



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

**“Estudio taxonómico del género *Ramaria*
subgénero *Echinoramaria* (Fungi:
Basidiomycetes) en México”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO(A) EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(SISTEMÁTICA)

P R E S E N T A

Patricia Astrid González Avila

DIRECTOR(A) DE TESIS: Dra. Hermelinda Margarita Villegas Ríos

MÉXICO, D.F.

DICIEMBRE 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/478/09

ASUNTO: Oficio de Jurado

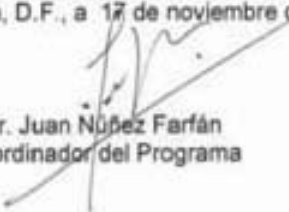
Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **14 de septiembre de 2009**, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (SISTEMÁTICA)** del (la) alumno (a) **GONZALEZ AVILA PATRICIA ASTRID** con número de cuenta **98068908** con la tesis titulada "**Estudio taxonómico del género Ramaria subgénero Echinoramaria (Fungi: Basidiomycetes) en México.**", realizada bajo la dirección del (la) **DRA. HERMELINDA MARGARITA VILLEGAS RIOS**:

Presidente: DR. OSWALDO TELLEZ VALDES
Vocal: DRA. MERCEDES ISOLDA LUNA VEGA
Secretario: DRA. HERMELINDA MARGARITA VILLEGAS RIOS
Suplente: M. EN C. CELIA ELVIRA AGUIRRE ACOSTA
Suplente: DR. ARTURO ESTRADA TORRES

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 17 de noviembre de 2009.


Dr. Juan Núñez Farfán
Coordinador del Programa

JNF/DCRV/ASR/ipp

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM y al de CONACYT por la beca proporcionada con el número 216021, también al apoyo financiero proporcionado por DGAPA-PAPIIT IN203009-3.

A mi Directora de tesis la Dra. Margarita Villegas, por ayudarme y apoyarme a desarrollar el presente trabajo y por inculcarme su amor por los hongos. A la Dra. Isolda Luna por todos los consejos brindados en el ámbito personal y académico; además, por fomentar mi gusto por la biogeografía y por abrirme las puertas hacia nuevos caminos. Quiero agradecer también al Dr. Arturo Estrada Torres por todas sus enseñanzas y el ejemplo de profesionalismo que me ha dado. A la Dra. Elvira Acosta, por cada una de sus sugerencias. Y finalmente a Oswaldo Téllez por sus comentarios y críticas, que hicieron mejor este trabajo.

A cada uno de los curadores de las colecciones que me ayudaron y apoyaron en la revisión de los herbarios, y además algunas veces me abrieron las puertas de su casa: Silva Capello (UJAT), Teresa Cabrera (CHIP), Petra Sánchez (CODAGEM San Cristóbal), Mario Ishiki (ECOSUR), Javier Madrigal (EBUM), Felipe Ruan (UNICACH), Elvira Aguirre (MEXU), Joaquín Cifuentes (FCME), Irene Frutis (IZTA), Ángel Moreno (Universidad Autónoma de Hidalgo), Marco Hernández (FEZA), Raúl Díaz (UJAD), Jesús García (UTCV), Laura Guzmán (IBUG), Ricardo Valenzuela (ENCB), Alejandro Kong (TLMX), Martín Ezqueda (CIAD) y Gastón Guzmán (XAL). Silvia Espinoza por la ayuda de la toma de las fotografía en MEB.

A mis padres, por el apoyo incondicional, la paciencia que me han brindado día a día a lo largo de todos estos años, sin olvidar el ejemplo tan

maravilloso de fortaleza en la vida que me han mostrado y por hacer siempre realidad cada uno de mis sueños y anhelos. Todo lo que tengo se los debo a sus consejos, dedicación, entrega y amor. Jamás olvidaré todo lo que me han dado, y el hecho de que puedan sacrificar todo por verme feliz.

A mi querido hermano, por nunca desesperar, aunque lo desquiciara tantas veces y por estar eternamente conmigo, porque siempre sabias la manera de apoyarme y hacerme sentir bien, sacando lo mejor de mi. Nunca me dejaste caer ni permitiste que dejara de soñar, aunque algunas veces me sintiera derrotada. Gracias por ser parte de todo esto, por preocuparte por verme contenta y porque cada uno de mis anhelos se realizaran.

A mi abuelita Luz por ser inspiración de grandeza, dedicación y lucha en la vida. Siempre creíste en mí, me ayudaste, aconsejaste y apoyaste en tantos momentos de mi vida. A mi abuelita Susana por ser un ejemplo de fortaleza e inspiración.

A mis compañeros de herbario, Lupita, Lilia, Sigfrido, Magda, Sandra, Ibeth, Laura y Vero por compartir tantos maravillosos momentos y estar a mi lado; muy en especial a Juan y a Cesar por no sólo ser compañeros sino verdaderos amigos.

A mis amigas Itzel, Mariana, Miriam y Ana por brindarme su amistad y compartir conmigo muchos momentos de felicidad. A mis grandes compañeros Amaranta y Jaime por darme su corazón y por convertirse en parte de mi familia, por todas aquellas veces que escucharon mis problemas y supieron aconsejarme, sin olvidar al café internet de etnofarmacología. Y finalmente a mi mejor amigo Edgar, por todos estos años y aquellas interminables platicas, por

todo el apoyo y consejos brindados sin olvidar todavía los que faltan, sobre todo por permitirme entrar en su corazón como amiga.

Y muy en especial a Roberto, por abrirme y entregarme su corazón, confiaste en mí en todo momento a lo largo de este tiempo. Esto también es tuyo, porque estuviste en cada momento a mi lado; en los triunfos, en las derrotas, en la alegría y en la tristeza, apoyándome de manera incondicional, jamás me dejaste caer y siempre sacaste de mí, la fortaleza para superar todo. Lograste hacer posibles muchos de mis sueños. Sólo me resta pedirle a la vida, que permita que los planes que nos faltan por realizar se concluyan de manera exitosa, porque creo en ti, en tus palabras y sobre todo en tu amor, esto no podría ser de otra manera.

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. HIPÓTESIS DE RELACIÓN DEL GÉNERO

RAMARIA SUBGÉNERO *ECHINORAMARIA*

CON OTROS TAXONES

1.2. UBICACIÓN TAXONÓMICA DEL SUBGÉNERO *ECHINORAMARIA*

ADOPTADA EN ESTE TRABAJO

1.3. LITERATURA CITADA

2. OBJETIVO GENERAL

2.1. OBJETIVOS PARTICULARES

CAPÍTULO 1, Especies tropicales y subtropicales del género *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* en México

CAPÍTULO 2, Especies del género *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* de zonas templadas a subtropicales de México

CAPÍTULO 3, Richness patterns and ecological differentiation in *Echinoramaria* Corner (*Ramaria*: Gomphaceae) in Mexico and their implications in conservation

3. DISCUSIÓN

4. CONCLUSIONES

RESUMEN

El género *Ramaria* se caracteriza por presentar basidiomas ramificados de apariencia coraloide; las esporas son de color café en diferentes tonalidades y ornamentadas. A nivel mundial, han sido descritas 221 especies, sin embargo, se estima que pueden existir no menos de 300. Tradicionalmente se reconocen a cuatro subgéneros (*Echinoramaria*, *Laeticolora*, *Lentoramaria* y *Ramaria*), diferenciables por la disposición de las ramificaciones, consistencia, hábitat, tipo de ornamentación en las esporas y características de las hifas.

El subgénero *Echinoramaria* se diferencia por presentar basidiomas con coloraciones opacas (crema a café en diferentes tonalidades y en combinación con amarillo, anaranjado o verde oscuro). Su sistema hifal básicamente es monomítico; los basidios pueden ser de dos formas: bispóricos con contenido amarillo y refringente o tetraspóricos y principalmente hialinos; la coloración café de las esporas generalmente es más oscura en comparación a los otros subgéneros y la ornamentación es en forma de quínulas o verrugas. Su hábitat es húmico, terrícola y raramente lignícola. Actualmente han sido descritas cerca de 46 especies en el mundo.

Este trabajo tuvo como objetivo la revisión taxonómica del subgénero *Echinoramaria* en México, con base en el material depositado en diferentes colecciones nacionales y la colecta de especímenes. Los datos de distribución de los ejemplares estudiados fueron considerados para realizar un análisis biogeográfico que permitió determinar zonas ricas en especies.

El estudio taxonómico consideró la revisión de 18 colecciones mexicanas de hongos y la colecta en sitios poco estudiados, con lo que se logró conjuntar 105 ejemplares. La revisión macro y microscópica de estos ejemplares, incluyó observaciones al microscopio electrónico de barrido y permitió diferenciar 25 taxones, de las cuales nueve habitan tanto en zonas tropicales y subtropicales y ocho en zonas templadas. Los restantes taxones sólo fueron determinados a nivel de sección por falta de datos. En el caso de especies de zonas tropicales y subtropicales de este trabajo se describe una nueva especie para la ciencia (*Ramaria yumkaensis*), siete son nuevos registros para el país (*R. articulotela*, *R. cokeri*, *R. grandis* f. *grandis*, *R. zippelii* f. *zippelii*, *R. zippelii* f. *aeruginosa*, *R. gigantea* y *R. longicaulis*), y se amplía la distribución para *R. grandis* f. *cianocephala*. Para las zonas templadas, se describe la nueva especie *R. liliputensis*, otras cinco son nuevos registros para México (*R. argentea*, *R. campoi*, *R. eumorpha*, *R. decurrens* y *R. roellini*) y se amplió la distribución de *R. abietina* y *R. myceliosa*.

El análisis biogeográfico permitió identificar zonas ricas en especies, para el cual se utilizó un sistema de gradilla de 1° x 1° de latitud y longitud. Las zonas más ricas en especies se encontraron en la Sierra Madre Oriental y Serranías Meridionales, principalmente en los estados de Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. La segregación ecológica-morfológica de las especies que habitan en México se evaluó con un análisis de componentes principales, en el que se identificaron dos grupos: el primero que incluye las especies que habitan principalmente en las zonas tropicales-subtropicales, el cual se caracteriza por especies con esporas con ornamentación más pronunciada, en forma de quínulas

mayores a 2 μm de longitud; un segundo grupo de especies que habitan bosques templados, principalmente en altitudes superiores a los 2000 m.s.n.m., estas especies presentan esporas con ornamentación en forma de verrugas prominentes. Basados en estos resultados, se proponen dos áreas prioritarias para su conservación considerando la riqueza de especies, lo que a su vez coincide con el análisis de distribución potencial de estas especies. Finalmente se determinó que la distribución de este subgénero está directamente correlacionada con factores ambientales, que se manifiesta en los patrones de ornamentación de las esporas.

1. INTRODUCCIÓN

El género *Ramaria* cuenta con una amplia diversidad de especies que se desarrollan en selvas húmedas, bosques montanos, coníferas, encino o mixtos (Petersen 1981). A nivel mundial han sido descritas 221 especies (Kirk *et al.* 2008), sin embargo se estima que pueden existir no menos de 300 (Marr y Stuntz 1973).

La Tabla 1, muestra las distintas propuestas clasificatorias a nivel supragenérico que ha sufrido el género *Ramaria*.

Tabla 1. Diferentes alternativas de clasificación supragenérica propuestas para el género *Ramaria*.

