ds, Lo, Pa, Ri</u>	-	<u>Sh</u>	-
	<i>V. borealis</i> (Exp. 2, 4-7, 13, 16, 21, 23)	<u>Ca, Em</u>	Bn, Sb	<u>Cn, Sa</u>	Bp
	<i>V. bursata s. l.</i> ^{3-7, 12-20}	Ad, Ar, As, Ca, Ch, Em, Es, Le, Ri, Za	Sb, Sm	Cn, Rc, Sh	Bc
	<i>V. nanandra</i> ⁴	As	Ae, Sb	Sh	-
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 28)	<u>Ar, Em</u>	<u>Sb</u>	Cn	<u>Bp</u>
	<i>V. aff. dillwynii</i> (Exp. 26)	<u>Ri</u>	<u>Bn</u>	Cn, <u>Rc</u>	<u>Bc</u>
	<i>V. repens</i> ^{1, 4, 21, 22, 26}	<u>Ar, Es</u>	<u>Ae, Sm</u>	<u>An, Sh</u>	-
	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3, 12, 29)	<u>Cd, Ri</u>	<u>Sb</u>	<u>Cn, Rc</u>	Be, Pj

¹Brown (1929), ²Sarma (1974), ³Rieth (1980), ⁴Entwisle (1988a), ⁵Krzyk (2001), ⁶Johnson y Merritt (2002), ⁷Zelazna-Wieczorek (2002), ⁸Ott y Hommersand (1974), ⁹Simons (1975), ¹⁰Polderman y Poderman-Hall (1980), ¹¹Him (1900), ¹²Aboal (1989a), ¹³Hodgetts (1921), ¹⁴Wunderlin (1971), ¹⁵Tiffany (1937), ¹⁶Cambrá (1992), ¹⁷Krzyk (2001), ¹⁸Nemjová y Kaufnerová (2009), ¹⁹Bojorge-García *et al.* (2010), ²⁰Fernández-García *et al.* (2011), ²¹Hoppaugh (1930), ²²González-Guerrero (1945), ²³Sánchez-Castillo y Morales-Torres (1981), ²⁴Peres *et al.* (2008), ²⁵Tonetto *et al.* (2012), ²⁶Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra (1998), ²⁷Wolowski (2002), ²⁸Schagerl y Kerschbaumer (2008), ²⁹Schneider y Lane (2000), ³⁰Ramos de Almeida *et al.* (2011).

Tabla 40: Continuación.

<i>Racemosae</i>	<i>V. frigida</i> ^{1,2,4,5,7,12,20,26-28}	Ad, Ar, As, Ch, Es, Pa , Ri, Zi	Ae, Bn, Sb, Sm	Cn, Sh	-
	<i>V. geminata</i> ^{1,3,4,6,7,12,18,20,23-25}	<u>Ad</u> , Ar, <u>Ca</u> , <u>Ch</u> , <u>Es</u> , La , <u>Le</u> , <u>Lo</u> , <u>Ri</u> , <u>Ta</u>	<u>Bn</u> , <u>Mt</u> , <u>Sb</u> , <u>Sm</u> , Tc	An, <u>Cn</u> , Pt, Rc, <u>Sh</u>	-
	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197, 198)	Ar	<u>Pr</u>	An, Pt, Rc	-
	<i>V. prona</i> ^{3,6,7,12}	<u>Ar</u> , <u>Le</u> , <u>Lo</u> , <u>Ta</u>	<u>Ae</u> , Sb	Cn, <u>Sh</u>	-
	<i>V. prona</i> (Exp. 8)	<u>Ma</u>	<u>Bn</u> , Sb	Cn, <u>Sa</u>	Bm
	<i>V. prona</i> (FCME-PAP 1-4, 7)	<u>Ca</u> , <u>Ch</u>	<u>Pr</u>	<u>An</u> , <u>Pt</u> , <u>Rc</u>	-
	<i>V. racemosa</i> ^{3,5,6,7,27,29}	Ad, Ar, Es, Lo, Ma, Ri, Ta, Za	N/E	Cn, Sa, Sh	-
	<i>V. pseudogeminata</i> ^{3,6,30}	As, Za	-	Sh	-
	<i>V. zapotecana</i> (Exp. 32 y 37)	Ri	Mt, Sb	N/E	N/E
<i>Vaucheria</i>	<i>V. canalicularis</i> ^{3,4,6,16,18}	<u>Ca</u> , <u>Ch</u> , <u>Es</u> , <u>Le</u> , <u>Lo</u> , <u>Za</u>	<u>Ae</u> , <u>Sb</u>	Cn, <u>Sa</u> , <u>Sh</u>	-
	<i>V. canalicularis</i> (Exp. 25)	<u>Ar</u>	<u>Bn</u> , <u>Mt</u>	Cn	Mx
<i>Incertae sedis</i>	<i>V. sp. 20</i> (Exp. 17)	Ar	Bn	Cn, Rc	Bpe
	<i>V. sp. 21</i> (Exp. 18)	Ar	Bn	Cn, Rc	Bpe
	<i>V. sp. 22</i> (Exp. 19)	Ar	Bn	Cn, Rc	Bpe
	<i>V. sp. 10</i> (Exp. 11)	Ma	N/E	N/E	N/E
	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	Ar	Bn	Cn, Rc	Bpe
	<i>V. sp. 24</i> (Exp. 2)	Cd, Ri	Ae, Mt	Rc	Bp
	<i>V. sp. 26</i> (Exp. 9, 27, 30, 35)	Ar, Ma	Bn, Mt, Sb, Sm	Cn, Gr , Rc	Sbc
	<i>V. sp. 28</i> (Exp. 33)	Ri	N/E	N/E	N/E
	<i>V. sp. 27</i> (Exp. 34)	Ma	Sb	Cn, Sa	N/E
	<i>V. sp. 12</i> (Exp. 26)	Za	Ae	Sh	Bc