CHEVALIER 1826 (en Ainsworth, 1976)	DONK (1964)	CORNER (1970)	JÜLICH (1981)	PETERSEN (1988)	HAWKSWORTH <i>et al.</i> (1995)	KIRK <i>et al.</i> (2001)
Clavariaceae	Gomphaceae	Ramariaceae	Ramariaceae	Gomphaceae	Ramariaceae	Ramariaceae
Todos los basidiomicetos con forma clavarioide	<i>Beenakia</i> <i>Gomphus</i> <i>Kavinia</i> <i>Lentaria</i> <i>Ramaria</i> <i>Ramariacium</i>	<i>Delenteria</i> <i>Kavinia</i> <i>Lentaria</i> <i>Ramaria</i>	<i>Ramaria</i>	<i>Beenakia</i> <i>Gomphus</i> <i>Kavinia</i> <i>Ramariacium</i> <i>Ramaria</i> <i>Ramariopsis</i>	<i>Delenteria</i> <i>Kavinia</i> <i>Ramaria</i> <i>Ramariacium</i>	<i>Austrogautieria</i> <i>Delenteria</i> <i>Gautieria</i> <i>Kavinia</i> <i>Ramaria</i> <i>Ramariacium</i> <i>Rhodactina</i> <i>Protogautieria</i>

Inicialmente, autores como Quélet 1888, Ricken 1918 y Bourdot y Galzin 1927, subdividieron a *Ramaria* en las secciones *Lignícola* y *Terrícola* (en Marr y Stuntz 1973). Más tarde y tomando en cuenta la ornamentación de las esporas, características de los basidios, coloración de los basidiomas y hábitat, Corner (1950) la subdividió en nueve grupos. Particularmente, el grupo *Echinospora* se caracteriza por la presencia de esporas equinuladas, basidios generalmente

bispóricos, basidiomas de color café en diferentes tonalidades y hábitat terrícola o raramente lignícola. Este grupo, junto con *Verrucispora*, fue formalizado más tarde por el mismo autor (Corner 1970) como el subgénero *Echinoramaria* con 3 series: *Grandisporae*, *Flaccidae* y *Virescentes*. Los otros siete grupos fueron incluidos en los subgéneros *Ramaria* (con seis series: *Afibulatae*, *Botrytes*, *Formosae*, *Flavobrunnescentes*, *Violaceae* y *Decolorantes*) y *Lentoramaria* (con cuatro series: *Dimiticae*, *Strictae*, *Apiculatae* y *Retispora*), mismos que también reconoce Petersen (1967). Posteriormente, Marr y Stuntz (1973) separan a las especies con esporas no estriadas y contexto del basidioma no amiloide del subgénero *Ramaria* y las agrupan en uno nuevo al que denominan *Laeticolora*. Es así como se establecen los cuatro subgéneros que se han reconocido dentro de *Ramaria* (ver Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación infragenérica del género *Ramaria*

Quélet en 1888, Rick en 1918, Bourdot y Galzin en 1927 (en Marr y Stunz 1973)	Corner (1950)	Corner (1970)	Marr y Stuntz (1973)	Christan (2008)
Secciones: Lignícola Terrícola	Grupos: <i>Stricta</i> <i>Verrucispora</i> <i>Decolorans</i> <i>Eu-Ramaria</i> <i>Botrytis</i> <i>Echinospora</i> <i>Formosa</i> <i>Flava</i> <i>Violacea</i>	Subgénero: <i>Lentoramaria</i> Serie: <i>Dimiticae</i> , <i>Strictae</i> , <i>Apiculatae</i> , <i>Retispora</i> Subgénero: <i>Ramaria</i> Serie: <i>Afibulatae</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Formosae</i> , <i>Flavobrunnescentes</i> , <i>Violacea</i> y <i>Decolorantes</i> Subgénero: <i>Echinoramaria</i> Serie: <i>Grandisporae</i> , <i>Flaccidea</i> y <i>Virescentes</i>	Subgéneros: <i>Echinoramaria</i> <i>Ramaria</i> <i>Lentoramaria</i> <i>Laeticolora</i>	Subgénero: <i>Echinoramaria</i> <i>Asteroramaria</i> <i>Ramaria</i> <i>Lentoramaria</i>

Petersen (1981) publicó una monografía sobre *Echinoramaria*, en la cual, de acuerdo con su hábitat, tipo de basidios, color y tamaño de la ornamentación de las esporas, dividió a las especies de este subgénero en dos secciones: *Dendrocladium* y *Flaccidae*, lo que en cierto grado es equivalente a las series que anteriormente habían sido propuestas por Corner (1970): *Grandisporae* corresponde con *Dendrocladium*, mientras que *Flaccidae* y *Virescentes* a *Flaccidae*. En esa monografía describió 35 especies, de las cuales 15 corresponden a la sección *Dendrocladium*, y 20 a la sección *Flaccidae*.

En un estudio sobre las especies europeas del género *Ramaria*, Franchi y Marchetti (2001) deciden retomar el nombre de *Grandisporae* propuesto por Corner (1970), en vez del de *Dendrocladium* considerado por Petersen (1981). La sección *Flaccidae* la mantienen bajo el mismo concepto de este último autor. Sin embargo, más tarde Christan y Hahn (2005) opinan que dentro del subgénero *Echinoramaria* sólo deben incluirse a las especies comprendidas en la sección *Dendrocladium* (*sensu* Petersen, 1981), por lo que las de la sección *Flaccidae* son elevadas a nivel de subgénero, denominándolo *Asteroramaria*, diferenciado por presentar especies con esporas de pared delgada, ornamentadas con delicadas verrugas y con tamaño usualmente por debajo de los cinco micras, así como la presencia frecuente de cristales esteliformes en los rizomorfos. Ya consolidados sus estudios, Christan (2008) publicó un libro del género *Ramaria* en Alemania, en donde además de las modificaciones propuestas anteriormente para *Echinoramaria*, integra a las especies del subgénero *Laeticolora* dentro del subgénero *Ramaria*; *Lentoramaria* es reconocido bajo el mismo concepto de Corner (1970).

1.1. HIPÓTESIS DE RELACIÓN DEL GÉNERO *RAMARIA* SUBGÉNERO *ECHINORAMARIA* CON OTROS TAXONES

Ramaria ha sido vinculado de manera tradicional con géneros como *Gomphus* (Corner 1950; Donk 1964; Petersen 1967; Marr y Stuntz 1973), *Lentaria* (Corner 1950), *Ramaricium*, *Kavinia* (Eriksson 1954 en: Petersen 1967; Donk 1964; Petersen 1967; Marr y Stuntz 1973; Estrada-Torres 1994) y *Clavariadelphus* (Marr y Stuntz 1973), y a través de hipótesis filogenéticas con *Gomphus* (Pine *et al.* 1999; Humpert *et al.* 2001), *Ramaricium*, *Kavinia* (Humpert *et al.* 2001) y *Clavariadelphus* (Pine *et al.* 1999; Humpert *et al.* 2001). En particular, con referencia a *Echinoramaria*, sobresale el planteamiento de Marr y Stuntz (1973), quienes por similitud morfológica de las especies, sugirieron que este subgénero es de origen más reciente y sus ancestros tendrían que estar entre los representantes del subgénero *Laeticolora*.

Petersen (1981) consideró que la sección *Dendrocladium* de *Echinoramaria* tiene relación con ciertas especies del género *Gomphus* como *G. viridis* (Pat) Singer, *G. africanus* Pet., *G. guadalupensis* (Pat) Reid y *G. retisporus* Corner, por su semejanza en la ornamentación pronunciada de sus esporas, los basidios con contenido refringente y una acentuada distribución en zonas tropicales; a la sección *Flaccidae*, en cambio, la relaciona con el subgénero *Lentoramaria* debido al tamaño y consistencia frágil del basidioma, el abundante micelio en la base del mismo y el hábitat húmico. No obstante, aclara que para tener una idea más evidente de las relaciones entre estos taxones, es necesario realizar estudios

sobre la pigmentación del basidioma, la división nuclear de los basidios y describir las asociaciones micorrízicas.

En el estudio filogenético con datos morfológicos realizado por Villegas *et al.* (1999), las dos especies de *Echinoramaria* incluidas, no se agruparon entre sí, aunque hay que considerar que este trabajo fue planteado para establecer relaciones supragenéricas.

Uno de los primeros análisis filogenéticos sobre el género *Ramaria* es el de Humpert *et al.* (2001), quienes por medio de datos moleculares postularon que: a) el género es polifilético; b) los subgéneros *Laeticolora*, *Lentoramaria* y *Echinoramaria* son parafiléticos con respecto a *Gautieria*, *Gomphus*, *Kavinia* y *Clavariadelphus*; c) hay una vinculación del subgénero *Echinoramaria* con *Kavinia*; d) el hábito ramificado es un carácter plesiomórfico con respecto al hábito gomfoide y e) el ancestro del grupo posiblemente fue lignícola y de ahí derivó al hábitat terrícola. Sin embargo, en este estudio sólo se incluyó a *R. abietina* (Pers.) Qué!., del subgénero *Echinoramaria* y sección *Flaccidae*.

Hahn y Christan (2002) propusieron un nuevo concepto genérico de *Ramaria* dentro de los Gomphales con forma gomfoide y ramarioide, basándose en observaciones en torno a las estructura del micelio basal de los basidiomas, la relación micorrizógena y la ornamentación de las esporas, además de los resultados de Humpert *et al.* (2001) y los datos presentados por Giachini *et al.* (2001), en el sentido de que *Ramaria* es un género polifilético y tiene una relación cercana de algunas especies de *Gomphus*. En particular, Hahn y Christan (op cit.) describieron una nueva especie con forma gomfoide como perteneciente al género *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* y sección *Dendrocladium*; sugirien además que

la sección *Dendrocladium* podría separarse de *Ramaria* como un género independiente, al que nombran *Phaeoclavulina*, caracterizado por un desarrollo en zonas tropicales y una morfología en la que sobresalen caracteres como hifas con pared gruesa entremezcladas con células globosas de pared gruesa en los rizomorfos, basidios predominantemente bispóricos, esporas de mayor tamaño y fuertemente equinuladas. Estos aspectos concuerdan con lo propuesto anteriormente por Petersen (1971a,b, 1976; 1981), en el sentido de que existe una estrecha relación entre *Gomphus* y miembros del subgénero *Echinoramaria* sección *Dendrocladium*.

Con base en los resultados obtenidos en un análisis filogenético a partir de datos moleculares, Giachini (2004) planteó una nueva hipótesis de clasificación para las especies de *Echinoramaria*. Sus resultados muestran un clado donde se agrupan seis especies de *Gomphus* y 10 especies del tradicional subgénero *Echinoramaria* (ocho de la sección *Dendrocladium* y dos de *Flaccidae*), llamando al grupo *Phaeoclavulina*, ya que éste es un nombre más antiguo que *Echinoramaria*. Las características de este grupo serían entonces presentar basidiomas ramificados o unipileados, el píleo o las ramas puede ser de color, blanco, café-verdoso, oliváceo pálido, violeta, amarillo-café, rojizo, gris o anaranjado; himenio liso o sublaminado a irregularmente rugoso con pliegues recurrentes, el cual es de color amarillo, anaranjado, rojo, café, oliváceo pálido o violeta; esporas equinuladas, verrugosas, subreticuladas o reticuladas; el hábitat puede ser lignícola o terrícola. Sinonimizó a varias de las aproximadamente 46 especies previamente descritas para el subgénero *Echinoramaria*, reconociendo sólo a 35, considerando que algunas fueron descritas a partir de una sola

recolecta y en ciertas ocasiones no se han encontrado de nuevo, por lo que estimó podrían representar sólo fenotipos de un genotipo particular. En su análisis, este autor propone incluir cuatro géneros en el orden Gomphales: *Ghomphus*, *Gleocantharellus*, *Phaeoclavulina* y *Turbinellus*, hipotetizando además una relación cercana entre *Echinoramaria* con *Gomphus*, *Gautieria*, *Beenakia*, *Kavinia*, *Lentaria*, *Clavariadelphus* y *Gleocantharellus*. Otro aspecto importante que concluye es que la morfología del basidioma (forma coraloide) no es suficiente para establecer la monofilia del grupo.

Hosaka *et al.* (2006) llevaron a cabo un estudio filogenético de los hongos gomfoide-faloides por medio de datos moleculares, en el que confirman la monofilia del grupo, y proponen que pueden ser reconocidos como una subclase nueva, llamandola Phallomycetidae, que incluye a los órdenes Gomphales, Phallales, Hysterangiales y Geastrales. Uno de los clados monofiléticos que obtuvieron en su estudio es congruente con el estudio de Giachini (2004), en el que quedaron incluidos los taxones de *Echinoramaria*, ubicado dentro del orden Gomphales y reconocido por ellos como *Phaeoclavulina*.

Al elaborar una comparación entre los cladogramas de Giachini (2004) y Hosaka *et al.* (2006), se percibe un gran parecido en las hipótesis de relación en los niveles menos inclusivos, además de que no se logran diferenciar las secciones de *Echinoramaria sensu* Petersen (ver Fig. 1)

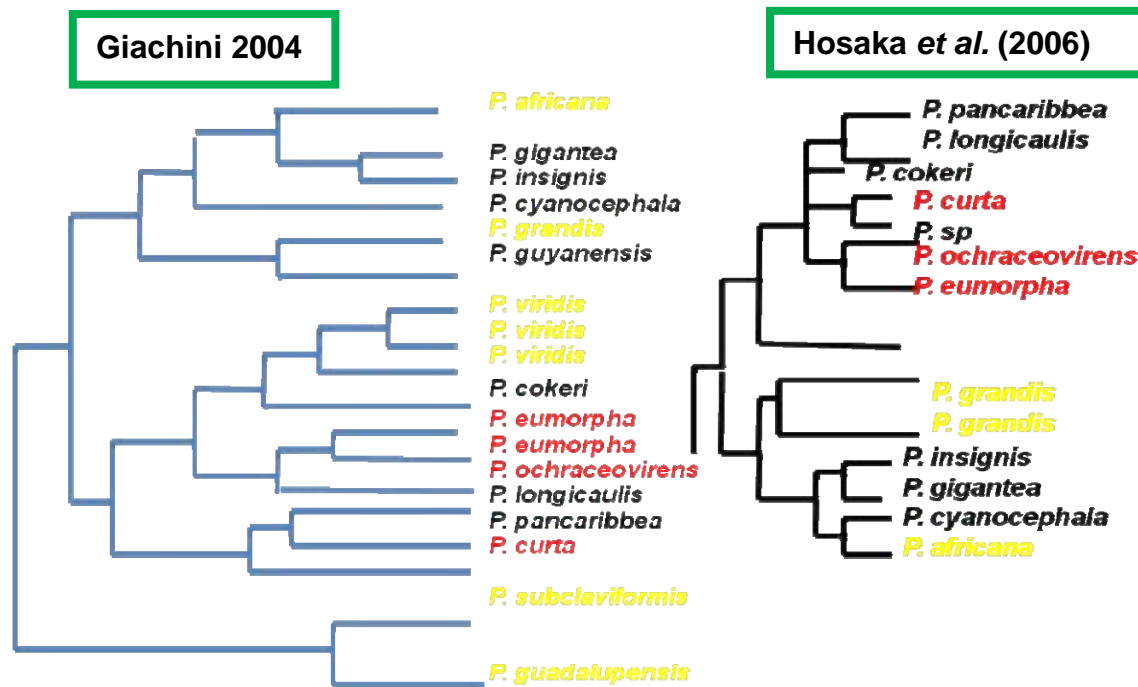


Figura 1, Propuestas filogenéticas realizadas por Giachini (2004) y Hosaka et al. 2006.

Hasta aquí son evidentes los siguientes aspectos: 1) diversos autores (Corner 1950; Donk 1964; Petersen 1967; Marr y Stuntz 1973; Pine *et al.* 1999; Humpert *et al.* 2001) ya habían reconocido una clara relación entre *Gomphus* y *Ramaria*, particularmente entre la sección *Dendrocladium* y especies de *Gomphus* como *G. viridis* (Pat) Singer, *G. africanus* Pet., *G. guadalupensis* (Pat) Reid y *G. retisporus* Corner (Petersen 1981); 2) Hahn y Christan (2002) sugirieron que la sección *Dendrocladium* es la única que podría separarse de *Ramaria s.l.* como un género independiente y propusieron que el nombre más apropiado debería ser *Phaeoclavulina*, en el cual se tendrían que incluir también algunas especies tropicales de *Gomphus*; 3) Giachini (2004) y posteriormente Hosaka *et al.* (2006) reconocieron a *Phaeoclavulina*, pero incluyeron en él a las dos secciones

(*Dendrocladium* y *Flaccidae*) del subgénero *Echinoramaria*, sin embargo, no publican la descripción formal de este taxón.

1.2. UBICACIÓN TAXONÓMICA DEL SUBGÉNERO *ECHINORAMARIA* ADOPTADA EN ESTE TRABAJO

La ubicación taxonómica está basada en Kirk *et al.* (2008) hasta el nivel genérico, en Marr y Stunz (1973) para el nivel infragenérico y en Petersen (1981) para las secciones de *Echinoramaria*, como se describe a continuación:

REINO: FUNGI

DIVISIÓN: BASIDIOMYCOTA

CLASE: AGARICOMYCETES

SUBCLASE: PHALLOMYCETIDAE

ORDEN: GOMPHALES

FAMILIA: GOMPHACEAE

GÉNERO: *RAMARIA*

SUBGÉNERO:

ECHINORAMARIA

SECCIONES:

Flaccidae

Dendrocladium

Echinoramaria Corner 1970 Beih. Nova Hedwigia 33: 1-299.

Especie tipo: *Ramaria cyanocephala* ([Berk. & M.A. Curtis](#)) [Corner](#), Monograph of Clavaria and allied genera (Annals of Botany Memoirs No. 1): 568 (1950)

Basidiomas de pequeños a medianos; ramificaciones policotómicas o dicotómicas, con disposición abierta o en paralelo, coloración crema, amarillo, café-oliváceo, café en diferentes tonalidades o rojizo; brunnescentes, vivescentes

o virescentes. Estípites poco o claramente diferenciados, lisos, en algunas ocasiones con una gran cantidad de micelio o cordones miceliares en la base. Contexto usualmente blanquecino, el cual en algunas veces cambia de color al contacto con el aire.

Sistema hifal generalmente monomítico, hifas generativas con pared delgada, con fíbulas simples o ampuliformes y septos ampuliformes frecuentes; hifas gleopleróticas ocasionales. Sus basidios pueden ser de dos formas: a) con dos esterigmas y contenidos refringentes de color amarillo y, b) con dos ó cuatro esterigmas, multigutulados o granulados, hialinos y raramente refringentes. Esporas ovoides, elipsoides-fusoides o cilíndricas, color ocre o café en diferentes tonalidades, de pared delgada o gruesa, con una ornamentación generalmente prominente en forma de quínulas, las cuales pueden presentarse en diferentes tamaños y disposición, con reacción positiva al azul de algodón.

El hábitat es húmico, lignícola o terrícola. Su distribución es cosmopolita.

Actualmente se reconocen 46 especies de las cuales 20 corresponden con la sección *Dendrocladium* y 26 con la sección *Flaccidae* (Corner 1970; Marr y Stunz 1973; Petersen 1981; Franchi y Marchetti 2001; Christan 2008).

1.3. LITERATURA CITADA

- Ainsworth, G. 1976. Introduction to the history of Mycology. Cambridge University Press, New York.

- Christan, J. 2008. Die Gattung *Ramaria* in Deutschland. Monografie zur Gattung *Ramaria* in Deutschland, mit Bestimmungsschlüssel zu den europäischen Arten. (Ed) IHW-Verlag, Eching.
- Christan, J. & Hahn C. 2005. Zur Systematik der Gattung *Ramaria* (Basidiomycota, Gomphales). Zeitschrift für mykologie 71: 1.
- Corner, E. 1950. A monograph of *Clavaria* and allied genera. Dawsons of Pall Mall, London.
- Corner, E. 1970. Supplement to a monograph of *Clavaria* and allied genera. Verlang Von J. Cramer, Lehre.
- Donk, M. 1964. A conspectus of the families of Aphyllophorales. Persoonia 3: 199-324.
- Estrada-Torres, A. 1994. La familia Gomphaceae (Aphyllophorales: Fungi) en el estado de Tlaxcala. Tesis de Doctorado (Doctorado en Ciencias (Biología)) ENCB, IPN, México D.F.
- Franchi, P. y Marchetti, M. 2001. Introduzione allo studio del genere *Ramaria* in Europa. Librería Mykoflora. Fungi non de lineati Paris 16: 1-104.
- Giachini, A., Spatafora J., Cázares, E. & Trappe, J. 2001. Molecular phylogenetics of *Gomphus* and related genera inferred from nuclear large and mitochondrial small subunits to ribosomal DNA sequence. ICOM 3, 3rd Internacional Conference on Mycorrhizas, Adelaide, Program and Abstract.
- Giachini A. 2004. Sistematic, Phylogeny and Ecology of *Gomphus sensu lato*. Doctoral dissertation. University of Oregon.

- Hahn, C. & Christan, J. 2002. *Ramaria chocoënsis* sp. nov., a gomphoid member of *Ramaria* sect. *Dendrocladium* from Colombia, El Chocó, with special regards to rhizomorph anatomy. *Mycological Progress* 1(4): 383-398.
- Hawksworth, D., Kirk, P., Sutton, B. & Pegler, D. 1995. *Dictionary of fungi*. International Mycological Institute, CAB International, Wallingford.
- Hosaka, K., Bates, S., Beever, R., Castellano, M., Colgan III, W., Domínguez, L., Nouhra, E., Geml, J., Giachini, A., Kenney, S., Simpson, N., Spatafora, J. & Trappe, J. 2006. Molecular phylogenetics of the gomphoid-phalloid fungi with an establishment of the new subclass Phallomycetidae and two new orders. *Mycologia* 98: 949-959.
- Humpert, A., Muench, E., Giachini, A., Castellano, M. & Spatafora, J. 2001. Molecular phylogenetics of *Ramaria* and related genera; evidence from nuclear large subunit and mitochondrial small subunit rDNA sequence. *Mycologia* 93: 465-477.
- Jülich, W. 1981. Higher taxa of Basidiomycetes. J. Cramer, Liechtenstein.
- Kirk, P., Cannon, P., David, J. & Stalpes, J. 2001. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the fungi*. CAB International, Wallingford.
- Kirk, P., Cannon, P., Winter, D. & Stalper, J. 2008. *Dictionary of the fungi*. CAB International, Wallingford.
- Marr, C. & Stuntz, D. 1973. *Ramaria* in western Washington. *Bibliotheca Mycologica* 38.
- Petersen, R.H. 1967. Evidence on the interrelationships of the families of the clavarioid fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 50: 641-648.

- Petersen, R.H. 1971a. The genera *Gomphus* and *Gleoecantharellus* in North America. *Nova Hedwigia* 21: 1-114.
- Petersen, R.H. 1971b. Interfamilial relationships in the clavarioid and cantharelloid fungi. In Petersen R.H. (Ed.) *Evolution in the higher Basidiomycetes*: 345-374. Univ. Tennessee Press, Knoxville.
- Petersen, R.H. 1976. Notes on cantharelloid fungi. VIII. A new species of *Gomphus*. *Mycologia* 68: 429-432.
- Petersen, R.H. 1981. *Ramaria* subgenus *Echinoramaria*. *Bibliotheca Mycologica* 79: 1-261.
- Petersen, R.H.: 1988. The clavarioid fungi of New Zealand. *Bulletin, New Zealand Department of Scientific and Industrial Research* 236: 1–170.
- Pine, E., Hibbett, D. & Donoghue, M. 1999. Phylogenetic relationships of cantharelloid and clavarioid Homobasidiomycetes based on mitochondrial and nuclear rDNA sequence. *Mycologia* 91: 944-963.
- Villegas, M., De Luna, E., Cifuentes, J. & Estrada-Torres, A. 1999. Phylogenetic studies in Gomphaceae *sensu lato* (Basidiomycetes). *Mycotaxon* 70: 127-147.

2. OBJETIVO GENERAL

- Realizar un estudio taxonómico del género *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* en México.