ANEXO 8: Gráficas de variabilidad ambiental

En este anexo se incluyen las tablas y gráficos de la variación de los datos ambientales cuantitativos continuos evaluados en distintas poblaciones mexicanas de *Vaucheria* y los datos de especies cercanas tratadas en diversas publicaciones.

Gráficas de variabilidad en las condiciones ambientales

Número	Especie	Mínimo	Medio	Máximo
1	<i>V. anversa</i> (Ref. 1-4)	3625	3625	3625
2	<i>V. anversa</i> (Exp. 22)	2867	2867	2867
4	<i>V. aurisata</i> s. l. (Ref. 1,2,3 y 5-11)	600	1430	2300
5	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	2900	2920.5	2941
6	<i>V. aff. dilibonii</i> (Exp. 28)	2753	2753	2753
7	<i>V. aff. dilibonii</i> (Exp. 26)	2867	2867	2867
8	<i>V. cf. barbazata</i> (FCME-PA.2540,2556 y 2557)	573	573	573
9	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	1167	1183.5	1200
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 3, 5, 7, 8, 10 y 11-13)	474	474	474
14	<i>V. prona</i> (FCME-PAD 1-4 y 7, Ref. 14)	1640	1640	1640
15	<i>V. geminata</i> (FCME-PAD 197 y 198; Ref. 14)	2300	2300	2300
16	<i>V. prona</i> (Exp. 8)	2666	2666	2666
17	<i>V. prona</i> (FCME-PA.2556)	573	573	573
20	<i>V. canaliculatis</i> (Ref. 7 y 8)	420	420	420
21	<i>V. canaliculatis</i> (Exp. 25)	1630	1630	1630
22	<i>V. sp. 20</i> (Exp. 17)	2618	2618	2618
23	<i>V. sp. 21</i> (Exp. 18)	2310	2310	2310
24	<i>V. sp. 22</i> (Exp. 19)	2827	2827	2827
26	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	2623	2623	2623
27	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	2312	2312	2312
28	<i>V. sp. 24</i> (Exp. 1)	2800	2800	2800
29	<i>V. sp. 26</i> (Exp. 9, 27 y 35)	771	787	803
30	<i>V. sp. 12</i> (Exp. 26)	2867	2867	2867

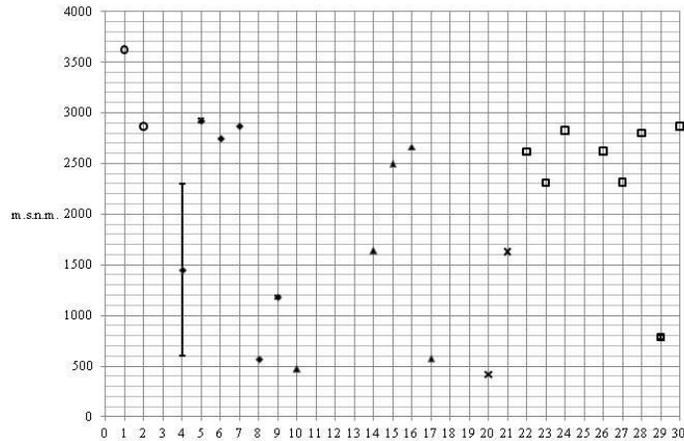


Fig. 148. Tabla y gráfica de variación de la altitud (m.s.n.m.) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hodgetts (1921); 2, Rieth (1980); 3, Simons y van Beem (1990); 4, Krzyk (2001); 5, Aboal (1989a); 6, Cambra (1992); 7, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 8, Nemjová y Kaufnerová (2009); 9, Bojorge-García *et al.* (2010); 10, Fernández-García *et al.* (2011); 11, Tonetto *et al.* (2012); 12, Peres (2002); 13, Peres *et al.* (2008); 14, Novelo (1998). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestres, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