2.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer la variación de algunos caracteres morfológicos en las especies estudiadas.
- Realizar descripciones completas de los taxones estudiados.
- Establecer algunos patrones de distribución de las especies estudiadas en México.

CAPÍTULO 1

Especies tropicales y subtropicales del género *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* en México

Patricia González Avila¹, Margarita Villegas Ríos¹ and Arturo Estrada-Torres²

¹astrid.gonzalez@hotmail.com, mvr@ciencias.unam.mx. Área de Micología, Depto. de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. A.P. 70-215, Coyoacán 04511 D.F., México.

² Centro de Investigación en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Tlaxcala, San Felipe Ixtacuixtla Tlaxcala, C.P. 90122, México.

RESUMEN

En este trabajo se estudiaron siete especies de *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* provenientes de zonas tropicales y subtropicales de México. *Ramaria yumkaensis* se describe como nueva para la ciencia, mientras que *R. articulotela*, *R. cokeri*, *R. gigantea*, *R. grandis* f. *cianocephala*, *R. zippelii* f. *aeruginosa* y *R. zippelii* f. *zippelii* se registran por vez primera para diferentes localidades del sureste y caribe mexicanos. Descripciones e ilustraciones macro y microscópicas se presentan para todos los taxones.

Palabras clave: hongos clavariodes, taxonomía, hongos tropicales y subtropicales.

INTRODUCCIÓN

Para el subgénero *Echinoramaria* del género *Ramaria*, han sido descritas más de 46 especies en el mundo (Corner 1950, 1970; Petersen 1981; Franchi y Marchetti 2001; Giachini 2004) de las cuales, cerca del 50% se desarrollan en zonas tropicales y subtropicales, siendo este uno de los caracteres que consideró Petersen (1981) para separarlas dentro de la sección *Dendrocladium*, diferenciándolas además por la posición más o menos paralela de sus ramificaciones, consistencia poco carnosa, basidios predominantemente bispóricos y esporas evidentemente equinuladas. Para las regiones tropicales de México, sólo había sido reportada *R. cyanocephala sensu* Corner (Guzmán 1983, 2003) de los estados de Quintana Roo y Yucatán. En este trabajo se describe una nueva especie de *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* y sección *Dendrocladium*, además del registro de seis especies más para diferentes regiones tropicales y subtropicales del Pacífico mexicano, con base el estudio de ejemplares colectados por los autores o depositados en diferentes colecciones nacionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio fueron revisados 26 ejemplares depositados en los herbarios: CHIP, FCME, ENCB, IBUG, MEXU, TLXM, UJAT y XAL, contándose además con algunos materiales de referencia de la colección TENN. La revisión macro y microscópica se realizó de acuerdo a las técnicas de Largent *et al.* (1980) y Petersen (1981, 1988). Las anotaciones del código de color están en forma de número, letras, número [10YR4/5] correspondiente a Munsell (1992) y en número-

letra-número (3B2) correspondiente a Kornerup y Wanscher (1978). Los estadísticos de esporas están basados en al menos 30 mediciones por colecta, bajo las siguientes abreviaturas: \underline{E} = rango entre la relación del largo y ancho, \underline{E}^m = cociente medio entre largo y ancho, \underline{L}^m = media de largo y \underline{A}^m = media del ancho. Las observaciones al microscopio electrónico de barrido (MEB) se realizaron con un microscopio JEOL modelo JSM – 2310LV.

RESULTADOS

CLAVE PARA DETERMINAR LAS ESPECIES ESTUDIADAS

- 1A) Basidios con contenido de color amarillo-ocre, refringentes y predominantemente con dos esterigmas.....2
- 1B) Basidios sin contenido de color amarillo-ocre, refringentes y predominantemente con cuatro esterigmas.....4
- 2A). Esporas de 14-21 x 6.2-9.1 μm . Ápices del basidioma de color turquesa-grisáceo a verde opaco.....*R. grandis* f. *cianocephala*
- 2B) Esporas menores a 17 μm de longitud. Ápices del basidioma de color amarillo-café o azul turquesa3
- 3A) Ápices del basidioma blancos a color amarillo-café, agudos*R. zippelii* f. *zippelii*
- 3B) Ápices del basidioma de color azul-turquesa, subagudos a subredondeados.....*R. zippelii* f. *aeruginosa*
- 4A) Promedio de largo de las esporas mayor a 12 μm5
- 4B) Promedio de largo de las esporas menor a 12 μm6
- 5A) Basidios con contenido amarillento-ocre o hialinos mayores a 65 μm de hasta 100 μm ; esporas de 11.5-13.5 x 5.2-6.2 μm*R. gigantea*
- 5B) Basidios hialinos menores a 65 μm ; esporas de 10.5-14.7 x 3.5-5.6 μm *R. cokeri*
- 6A) Basidiomas terrícolas8

- 6B) Basidiomas lignícolas; himenio anfígeno, pero con una extensa zona estéril hacia las axilas; esporas de 5-7 x 2.8-5 μm *R. articulotela*
- 8A) Himenio anfígeno, estéril en una zona restringida de las axilas; esporas de 7-9 x 2.8-4.2 μm*R. yumkaensis*
- 8B) Himenio predominantemente unilateral, en las ramas basales y anfígeno en los apices 8.4-11 x 4.2-5.6 μm*R. longicaulis*

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

Ramaria articulotela R. H. Petersen, Bibliothca Mycol. 79: 115 (1981).

Figs. 1-3.

Basidiomas de 20-50 x 6-24 mm, con hasta cuatro niveles de ramificación dicotómica, en un patrón que disminuye gradualmente. Ramas subcilíndricas y aplanadas hacia las axilas, en disposición abierta hacia la parte media y paralelas hacia el ápice, color amarillo café [10YR7/6], ligeramente más claro hacia las axilas; ápices agudos a subagudos, color amarillo pardusco [10YR6/6] o concoloros a la parte media y que al irse deshidratando se oscurecen. Estípites bien diferenciado, inmerso en el sustrato hasta la parte media o más, de 8-17 x 1-2.8 mm, subcilíndrico, ligeramente sinuoso en la base y aplanado hacia el ápice; algunas zonas de la parte media blancas por la presencia de micelio felposo y el resto es liso y de color amarillo café [10YR7/6], con algunos tonos café rojizos [2.5YR4/4]; presencia de abundantes cordones miceliares blancos en la base. Contexto fibroso-carnoso, blanquecino.

Himenio anfígeno en la parte apical del estípito y tercio superior de los internodos, unilateral en los dos tercios inferiores debido a una amplia zona estéril en torno a las axilas. Basidios de 28-46 x 4.9-7 μm , subcilíndricos a subclavados, hialinos, multigutulados, bispóricos a predominantemente tetraspóricos, con esterigmas rectos y sólo ligeramente curvados en la punta, de 4-7 μm de longitud y de 1.4-2.1 μm de ancho en la base. Esporas de 5-7 (-8.4) x 2.8-5 μm (\underline{E} = 1.3-2.7 μm , \underline{E}^m = 1.8 μm , \underline{L}^m = 6.4 μm y \underline{A}^m = 4.5 μm), de color amarillo-café en KOH, sublacriformes con una ornamentación densa compuesta por espinas muy pequeñas, cianófilo; vistas al MEB la ornamentación es inferior a 1 μm de largo con puntas redondeadas; apéndice hiliar excéntrico, confluyente de hasta 1 μm de largo.

Subhimenio monomítico; hifas entremezcladas, de 2.1-5.6 μm de diámetro, hialinas de pared delgada y fíbuladas. Contexto con hifas generativas en disposición paralela, hialinas, pared delgada, de 2.1-7.7 μm de diámetro, conexiones en "H" poco frecuentes, fíbulas simples y ampuliformes de hasta 12.6 μm . Micelio basal monomítico, hifas hialinas, pared delgada, de 1.4-2.8 μm de diámetro, con fíbulas simples y ampuliformes de hasta 7 μm de diámetro, ocasionales conexiones en "H"; diminutos cristales esteliformes en su superficie.

Hábito y hábitat: subgregario, lignícola, desarrollándose en selva mediana a una altitud de hasta 300 m.s.n.m.

Especímenes examinados: CAMPECHE, Municipio de Calakmul, km. 21 desviación a Calakmul, carretera Escárcega-Chetumal, 26 de septiembre del 2002, García Sandoval 2002-28 (FCME 19871). QUINTANA ROO, Municipio Solidaridad,

carretera a Vallarta, cerca de la desviación Morelos-Tulum, 10 de noviembre de 1981, Guzmán G. 21040 (XAL). VERACRUZ, Municipio de Coatepec, Alchichuca, ejido de Tuzanapan, 11 de julio de 1971, Guzmán G. 19471 (XAL).

Comentario: Una de las características más sobresalientes de *Ramaria articulotela* es la distribución del himenio, el cual es anfígeno con una zona estéril amplia hacia las axilas, a veces en forma de una "red"; también es característico el color ocráceo del basidioma, que es pequeño y frágil. Es de las pocas especies del subgénero *Echinoramaria* con hábitat lignícola, característica que comparten con *R. camelli*, la cual a diferencia de *R. articulotela* desarrolla basidiomas ampliamente ramificados, de color rosa y esporas de 7-9.5 x 3.1-4.5 µm. Este es el primer reporte de esta especie en México para los estados de Campeche, Quintana Roo y Veracruz, ya que anteriormente solo era conocida de Bolivia y Brasil (Petersen 1981).

Ramaria cokeri R.H. Petersen, Dist. Hist. Biota S. Appalachians, 4. Algae and Fungi (Charlottesville): 291 (1976).

Figs. 4-6.

Basidiomas de 53-91 x 16-37 mm, con hasta cuatro niveles de ramificación en un patrón de disminución abrupta, de dicotómicas a policotómicas, con disposición más o menos paralela. Ramas cilíndricas de hasta 3 mm de diámetro, color amarillo-café [2.5Y6/3] con tonos rojo claro [2.5Y6/6] hacia la base y café amarillento [10YR5/6] con evidentes tintes oliváceos en la parte media; ápices de redondeados a subredondeados, color café amarillento [10YR5/8, 7.5YR5/8] o

amarillo pardusco [10YR6/8] con evidentes tonos anaranjados o amarillo-anaranjados; la superficie de las ramificaciones se mancha lentamente de color café rojizo [5YR3/4, 2.5YR3/4] o café muy oscuro al maltratarse. Estípites bien diferenciado de 17-55 x 6-44 mm, cilíndrico, ocasionalmente subradicante y sinuoso, liso, blanquecino a café amarillo [10YR7/8] y abundante micelio felposo de color blanco irregularmente distribuido en su superficie la cual además es vivescente. Contexto carnosos-fibroso, blanquecino. Olor inapreciable, sabor amargo. Con FeSO_4 el himenio vira de inmediato a color verde oscuro.

Himenio predominantemente anfígeno con sólo una restringida a amplia zona estéril en las axilas. Basidios de 36-57 x 7-9 μm , subcilíndricos a subclavados, hialinos, multigutulados, bispóricos a tetraspóricos, con esterigmas de 4-8.4 μm de longitud y de 1.4-3 μm de ancho en la base, ligeramente curvados. Esporas de 10.5-14.4 x 3.5-5.6 (-6.3) μm (\underline{E} = 2.1-3.2 μm , \underline{E}^m = 2.7 μm , \underline{L}^m = 12.7 μm y \underline{A}^m = 4.7 μm), de color café-amarillo en KOH, cortamente elípticas a subcilíndricas con una ornamentación en forma de quínulas cianófilas y que vistas al MEB son menores a una micra de longitud, con ápices agudos y distribución homogénea en la superficie de la espora; apéndice hilar sublateral y ampliamente confluyente.

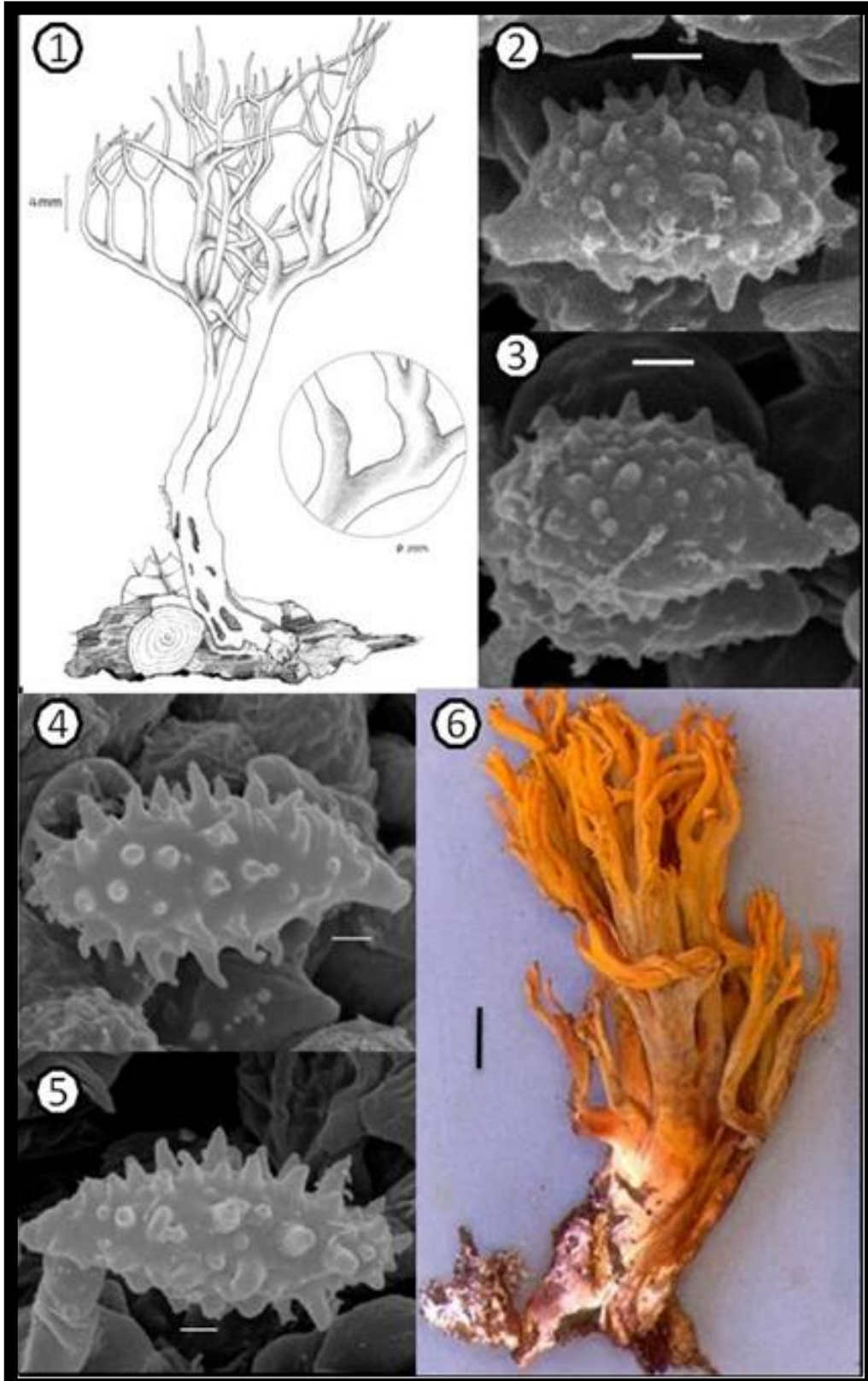
Subhimenio monomítico, hifas entremezcladas de 1.4-4.2 μm de diámetro, hialinas de pared delgada y presencia de fíbulas simples. Contexto conformado por dos tipos de hifas: a) generativas, en disposición paralela, hialinas, pared delgada, de 3-7 μm de ancho, con presencia de fíbulas simples y ampuliformes escasas, además de ocasionales conexiones en "H"; b) gleopleróticas escasas,

entremezcladas con las generativas, de 1.4-3 μm de diámetro. Micelio conformado por hifas generativas, hialinas, de pared delgada, con septos muy espaciados.

Hábito y hábitat: solitario, terrícola, desarrollándose en selva mediana a una altitud de 300 m.s.n.m.

Especímenes examinados: CAMPECHE, Municipio de Calakmul, km. 6-7 sobre la desviación a la Unión 20 de Junio, 31 de octubre de 2001, García-Sandoval 2001-55 (FCME 19886); García-Sandoval 2001-56 (FCME 19882); García Sandoval 2001-58 (FCME 19885). HIDALGO, Municipio de Molango, Laguna Atezca, 31 de agosto de 2008, Kong-Luz 5184 (TLMX). TAMAULIPAS, Municipio de Gómez Farías, La Alamillosa, camino de alta cima a San José, Reserva de la Biosfera, El Cielo, 9 de julio de 2007, García Jiménez 14325 (FCME 22245). VERACRUZ, Municipio de Acajete, alrededores de Plan de Sedeño, carretera Xalapa-Perote, 20 de septiembre de 1989, Bandala 1772 (XAL).

Comentario: característicamente *Ramaria cokeri* presenta una coloración café con tonos oliváceos, los cuales se combinan con anaranjados hacia el ápice, es vivescente y el tamaño de sus esporas es cercano a las 15 μm . Aunque existen otras especies como *R. apiahyana* (Speg.) Corner y *R. broomei* (Cott. & Wake.) Petersen, con color similar sobre todo en el ápice de las ramificaciones y el hecho de que la segunda también es vivescente, ambas especies carecen de tonalidades oliváceas y la dimensión de sus esporas es superior a las 18 μm . Es una especie que ha sido reportada de Java, Ceylán y Malasia (Corner 1950), parte baja del sureste de las montañas Apalaches, América Central y del Sur (Petersen 1981), siendo este el primer registro para México en el estado de Campeche.



Figuras. 1-3. *Ramaria articulotela*, (García Sandoval 2002-28). 1. Basidioma. 2-3. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 4-6. *R. cokeri*, (Kong-Luz 5184). 4-5. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 6. Basidioma. Barra 6 = 1 cm y 2-5 = 1 µm.

Ramaria gigantea (Pat.) R. H. Petersen, *Bibliotheca Mycol.* 79: 66 (1981).
= *Lachnocladium giganteum* Pat., *J. Bot. Morot* 3: 34 (1889).
= *Lachnocladium olivaceum* Henn., *Hedwigia* 36: 196 (1897).
= *Lachnocladium echinosporum* Bres., *Annls mycol.* 9 (5): 551 (1911).

Figs. 7-9.

Basidiomas de 90-105 x 18-26 mm, con hasta tres niveles de ramificación en un patrón que disminuye gradualmente, predominantemente dicotómicas, con una disposición más o menos paralela. Parte media del basidioma con ramas cilíndricas de 5-6 mm de diámetro, color canela [5C5 topaz] cuando joven, café rojizo [6E7-8 cognac] en la madurez y tonos anaranjados ocasionales; ápices redondeados, cuando joven de color anaranjado [5B8] a café rojizo [6E7-8 cognac] en la madurez. Estípite bien diferenciado, en algunos casos ligeramente radicante, de 45-55 x 6-12 mm, cilíndrico, liso, blanquecino con tonos anaranjados o amarillo-anaranjado, micelio felposo no abundante, de color blanco y cordones miceliares escasos; la superficie se mancha lentamente de color café oscuro al maltratarse. Contexto blanco, vira irregularmente a color gris-café al exponerse. Olor inapreciable, sabor amargo. Con FeSO_4 la superficie se torna de inmediato a verde muy oscuro.

Himenio anfígeno y sólo estéril en un área restringida de las axilas. Basidios de 80-100 x 7-11 μm , de dos tipos: a) predominancia de bispóricos, de clavados a subclavados, robustos; contenido amarillo-ocre, distribuido homogéneamente y refringente en KOH; esterigmas robustos y cortos; b) tetraspóricos, subclavados, hialinos, multigutulados, con esterigmas de 5.6-10 μm de longitud, rectos y delgados. Esporas de (10.4-) 11.5-13.5 x (4.7-) 5.2-6.2 (-7.3) μm ($\underline{\text{E}}$ = 1.8-2.6 μm ,

$\underline{E}^m = 2.1 \mu\text{m}$, $\underline{L}^m = 12.2 \mu\text{m}$ y $\underline{A}^m = 5.3 \mu\text{m}$) de color amarillo-ocre en KOH, cortamente elípticas o subcilíndricas, pared ligeramente engrosada, con una pronunciada ornamentación cianófila en forma de quínulas, vistas al MEB las quínulas muestran una distribución homogénea en la superficie de la espora, frecuentemente anastomosadas por la base, de ampliamente cónicas a lageniformes, \leq a $1.2 \mu\text{m}$ en longitud, y con ápices subredondeados; apéndice hilar pequeño (no mayor a $1.2 \mu\text{m}$ en longitud), ligeramente sublateral y confluyente.

Subhimenio con sistema hifal monomítico, hifas que en conjunto muestran un color amarillo claro, entremezcladas, de $3 \mu\text{m}$ de diámetro y fíbulas simples. Contexto con dos tipos de hifas: a) generativas de pared delgada, hialinas, en disposición paralela, de $7 \mu\text{m}$ de diámetro, septos espaciados, fíbulas simples y ampuliformes presentes; b) gleopleróticas escasas, entremezcladas con las generativas, de $4 \mu\text{m}$ de diámetro. Micelio basal monomítico, hifas hialinas con pared delgada, de $4 \mu\text{m}$ de diámetro, con fíbulas simples y ampuliformes.

Hábito y hábitat: subgregario, terrícola, desarrollándose en selva mediana a una altitud de 250 m.s.n.m.

Especímenes examinados: CAMPECHE, Municipio Calakmul, desviación a la Unión 20 de Junio, 31 de octubre de 2001, Villegas Ríos 2191 (FCME 19887).

Comentario: aunque similar a *Ramaria cokeri* en hábitat, coloración del basidioma y tamaño de esporas, *R. gigantea* se diferencia por ser hasta ahora la especie del subgénero *Echinoramaria* que presenta dos tipos de basidios claramente identificados entre si, los cuales además son de gran longitud (hasta $100 \mu\text{m}$), de ahí el nombre de esta especie. Como lo menciona Petersen (1981), estas características podrían considerarse intermedias a las secciones

Dendrocladium y *Flaccidae* propuestas por él. Es una especie que se conocía para las regiones tropicales en las Guayanas Francesas, Brasil y Puerto Rico, siendo este el primer registro para México en el estado de Campeche.

Ramaria grandis* f. *cianocephala (Berk. & M.A. Curtis) R.H. Petersen, *Bibliotheca Mycol.* 79: 71 (1981).

≡ *Clavaria grandis* Peck, *Bull. Torrey Bot. Club* 29: 75 (1902).

= *Clavaria spiculospora* Atkinson, *Ann. Mycol.* 7: 368 (1909).

≡ *Clavaria cianocephala* Berk. & M.A. Curtis, *J. Linn. Soc., Bot.* 10 (no. 46) 338 (1868).

≡ *Ramaria cianocephala* (Berk. & M.A. Curtis) Corner, *Monograph of Clavaria and allied genera* (*Annals of Botany Memoirs* No. 1): 568 (1950).

Figs. 10-12.

Basidiomas de 130-160 x 30-80 mm en material deshidratado; presenta hasta cinco niveles de ramificación en un patrón que disminuye gradualmente, las cuales son de dicotómicas a policotómicas, suberectas. Ramificaciones cilíndricas de color café amarillento [4/5 10YR], manchándose irregularmente de vináceo oscuro al maltratarse; ápices redondeados a subredondeados, de color turquesa-grisáceo a verde opaco [24-25 E3]. Estípite bien diferenciado de 70-95 x 9-25 mm, atenuándose ligeramente hacia la base, de color blanco amarillento a anaranjado pálido [4A2-5A3] con ligeros tonos vináceos al maltrato. Consistencia carnosafibrosa la cual se torna muy dura al deshidratarse; contexto de color anaranjado pálido hacia la base y parte media del basidioma y, anaranjado-blanquecino con tonos verdosos hacia el ápice, cambia a vináceo oscuro al exponerse o maltratarse. Olor dulce similar al anís; sabor amargo.