Número	Especie	Mínimo	Medio	Máximo
1	<i>V. anversa</i> (Ref. 1-4)	4.8	6.4	8
4	<i>V. aurisata</i> s. l. (Ref. 1,2,3 y 5-11)	7	9	11
5	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	15	20	25
6	<i>V. aff. dilibonii</i> (Exp. 28)	30	30	30
7	<i>V. aff. dilibonii</i> (Exp. 26)	19	19	19
9	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	26	26	26
16	<i>V. prona</i> (Exp. 8)	25	25	25
21	<i>V. canaliculatis</i> (Exp. 25)	28	28	28
22	<i>V. sp. 20</i> (Exp. 17)	20	20	20
23	<i>V. sp. 21</i> (Exp. 18)	19	19	19
24	<i>V. sp. 22</i> (Exp. 19)	20	20	20
26	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	18	18	18
27	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	23	23	23
28	<i>V. sp. 24</i> (Exp. 1)	24	24	24
29	<i>V. sp. 26</i> (Exp. 9, 27 y 35)	28	29.5	31
30	<i>V. sp. 12</i> (Exp. 26)	19	19	19

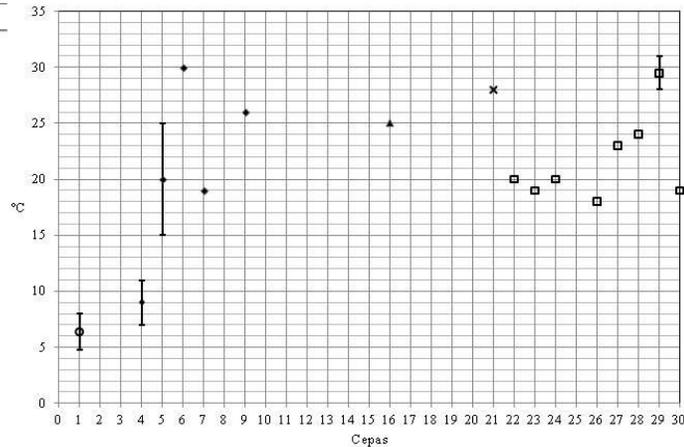


Fig. 149. Tabla y gráfica de variación de la temperatura del aire (°C) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hodgetts (1921); 2, Rieth (1980); 3, Simons y van Beem (1990); 4, Krzyk (2001); 5, Aboal (1989a); 6, Cambra (1992); 7, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 8, Nemjová y Kaufnerová (2009); 9, Bojorge-García *et al.* (2010); 10, Fernández-García *et al.* (2011); 11, Tonetto *et al.* (2012). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestres, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
2	<i>V. aerea</i> (Exp. 22)	12	12	12
3	<i>V. borealis</i> (Ref. 1)	14.5	18.75	23
4	<i>V. borealis</i> s. l. (Ref. 1-10)	12.4	16.1	19.8
5	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	10	12	14
6	<i>V. aff. dilibonii</i> (Exp. 28)	16	16	16
7	<i>V. aff. dilibonii</i> (Exp. 26)	11	11	11
9	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	19	19.5	20
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 1, 4, 6, 7, 9-12)	7	18.05	29.1
11	<i>V. frigida</i> (Ref. 6, 9 y 13)	7	18.05	29.1
12	<i>V. proxa</i> (Ref. 1 y 13)	12	18	24
13	<i>V. racemosa</i> (Ref. 6)	8	14.5	21
14	<i>V. proxa</i> (FCME-PAP 1.4 y 7; Ref. 14)	25	25	25
15	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197 y 198; Ref. 14)	20.5	20.5	20.5
16	<i>V. proxa</i> (Exp. 8)	13	13	13
18	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 15)	19	19.2	19.4
20	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 6 y 7)	8	13.5	19
21	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	21	21	21
22	<i>V. sp. 20</i> (Exp. 17)	11	11	11
23	<i>V. sp. 21</i> (Exp. 18)	15	15	15
24	<i>V. sp. 22</i> (Exp. 19)	10	10	10
25	<i>V. sp. 10</i> (Exp. 11)	19	19	19
26	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	9	9	9
27	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	15	15	15
28	<i>V. sp. 24</i> (Exp. 1)	15.5	15.5	15.5
29	<i>V. sp. 26</i> (Exp. 9, 27 y 35)	26	27.5	29