Himenio anfígeno, con excepción de una evidente zona estéril en la parte interna de las axilas. Basidios de 37-63 x 7-14 μm , clavados o subclavados, con contenido homogéneo y refringente de color amarillo-ocre en KOH, bispóricos con esterigmas cónicos, de 5.5-11.9 μm de longitud y 4-7 μm de ancho en la base. Esporas de (13.5-) 14-21 x (5.6-) 6.2-9.1 (-9.5) μm (\underline{E} = 1.6-2.6 μm , \underline{E}^m = 1.9 μm , \underline{L}^m = 16.2 μm y \underline{A}^m = 7.4 μm) de color café-amarillento en KOH, lacrimiformes, con una pronunciada ornamentación cianófila en forma de quínulas de 1.4-2.8 μm de alto. Al MEB las quínulas presentan el mismo estado de desarrollo, con una distribución homogénea en la superficie de la espora, claramente separadas entre sí y sólo ocasionalmente unidas por la base, de ampliamente cónicas a lageniformes, \leq 2.8 μm en longitud; apéndice hilar curvado, sublateral, confluyente de hasta 6 μm de longitud.

Subhimenio conformado por un sistema hifal monomítico, hifas generativas entremezcladas, hialinas, con pared delgada, de 1.4-3 μm de diámetro con fíbulas simples. Contexto con hifas generativas en disposición paralela, hialinas, pared delgada de 2.8-8.4 μm de diámetro, con septos espaciados, fíbulas simples y ampuliformes; conexiones en "H" ocasionales.

Hábito y hábitat: solitario, terrícola, desarrollándose en bosque tropical caducifolio, mesófilo de montaña, selva subperennifolia perturbada y alta perennifolia, a una altitud de 10-2000 m.s.n.m.

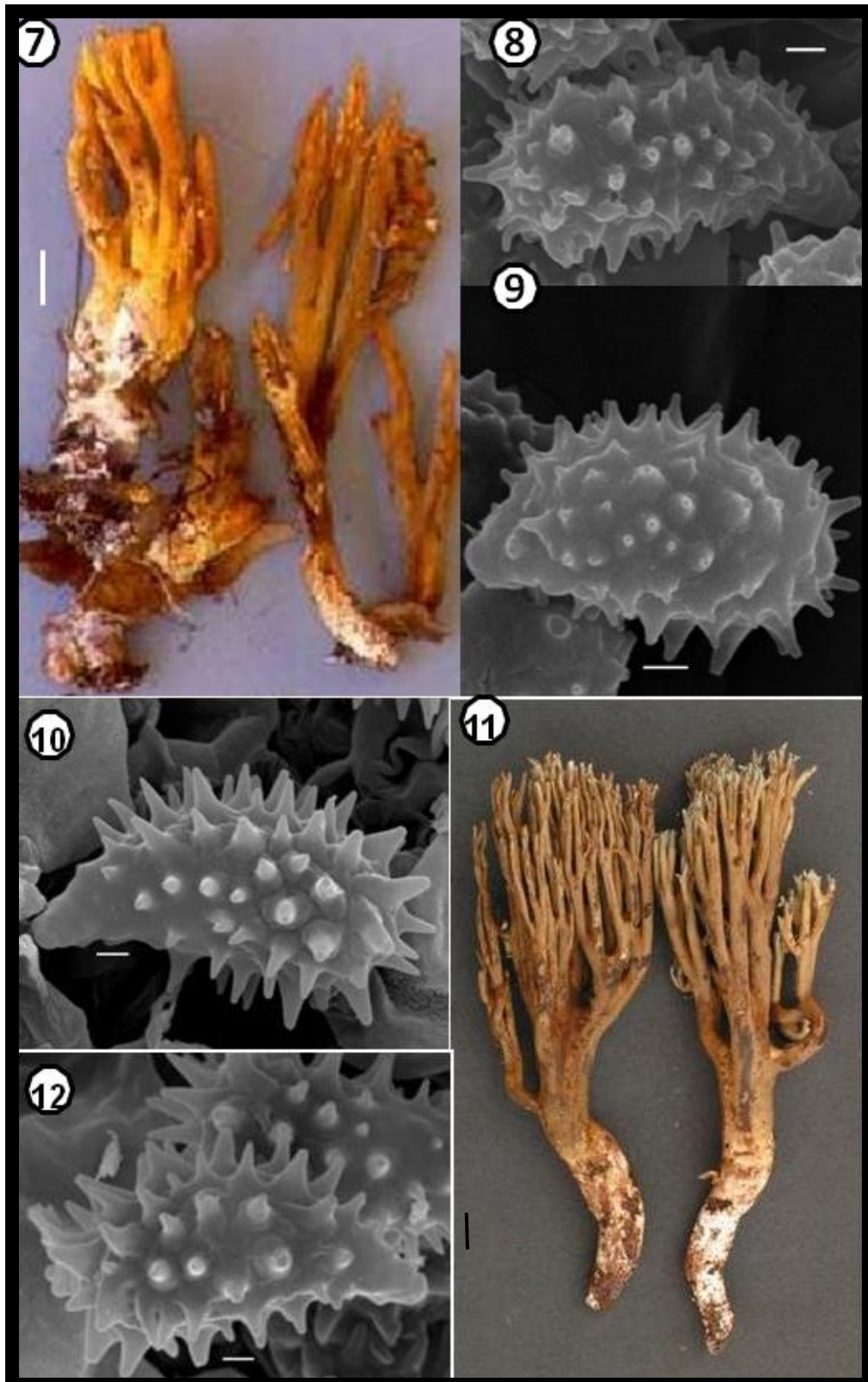
Especímenes examinados: HIDALGO, Municipio de Molango, Laguna de Atezca, 26 de agosto de 1978, González-Pérez (FCME 629), 22 de agosto de 2008, Kong-Luz 5186, 5173 (TLMX). GUERRERO, Municipio de Taxco, Parque Cerro de Huizteco, 19 de septiembre de 1994, Villegas Ríos 1691 (FCME 7764).

JALISCO, Municipio de Tecalitlán, km. 20 de la brecha Tecalitlán-Jilotlán de los Dolores, 25 de Octubre de 1986, Soltero R. 558 (IBUG); Municipio de Cuautitlán de García Barragán cañada Los asoleaderos Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, 27 septiembre de 1995, Guzmán Dávalos 6119 (IBUG). MORELOS, Municipio de Cuernavaca, \pm 5 km antes de Cuernavaca sobre la carretera antigua México-Cuernavaca, noroeste de Santa María Ahuacatitlán, camino al Valle de Tepeite por el canal de agua, 12 de octubre de 1982, Chacón 662 (ENCB). QUINTANA ROO, Municipio de Solidaridad, brecha hacia el mar desde la carretera Puerto Morelos a Tulum pasando la desviación a Vallarta, 10 de noviembre de 1981, Guzmán G. 21000, 21001 (ENCB); Municipio Felipe Carrillo noreste de Chacah Veracruz, 5 de agosto de 1983, Gutiérrez 161 (XAL); Municipio de Othón P. Blanco, Reserva Ecológica de Sian-Kaán, 15 de noviembre de 1988, García Jiménez 6198 (FCME). VERACRUZ, Municipio de Santiago Tuxtla, Cerro Cintepec, 9 de octubre de 1967, Cedillo R. (MEXU).

Comentario: las dos formas de *Ramaria grandis* actualmente reconocidas (Petersen, 1981) difieren por el color de los ápices: la f. *grandis* posee ápices blancos, canela o crema y la f. *cianocephyla* ápices azul a azul-verdoso. Esta especie es similar en su morfología externa a *R. zippelii*, donde también ha sido descrita una forma con ápices azules (f. *aeruginosa*), por lo que a menudo son confundidas. No obstante, en este trabajo se pudo constatar que pueden reconocerse porque *R. grandis* presenta basidiomas de mayor tamaño, consistencia carnosa, perdiendo parte de su forma y se endurecen al deshidratarse; la esporada es de color ocre intenso, con esporas que presentan una longitud hasta 21 μm y el apéndice hilar es curvado. En *R. zippelii* por el

contrario, los basidiomas tienden a ser de menor longitud, correosos; su esporada es de color ocre claro, la longitud de esporas $\leq 17 \mu\text{m}$ y con apéndice hilar subcurvado. Los ejemplares aquí estudiados, fueron comparados con un ejemplar de referencia del herbario TENN (Petersen, sept. 9 de 1966), coincidiendo claramente en sus características.

Esta especie es la que presenta la distribución más amplia hasta ahora conocida en México, que involucra zonas tropicales y subtropicales de parte de la Península de Yucatán y de la Faja Volcánica Transmexicana.



Figuras. 7-9. *Ramaria gigantea*, (Villegas Ríos 2191). 7. Basidiomas. 8-9. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 10-12. *R. grandis* f. *cianocephala*, (González-Pérez 26 de agosto de 1978). 10-11. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 12. Basidiomas. Barra 7 y 12 = 1 cm y 8-11 = 1 μ m.

Ramaria longicaulis (Peck) Corner. Monograph of *Clavaria* and allied genera (Annals of Botany Memoirs No. 1): 600 (1950).
≡ *Clavaria longicaulia* Peck, Bull. Torrey Bot. Club 25: 371 (1898).

Figs. 13-16.

Basidiomas de 40-88 x 7-25 mm; con hasta cinco niveles de ramificación, disminuyendo gradualmente, dicotómicas, con disposición más o menos paralela, axilas en “u” y “v”. Ramas cilíndricas de hasta 3 mm de diámetro, color anaranjado cafésosos, [5C4] a canela [5C5]; ápices de redondeados a subredondeados, concoloros a las ramas a color café amarillento [5D8]; la superficie de las ramificaciones se mancha lentamente de color gris cafésoso [6F8] o café muy oscuro al maltratarse. Estípite bien diferenciado de 13-43 x 3-4 mm, subcilíndrico, subradicante y sinuoso, liso, blanquecino con tonos ámbar [6D8], inmerso en el sustrato.

Himenio unilateral, anfígeno en la parte superior de las ramificaciones. Basidios de 29.4-42 x 4.2-9.8 μm , subcilíndricos a subclavados, hialinos, multigutulados, tetraspóricos, con esterigmas rectos y sólo ligeramente curvados en la punta, de 4.2-7 μm de longitud y de 1.4-2.8 μm de ancho en la base. Esporas de 8.4-12.6 x 4.2.-5.6 μm (\underline{E} = 1.3-2.6 μm , \underline{E}^m = 1.8 μm , \underline{L}^m = 10.3 μm y \underline{A}^m = 5.3 μm), de color amarillo-café en KOH, sublacriformes, de pared ligeramente engrosada, con una ornamentación de hasta 1.4 μm , en forma de quínulas, cianófilas, apéndice hilar sublateral de hasta 2.1 μm .

Subhimenio monomítico, hifas entremezcladas, de 2.1-4.9 μm de diámetro, hialinas de pared delgada y fibuladas. Contexto con hifas generativas en disposición paralela, hialinas, pared delgada, de 1.4-7 μm de diámetro y con muy escasas hifas gleopleróticas de 1.4-2.8 μm de diámetro.

Hábito y hábitat: subgregario, terrícola, desarrollándose en bosque mesófilo de montaña a una altitud de hasta 1300 m.s.n.m.

Especímenes examinados: HIDALGO, Municipio de Molango, Laguna de Atezca, 22 de agosto de 2008, Kong-Luz 5180, 5171 y 5168 (TLMX).