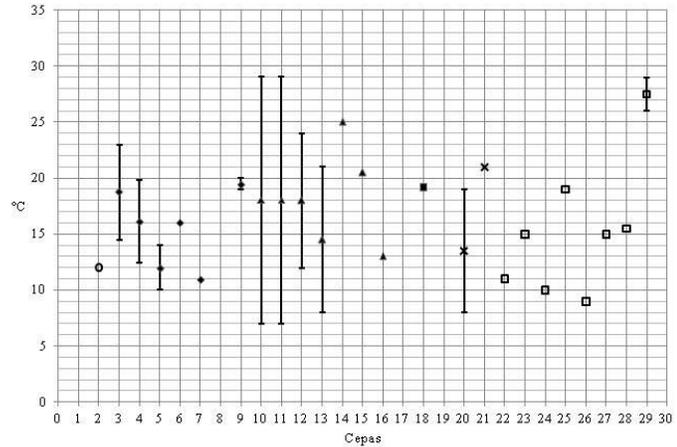


Fig. 150. Tabla y gráfica de variación de la temperatura del agua (°C) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Aboal (1989a); 2, Hodgetts (1921); 3, Rieth (1980); 4, Simons y van Beem (1990); 5, Cambra (1992); 6, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 7, Nemjová y Kaufnerová (2009); 8, Bojorge-García *et al.* (2010); 9, Fernández-García *et al.* (2011); 10, Tonetto *et al.* (2012); 11, Peres (2002); 12, Peres *et al.* (2008); 13, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 14, Novelo (1998); 15, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aerea</i> (Ref. 1.4)	6.6	7.7	8.8
2	<i>V. aerea</i> (Exp. 22)	7.3	7.3	7.3
3	<i>V. borealis</i> (Ref. 5)	7.4	7.85	8.3
4	<i>V. borealis</i> s. l. (Ref. 1, 2, 3 y 5-11)	6.5	7.65	8.8
5	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	6.9	7.35	7.8
6	<i>V. aff. dilibonii</i> (Exp. 28)	7.1	7.1	7.1
7	<i>V. aff. dilibonii</i> (Exp. 26)	6.9	6.9	6.9
9	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	6.71	6.71	6.71
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 3, 5, 7, 8, 10 y 11-13)	6.1	7.45	8.8
11	<i>V. frigida</i> (Ref. 7, 10 y 14)	6.14	7.27	8.4
12	<i>V. proxa</i> (Ref. 5 y 14)	6.22	7.06	7.9
14	<i>V. proxa</i> (FCME-PAP 1.4 y 7; Ref. 15)	7.5	7.5	7.5
15	<i>V. geminata</i> (FCME-PAP 197 y 198; Ref. 15)	7	7	7
16	<i>V. proxa</i> (Exp. 8)	6.7	6.9	7.1
18	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 16)	6.3	6.4	6.5
21	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	7.5	7.5	7.5
22	<i>V. sp. 20</i> (Exp. 17)	5.8	5.8	5.8
23	<i>V. sp. 21</i> (Exp. 18)	5.7	5.7	5.7
24	<i>V. sp. 22</i> (Exp. 19)	5.5	5.5	5.5
25	<i>V. sp. 10</i> (Exp. 11)	7.2	7.2	7.2
26	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	5.6	5.6	5.6
27	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	5.5	5.5	5.5
29	<i>V. sp. 26</i> (Exp. 9, 27 y 35)	6.7	7.25	7.8

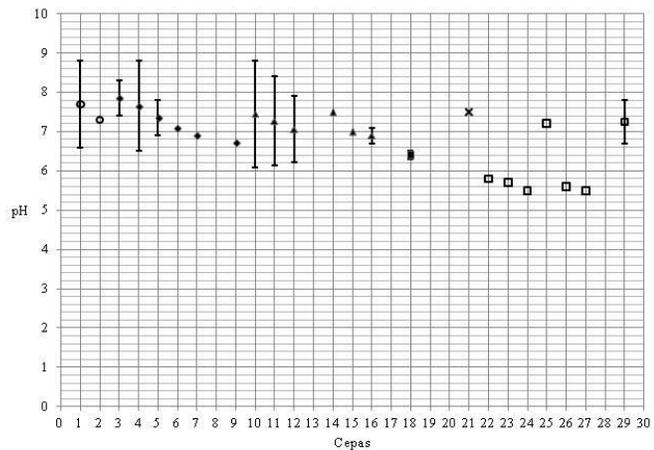


Fig. 151. Tabla y gráfica de variación del pH para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hodgetts (1921); 2, Rieth (1980); 3, Simons y van Beem (1990); 4, Krzyk (2001); 5, Aboal (1989a); 6, Cambra (1992); 7, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 8, Nemjová y Kaufnerová (2009); 9, Bojorge-García *et al.* (2010); 10, Fernández-García *et al.* (2011); 11, Tonetto *et al.* (2012); 12, Peres (2002); 13, Peres *et al.* (2008); 14, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 15, Novelo (1998); 16, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
2	<i>V. aversa</i> (Exp. 22)	48	48	48
3	<i>V. borealis</i> (Ref. 1)	124.2	143.85	163.5
4	<i>V. boreata s. l.</i> (Ref. 1-10)	5.1	68.55	132
5	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	30	37	44
6	<i>V. aff. dillopii</i> (Exp. 28)	40	40	40
7	<i>V. aff. dillopii</i> (Exp. 26)	26	26	26
9	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	53	53	53
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 1, 4, 6, 7 y 9-12)	107.1	155.1	203.1
12	<i>V. prona</i> (Ref. 1 y 13)	90.3	90.3	90.3
16	<i>V. prona</i> (Exp. 8)	117	117	117
21	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	194	194	194
22	<i>V. sp. 20</i> (Exp. 17)	35	35	35
23	<i>V. sp. 21</i> (Exp. 18)	42	42	42
24	<i>V. sp. 22</i> (Exp. 19)	100	100	100
25	<i>V. sp. 10</i> (Exp. 11)	310	310	310
26	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	35	35	35
27	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	40	40	40
29	<i>V. sp. 26</i> (Exp. 9, 27 y 35)	185	234	283

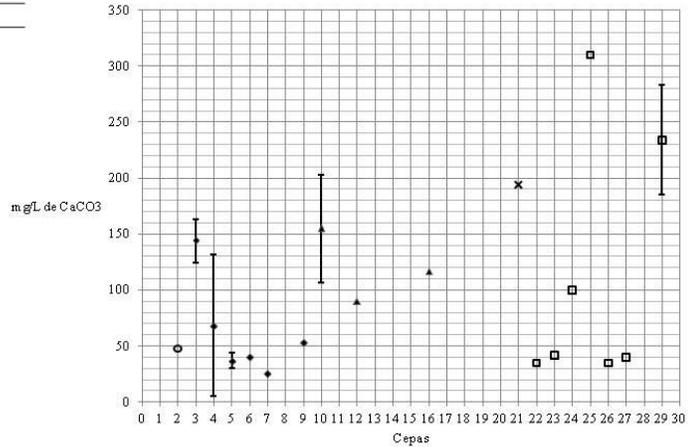


Fig. 152. Tabla y gráfica de variación de la alcalinidad del agua (mg/L de CaCO₃) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Aboal (1989a); 2, Hodgetts (1921); 3, Rieth (1980); 4, Simons y van Beem (1990); 5, Cambra (1992); 6, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 7, Nemjová y Kaufnerová (2009); 8, Bojorge-García *et al.* (2010); 9, Fernández-García *et al.* (2011); 10, Tonetto *et al.* (2012); 11, Peres (2002); 12, Peres *et al.* (2008); 13, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestres, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-4)	65	40	90
3	<i>V. borealis</i> (Ref. 5)	47	30	64
4	<i>V. boreata s. l.</i> (Ref. 1, 2, 3 y 5-11)	600	40	1160
5	<i>V. borealis</i> (Exp. 7 y 13)	45	35	55
6	<i>V. aff. dillopii</i> (Exp. 28)	44.62	44.62	44.62
7	<i>V. aff. dillopii</i> (Exp. 26)	46.56	46.56	46.56
9	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	74.48	74.48	74.48
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 3, 5, 7, 8, 10 y 11-13)	132.5	25	240
12	<i>V. prona</i> (Ref. 5 y 14)	19.2	19.2	19.2
16	<i>V. prona</i> (Exp. 8)	87	87	87
21	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	291	291	291
22	<i>V. sp. 20</i> (Exp. 17)	133	133	133
23	<i>V. sp. 21</i> (Exp. 18)	129	129	129
24	<i>V. sp. 22</i> (Exp. 19)	120	120	120
25	<i>V. sp. 10</i> (Exp. 11)	422	422	422
26	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	145	145	145
27	<i>V. sp. 23</i> (Exp. 20)	141	141	141
29	<i>V. sp. 26</i> (Exp. 9, 27 y 35)	873	873	873