Comentario: se caracteriza por el basidioma delgado, con coloración marrón pálido, ramas muy rectas, el estípite radicante y el hábitat en el que crece. *Ramaria longicaulis* es similar a *R. murrillii* (Coker) Corner. Según Petersen (1981), estas especies se diferencian entre sí porque los ápices de *R. murrillii* son brillantes dorados, tienen abundantes ramas del micelio en la base del estípite y las esporas no son más grandes de 9 μm de largo y 4 μm de ancho. El tamaño de las esporas de *R. longicaulis* es de 9.6 x 5.9 μm , de acuerdo con Petersen (1981) y 11 x 7 μm con Giachini (2004). Los ejemplares mostraron que las esporas tienen características similares a las reportadas por Giachini (2004).

La distribución de *Ramaria longicaulis* incluye bosques caducifolios y bosques de coníferas de la región del Golfo en los Estados Unidos. Este es el primer registro de México, que se encuentra en un bosque subtropical de la Faja Volcánica Transmexicana.

Ramaria yumkaensis P.González & M.Villegas sp. nov.

Figs. 17-20.

HOLOTIPO: TABASCO, Municipio de Villahermosa, Parque del Yumka, 28 octubre del 2001, Villegas Ríos 2167 (FCME 23263).

ETIMOLOGÍA: de Yumka, el area donde se encontró la especie.

Basidiomas de 30-60 x 30-40 mm, con hasta tres niveles de ramificación dicotómica a policotómica, en disposición más o menos abierta, con un patrón que disminuye abruptamente. Ramas aplanadas hacia la base y más o menos cilíndricas en el resto, de color cenizo con ligeros tonos oliva a café grisáceo [5D3]; ápices subagudos, ligeramente aplanados, de color ante a amarillo oro [4B5] con color más intenso que en las ramas. Estípites claramente diferenciado de 15-30 x 2-5 mm, cilíndrico, de color gris amarillento [5E3-4] a verde pardusco o cenizo [5D2] en la base; la superficie se mancha de color café rojizo; micelio basal abundante, felposo, de color blanco. Contexto blanco-amarillento [4A2] a blanquecino, el cual se mancha de café-rojizo al manipularlo. Consistencia fibrosa-carnosa. Olor inapreciable, sabor ligeramente astringente. Con FeSO_4 , el himenio vira de inmediato a verde muy oscuro en material fresco.

Himenio anfígeno y sólo estéril en una zona restringida de las axilas. Basidios de 28-35 x 6-7 μm , clavados a subclavados, hialinos, multigutulados, bispóricos a tetraspóricos, con esterigmas, rectos de 4.2-7 μm de longitud y de 1.4-2.9 μm de ancho en la base. Esporas de 7-9 x 2.8-4.2 (-4.9) μm (\underline{E} = 1.4-3 μm , \underline{E}^m = 2.2 μm , \underline{L}^m = 8.5 μm y \underline{A}^m = 3.7 μm), de color café-amarillento en KOH,

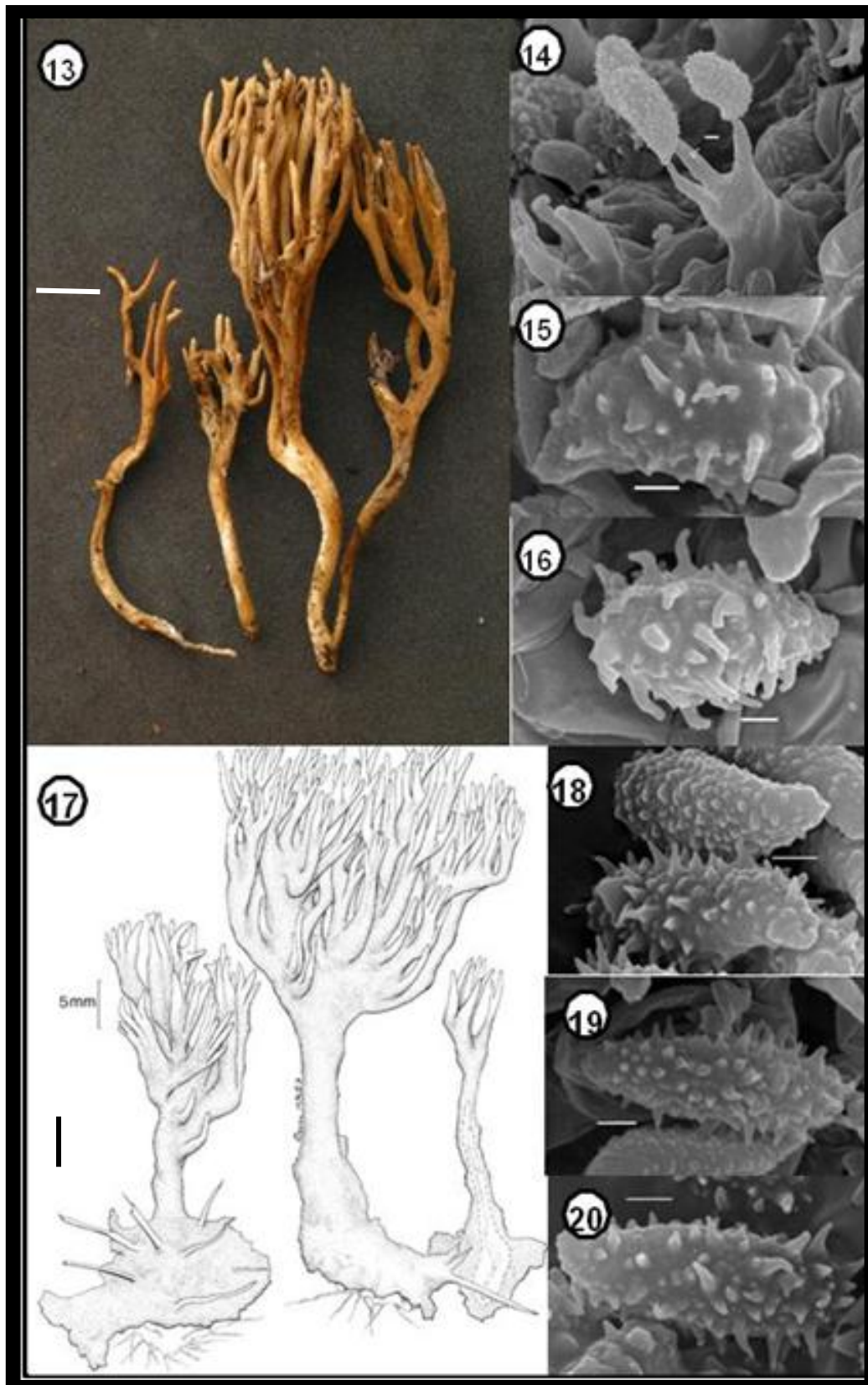
lacriformes, con ornamentación cianófila en forma de quínulas, que vistas al MEB se observan que cuando maduran no tienen un desarrollo sincrónico, donde las mas grandes miden menos de una micra de longitud, son de forma aguda, separadas entre si u ocasionalmente unidas por la base con algunas de menor tamaño; apéndice hilar poco diferenciado principalmente en las esporas maduras debido a que la ornamentación casi lo cubre por completo.

Subhimenio con hifas generativas entremezcladas, hialinas, pared delgada, de 2 μm de diámetro. Contexto conformado por dos diferentes tipos de hifas: a) generativas en disposición más o menos paralela, hialinas, de pared delgada, de 3 μm de diámetro, fíbulas simples y ampuliformes; conexiones en "H" escasas; b) gleopleróticas poco frecuentes, entremezcladas con las generativas, de 1.4 μm de diámetro. Micelio basal con hifas generativas, hialinas, pared delgada, de 1.4 μm de diámetro, fíbulas simples y ampuliformes de hasta 7 μm de diámetro; conexiones en "H" ocasionales y diminutos cristales esteliformes en la superficie de las hifas, los cuales no se desintegran al incorporarlos en KOH.

Hábito y hábitat: gregario, terrícola desarrollándose en selva mediana, a una altitud de 210 m.s.n.m.

Comentario: entre las características sobresalientes que permiten diferenciar a esta especie, se encuentra la coloración gris amarillento a cenizo en la base del basidioma con los ápices amarillo brillante, la vivescencia de la superficie y contexto, el tamaño relativamente pequeño de sus esporas donde particularmente llama la atención la escasa diferenciación del apéndice hilar debido a que prácticamente toda la superficie de las esporas está cubierta por ornamentaciones,

y los basidios cortos. La coloración de los basidiomas de *R. yumkaensis* es similar a *R. campestris*, *R. broomei* y *R. arcosuensis*, sin embargo estas últimas especies se desarrollan en vegetación templada y poseen características microscópicas muy diferentes. Son pocos las especies tropicales donde han sido reportados diminutos cristales esteliformes en la superficie de las hifas del micelio, este carácter más bien han sido observado con mayor frecuencia en especies de zonas templadas, por lo que llama la atención su presencia en una especie evidentemente tropical.



Figuras. 13-16. *Ramaria longicaulis*, (Kong-Luz 1321). 13. Basidiomas. 14-16. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 17-20. *R. yumkaensis*, (Villegas Ríos 2167). 17. Basidiomas. 18-20. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. Barra 17 = 1 cm y 14-16, 18-20 = 1 μ m.

Ramaria zippellii* f. *zippellii (Lév.) Corner, Monograph of *Clavaria* and allied genera (Annals of Botany Memoirs No. 1): 632 (1950).

≡ *Clavaria zippellii* Lév. Anns. Sci. Nat., Bot., sér. 32: 215 (1844).

= *Clavaria thwaitzii* Berkeley & Broome. Jour. Linn. Soc. 14: 75 (1873).

= *Lachnocladium albidum* Pat.. Bull. Soc. Mycol. Fr. 14: 188 (1898).

= *Clavaria phaeocladia* Pat. Bull. Soc. Mycol. Fr. 14: 189 (1898).

≡ *Phaeoclavulina zippellii* (Lév) Overeem. Bull. Jard. Bot. Buitenz 5: 262 (1923).

Figs. 21-24.

Basidiomas de 130-140 x 30-60 mm en material deshidratado, con hasta seis niveles de ramificación dicotómica, con disposición predominantemente erecta, en un patrón que va disminuyendo gradualmente. Ramas cilíndricas de color café claro con tonos rojizos; ápices agudos, color amarillo-café o blanco. Estípite de 10-20 x 5-10 mm en material deshidratado, atenuándose ligeramente hacia la base, blanquecino con escaso micelio felposo de color blanco en la base. Consistencia fibrosa-carnosa. Olor no característico, sabor amargo.

Himenio anfígeno con excepción de un área reducida en las axilas. Basidios de 36-42 x 7-10 μm , clavados a subclavados, contenido refringente de color amarillo-ocre en KOH, bispóricos; esterigmas cortos, robustos, cónicos, de 7-10.5 μm de longitud por 4-7 μm de ancho en la base. Esporas de 11.3-16.1 x 6.7-9.1 μm (\underline{E} = 1.4-2.5 μm , \underline{E}^m = 1.9 μm , \underline{L}^m = 14.8 μm y \underline{A}^m = 7.5 μm) de color café-amarillento en KOH, elípticas a subcilíndricas, con una pronunciada ornamentación cianófila, en forma de quínulas de 1.4-2.8 μm de longitud, en el MEB son \leq a 1.4 μm de longitud, distribuidas homogéneamente en la superficie de

la espora, de ampliamente cónicas a lageniformes; apéndice hilar sublateral, confluyente, no mayor a 2.8 μm de longitud.

Subhimenio conformado por hifas generativas, entremezcladas, hialinas, con pared delgada, de 3-5.6 μm de diámetro y fíbulas simples. Contexto monomítico, hifas generativas en disposición paralela, hialinas, con pared delgada, de 4.2-6.3 μm de diámetro, septadas, fíbulas simples o ampuliformes; conexiones en "H" poco frecuentes. Micelio con hifas generativas, hialinas, de 1.5-4 μm de ancho, fíbulas simples y ampuliformes de hasta 7 μm de diámetro.