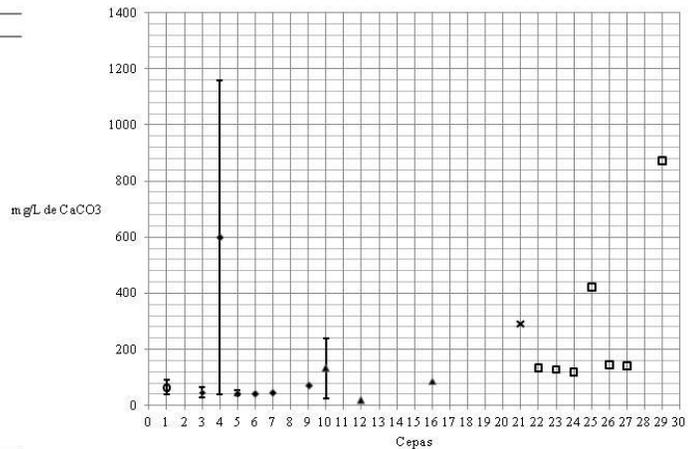


Fig. 153. Tabla y gráfica de variación de la dureza del agua (mg/L de CaCO₃) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hodgetts (1921); 2, Rieth (1980); 3, Simons y van Beem (1990); 4, Krzyk (2001); 5, Aboal (1989a); 6, Cambra (1992); 7, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 8, Nemjová y Kaufnerová (2009); 9, Bojorge-García *et al.* (2010); 10, Fernández-García *et al.* (2011); 11, Tonetto *et al.* (2012); 12, Peres (2002); 13, Peres *et al.* (2008); 14, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestres, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
3	<i>V. borealis</i> (Ref. 1)	6.5	11.75	17
4	<i>V. boreata</i> s. l. (Ref. 1-10)	4.6	10	15.4
5	<i>V. borealis</i> (Bsp. 7 y 13)	2.9	4.85	6.8
6	<i>V. aff. dilloipii</i> (Bsp. 28)	5.8	5.8	5.8
7	<i>V. aff. dilloipii</i> (Bsp. 26)	5	5	5
9	<i>V. cf. repens</i> (Bsp. 3 y 29)	4	4	4
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 1, 4, 6, 7 y 9-12)	0.98	8.19	15.4
11	<i>V. frigida</i> (Ref. 6, 9 y 13)	5.6	10.5	15.4
12	<i>V. prona</i> (Ref. 1 y 13)	13.5	13.5	13.5
16	<i>V. prona</i> (Bsp. 8)	3	3	3
18	<i>V. pseudo geminata</i> (Ref. 14)	5	5.55	6.1
21	<i>V. canalicularis</i> (Bsp. 25)	4	4	4
22	<i>V. sp. 20</i> (Bsp. 17)	7.8	7.8	7.8
23	<i>V. sp. 21</i> (Bsp. 18)	8.4	8.4	8.4
24	<i>V. sp. 22</i> (Bsp. 19)	14	14	14
25	<i>V. sp. 10</i> (Bsp. 11)	4.9	4.9	4.9
26	<i>V. sp. 23</i> (Bsp. 20)	8.2	8.2	8.2
27	<i>V. sp. 23</i> (Bsp. 20)	9.2	9.2	9.2
29	<i>V. sp. 26</i> (Bsp. 9, 27 y 35)	2.2	4.8	7.4

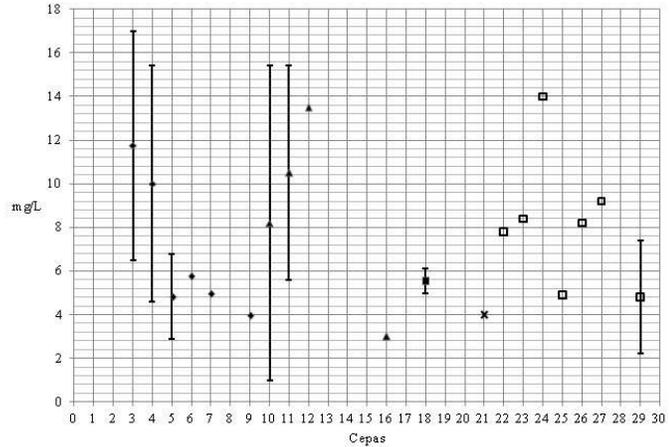


Fig. 154. Tabla y gráfica de variación de la concentración de oxígeno en el agua (mg/L) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Aboal (1989a); 2, Hodgetts (1921); 3, Rieth (1980); 4, Simons y van Beem (1990); 5, Cambra (1992); 6, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 7, Nemjová y Kaufnerová (2009); 8, Bojorge-García *et al.* (2010); 9, Fernández-García *et al.* (2011); 10, Tonetto *et al.* (2012); 11, Peres (2002); 12, Peres *et al.* (2008); 13, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 14, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-4)	4.197	4.197	4.197
2	<i>V. aversa</i> (Bsp. 22)	0.8	0.8	0.8
3	<i>V. borealis</i> (Ref. 5)	0.45	4.055	7.66
4	<i>V. boreata</i> s. l. (Ref. 1, 2, 3 y 5-11)	0.16	3.58	7
5	<i>V. borealis</i> (Bsp. 7 y 13)	0.2	0.7	1.2
6	<i>V. aff. dilloipii</i> (Bsp. 28)	0.2	0.2	0.2
7	<i>V. aff. dilloipii</i> (Bsp. 26)	0.5	0.5	0.5
9	<i>V. cf. repens</i> (Bsp. 3 y 29)	0	0	0
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 3, 5, 7, 8, 10 y 11-13)	0	2.18	4.36
11	<i>V. frigida</i> (Ref. 7, 10 y 14)	1	1.5	2
12	<i>V. prona</i> (Ref. 5 y 14)	1.15	1.15	1.15
13	<i>V. racemosa</i> (Ref. 7)	1	4.5	8
20	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 7 y 8)	1	4	7
21	<i>V. canalicularis</i> (Bsp. 25)	0.3	0.3	0.3
29	<i>V. sp. 26</i> (Bsp. 9, 27 y 35)	0.3	0.3	0.3

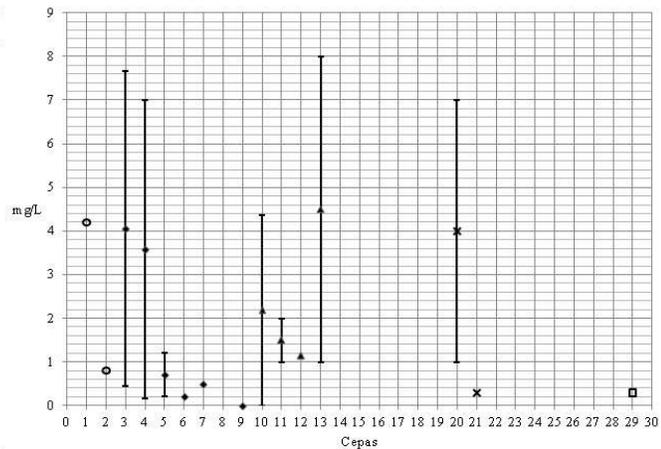


Fig. 155. Tabla y gráfica de variación de la concentración de nitratos en el agua (mg/L) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hodgetts (1921); 2, Rieth (1980); 3, Simons y van Beem (1990); 4, Krzyk (2001); 5, Aboal (1989a); 6, Cambra (1992); 7, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 8, Nemjová y Kaufnerová (2009); 9, Bojorge-García *et al.* (2010); 10, Fernández-García *et al.* (2011); 11, Tonetto *et al.* (2012); 12, Peres (2002); 13, Peres *et al.* (2008); 14, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. axversa</i> (Ref. 1-4)	0.388	0.388	0.388
2	<i>V. axversa</i> (Bsp. 22)	0.4	0.4	0.4
3	<i>V. borealis</i> (Ref. 5)	0	0.01	0.02
4	<i>V. boreata</i> s. l. (Ref. 1, 2, 3 y 5-11)	0	0.194	0.388
5	<i>V. borealis</i> (Bsp. 7 y 13)	0.25	0.405	0.56
6	<i>V. aff. diluvii</i> (Bsp. 28)	0.13	0.13	0.13
7	<i>V. aff. diluvii</i> (Bsp. 26)	0.12	0.12	0.12
9	<i>V. cf. repens</i> (Bsp. 3 y 29)	0.35	0.35	0.35
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 3, 5, 7, 8, 10 y 11-13)	0	0.335	0.67
12	<i>V. prona</i> (Ref. 5 y 14)	0.083	0.083	0.083
21	<i>V. canalicularis</i> (Bsp. 25)	0.15	0.15	0.15
29	<i>V. sp. 26</i> (Bsp. 9, 27 y 35)	1.63	1.82	2.01

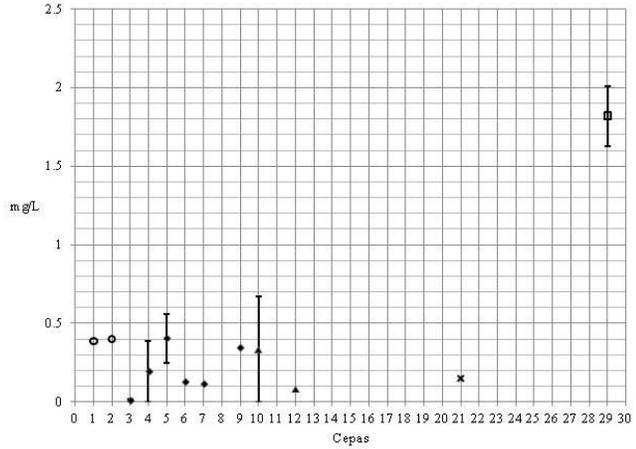


Fig. 156. Tabla y gráfica de variación de la concentración de amonio en el agua (mg/L) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hodgetts (1921); 2, Rieth (1980); 3, Simons y van Beem (1990); 4, Krzyk (2001); 5, Aboal (1989a); 6, Cambra (1992); 7, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 8, Nemjová y Kaufnerová (2009); 9, Bojorge-García *et al.* (2010); 10, Fernández-García *et al.* (2011); 11, Tonetto *et al.* (2012); 12, Peres (2002); 13, Peres *et al.* (2008); 14, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Ramosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. axversa</i> (Ref. 1-4)	0.136	0.136	0.136
2	<i>V. axversa</i> (Bsp. 22)	0.028	0.028	0.028
3	<i>V. borealis</i> (Ref. 5)	0	0.02	0.04
4	<i>V. boreata</i> s. l. (Ref. 1, 2, 3 y 5-11)	0	0.4	0.8
5	<i>V. borealis</i> (Bsp. 7 y 13)	0.5	0.6	0.7
6	<i>V. aff. diluvii</i> (Bsp. 28)	0	0	0
7	<i>V. aff. diluvii</i> (Bsp. 26)	0.3	0.3	0.3
9	<i>V. cf. repens</i> (Bsp. 3 y 29)	2.1	2.1	2.1
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 3, 5, 7, 8, 10 y 11-13)	0	0.068	0.136
12	<i>V. prona</i> (Ref. 5 y 14)	0	0	0
13	<i>V. ramosa</i> (Ref. 7)	0.007	0.3435	0.68
20	<i>V. canalicularis</i> (Ref. 7 y 8)	0.005	0.179	0.353
21	<i>V. canalicularis</i> (Bsp. 25)	1.6	1.6	1.6
29	<i>V. sp. 26</i> (Bsp. 9, 27 y 35)	1.1	1.1	1.1

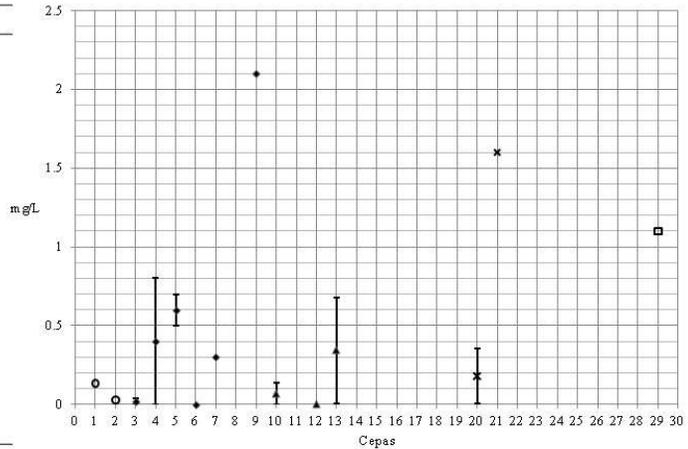


Fig. 157. Tabla y gráfica de variación de la concentración de fósforo soluble reactivo en el agua (mg/L) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hodgetts (1921); 2, Rieth (1980); 3, Simons y van Beem (1990); 4, Krzyk (2001); 5, Aboal (1989a); 6, Cambra (1992); 7, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 8, Nemjová y Kaufnerová (2009); 9, Bojorge-García *et al.* (2010); 10, Fernández-García *et al.* (2011); 11, Tonetto *et al.* (2012); 12, Peres (2002); 13, Peres *et al.* (2008); 14, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: Círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Ramosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestris, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

Número	Especie	Mínimo	Media	Máximo
1	<i>V. aversa</i> (Ref. 1-4)	510	870	1230
3	<i>V. aversa</i> (Ref. 5)	284.4	372.2	460
4*	<i>V. aurata</i> s. l. (Ref. 1, 2, 3 y 5-11)	197	17500.98	35000
5	<i>V. aversa</i> (Exp. 7 y 13)	0.07	11.15	22.23
6	<i>V. aff. dihyemii</i> (Exp. 28)	64	64	64
7	<i>V. aff. dihyemii</i> (Exp. 26)	81.5	81.5	81.5
9	<i>V. cf. repens</i> (Exp. 3 y 29)	76	76	76
10	<i>V. geminata</i> (Ref. 3, 5, 7, 8, 10 y 11-13)	197	1200.98	2400
11	<i>V. trigida</i> (Ref. 7, 10 y 14)	440	1895	3350
12*	<i>V. prona</i> (Ref. 5 y 14)	290	290	>10000
13	<i>V. racemosa</i> (Ref. 7)	390	655	920
18	<i>V. pseudogeminata</i> (Ref. 15)	7	7.5	8
20	<i>V. canaliculata</i> (Ref. 7 y 8)	290	605	920
21	<i>V. canaliculata</i> (Exp. 25)	25	25	25
29	<i>V. sp. 26</i> (Exp. 9, 27 y 35)	62	979.5	1897

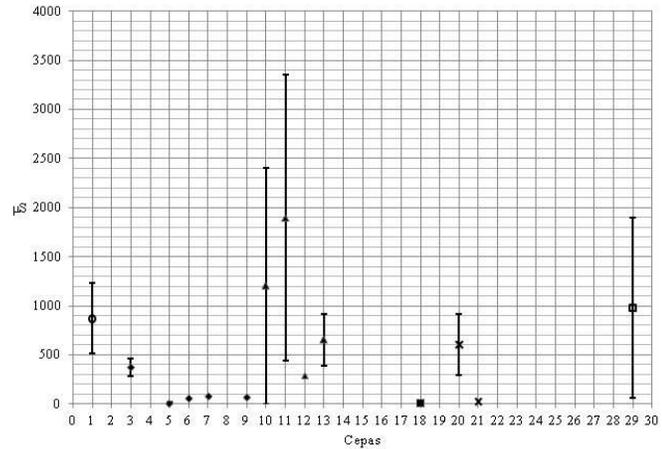


Fig. 158. Tabla y gráfica de variación de la conductividad del agua (μS) para las especies de *Vaucheria*. En la primera columna de la tabla se indica el número con el cual se identifica a cada cepa en la gráfica. Las referencias, el material de herbario y la exploración (ver. tabla 4) de donde se obtuvieron el material biológico y los datos ambientales se presentan a un costado del epíteto de cada cepa. Las referencias correspondientes a los números en la tabla son: 1, Hodgetts (1921); 2, Rieth (1980); 3, Simons y van Beem (1990); 4, Krzyk (2001); 5, Aboal (1989a); 6, Cambra (1992); 7, Schagerl y Kerschbaumer (2008); 8, Nemjová y Kaufnerová (2009); 9, Bojorge-García *et al.* (2010); 10, Fernández-García *et al.* (2011); 11, Tonetto *et al.* (2012); 12, Peres (2002); 13, Peres *et al.* (2008); 14, Nogueroles-Seoane y Rifón-Lastra (1998); 15, Ramos de Almeida *et al.* (2011). En la gráfica se representa a las especies de cada sección con los siguientes símbolos: círculo= *Tubuligerae*, Rombo= *Corniculatae*, Triángulo= *Racemosae*, grupo Geminata y Hamata-terrestres, Cuadrado relleno= *Racemosae*, grupo Pseudogeminata, Cruz= *Vaucheria*, Cuadrado vacío= poblaciones no determinadas.

*Los valores de las cepas 4 y 12 no se representan de forma completa en la gráfica.