Hábito y hábitat: solitario o subgregario, terrícola, desarrollándose en bosque de *Pinus-Quercus*, selva baja perennifolia, mediana, baja caducifolia y subperennifolia, a una altitud de hasta 800 m.s.n.m.

Especímenes examinados: CHIAPAS, Municipio de Ocozocuatla, km 18 de la carretera Ocozocuatla-Malpas, Parque educativo "Laguna Bélgica", 7 de septiembre 1979, Gallegos 25 (FCME 874). GUERRERO, Municipio de Petatlán, km. 76 carretera Chilpancingo-Tlapa, 21 de septiembre de 1981, Martínez (FCME 12000). QUINTANA ROO, Municipio de Lázaro Cárdenas, Región Reserva Ecológica del Edén, de la Reserva a Rancho Santa María, norte de Leona Vicario camino iniciado en el km. 290 de la carretera Mérida-Cancún, 4 de noviembre del 2000, Guzmán G. 34532 (XAL); Municipio de Othón P. Blanco Ejido Calderitas, Chetumal, 2003, Aldana G. 27 (XAL). TABASCO, Municipio de Villerosa, Parque del Yumka, Díaz Contreras 507 (UJAT).

Comentario: Petersen (1981) reconoció también dos formas en esta especie: *zippelii* y *aeruginosa*, las cuales son diferenciadas de acuerdo al color de los ápices; en la primera éstos son blancos, crema o grises y en la segunda son

de color azul a azul-verdoso. No obstante, a diferencia de *R. grandis*, en *R. zippelii* los basidiomas conservan la forma del material fresco y que aunado a sus características microscópicas logran diferenciarla claramente. Estos son los primeros registros de *R. zippelii* f. *zippelii* en México donde se desarrolla en bosques con *Quercus* y a una menor altitud que *R. grandis*.

Ramaria zippelii* f. *aeruginosa (Pat.) R. H. Petersen, Bibliothca Mycol. 79: 96 (1981).
≡ *Clavaria aeruginosa* Pat., Bull. Soc. mycol. Fr. 14:189 (1898).

Fig. 25.

Basidiomas con tamaño, disposición de ramificaciones, características del estípite, coloración basal, contexto y sabor similares a la forma típica; ápices de subredondeados a subagudos, de color [21D4] cuando joven y [24B3] o azul-verdoso en la madurez.

Basidios de 25-65.8 x 5-14 μm , clavados o subclavados, con contenido refringente de color amarillo-ocre en KOH distribuido homogéneamente, bispóricos; esterigmas cortos, robustos, cónicos, de 1-5.6 μm de longitud x 2-9.8 μm de ancho en la base. Esporas de 11.3-16.8 x 6.2-9.8 μm ($\underline{\underline{E}}= 1.3-2.5 \mu\text{m}$, $\underline{\underline{E}}^m= 1.8 \mu\text{m}$, $\underline{\underline{L}}^m= 13.9 \mu\text{m}$ y $\underline{\underline{A}}^m= 7.6 \mu\text{m}$) de color café-amarillo en KOH, elípticas a subcilíndricas. Las características de la ornamentación, apéndice hilar y contexto, son iguales a las de la f. *zippelii*.

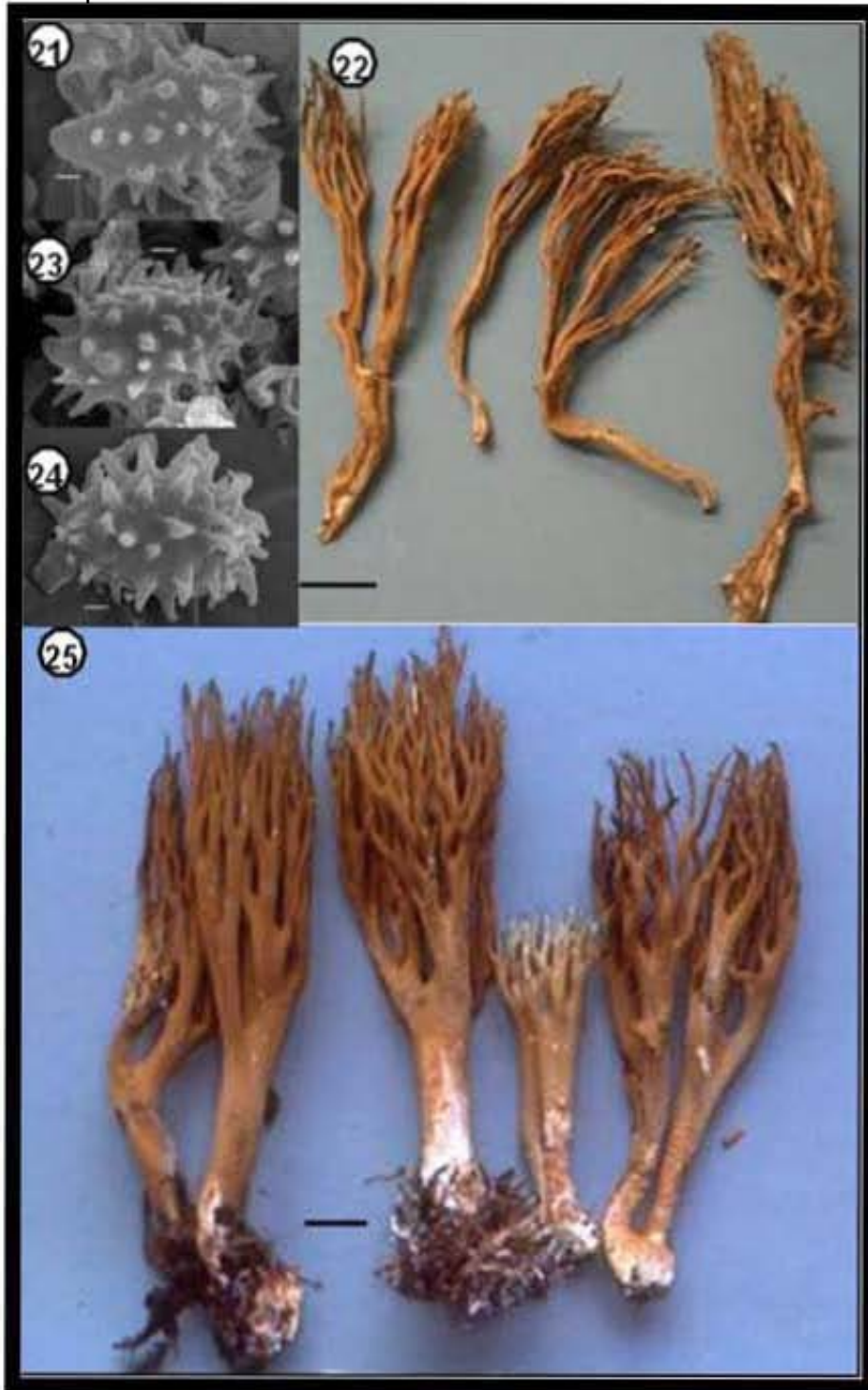
Hábito y hábitat: solitario o subgregario, terrícola, desarrollándose en bosque de *Pinus* y *Quercus*, selva mediana, subperenifolia perturbada, baja

caducifolia, alta perennifolia, bosque de *Liquidambar* y bosque mesófilo de montaña, a una de altitud de 20 hasta 1500 m.s.n.m.

Especímenes examinados: CAMPECHE, Municipio Calakmul, km. 6-7 sobre la desviación a la Unión 20 de Junio, 31 de octubre 2000, García-Sandoval 2001-54 (FCME 19875), Villegas Ríos. 2185 (FCME 19867). CHIAPAS, Laguna Bélgica km. 18.5 de la carretera a Ocozocuahtla-Malpasó, septiembre 1979, Robledo 20 A (FCME 899), Robledo 20 B (FCME 884); Laguna Bélgica km. 18.5, 3 de agosto del 2003, Chonuna F. (CHIP); Municipio La Trinitaria, Laguna Ensueño Parque Nacional Laguna de Montebello, 24 de octubre de 2004, Andrade-Gallegos 1628 (TLXM 2247). HIDALGO, Municipio Molango, Laguna de Atezca, 26 de agosto de 1978, Guevera A. 115 (FCME 628). QUINTANA ROO, Municipio Lázaro Cárdenas en el norte de la península de Yucatán, Reserva Ecológica El Edén, Torres A. (FCME 23262); Municipio de Solidaridad, Brecha hacia el mar, desde la carretera Puerto Morelos a Tulum, pasando la desviación a Vallarta, 10 de noviembre de 1981, Guzmán G. 2101; Municipio de Othón P. Blanco, 6 km al oeste de Laguna Buenavista, 10 de noviembre de 1997, Chay-Casanova 389 (XAL); Municipio Lázaro Cárdenas, región de la Reserva del Ecológica EL Edén, Norte de Leona Vicaria camino iniciando en el km 290 de la carretera Mérida-Cancún, 4 de noviembre de 2000, Guzmán Dávalos 8359 (XAL). Municipio de José Ma. Morelos, San Diego, 19 de enero de 1986, González Guevera (FCME).

Comentario: la coloración azul de los ápices es una de las diferencias más sobresalientes de la f. *aeruginosa* respecto a la f. *zippelii*. Los ejemplares aquí revisados, mostraron además una diferencia de al menos 10 μm en la longitud de los basidios, siendo mayor en la f. *aeruginosa*. La distribución geográfica de

ambas formas es similar coexistiendo incluso en algunos ecosistemas, no obstante, *R. zippelii* f. *aeruginosa* ha llegado a localizarse en bosques subtropicales que alcanzan una altitud de hasta 1500 m.s.n.m.



Figuras. 21-24. *Ramaria zippelii* f. *zippelii*, (Gallegos 25). 21, 23 y 24. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 22. Basidiomas. 25. Basidiomas de *R. zippelii* f. *aeruginosa*. Barra 22 y 25 = 1 cm y 21, 23 y 24 = 1 μ m.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los curadores de las colecciones de hongos CHIP, Teresa Cabrera (CHIP), Joaquin Cifuentes (FCME), Elvira Aguirre (MEXU), IBUG, Laura Guzmán (IBUG), Ricardo Valenzuela (ENCB), Alejandro Kong (TLMX), Silvia Capello (UJAT) y Gastón Guzmán (XAL) por el préstamo de ejemplares. A Sigfrido Sierra por la revisión del manuscrito, y al ilustrador Oscar Montiel Morales por la elaboración de los dibujos macroscópicos de *Ramaria yumkaensis* y *R. articulotela* y Silvia Espinosa en la toma de las fotografías de barrido. El agradecimiento autores primero y segundo, el apoyo financiero del proyecto PAPIIT IN203009-3.

LITERATURA CITADA

- Corner, E. 1950. A monograph of *Clavaria* and allied genera. Oxford University Press: London.
- Corner, E. 1970. Supplement to a monograph of *Clavaria* and allied genera. Verlag Von J. Cramer, Lehre.
- Franchi, P. & Marchetti, M. 2001. Introduzione allo studio del genere *Ramaria* in Europa. Librería Mykoflora Fungi non de lineati Paris 16: 1-104.
- Giachini A. 2004. Sistematic, Phylogeny and Ecology of *Gomphus sensu lato*. Doctoral dissertation. University of Oregon.
- Guzmán, G. 1983. Los hongos de la Península de Yucatán, II. Nuevas exploraciones y adiciones micológicas. Biótica 8: 71-100.

- Guzmán, G. 2003. Los hongos del Edén, Quintana Roo, Introducción a la micobiota tropical de México. CONABIO e Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México.
- Kornerup, A. & Wanscher, J. 1978. Methuen handbook of colour. 3a ed. Methuen, London.
- Largent, D., Johnson, D. & Watling, R. 1980. How to identify mushrooms to genus III: microscopic features. Mad River Press.
- Munsell, 1992. Munsell soil color charts. United States Department of Agriculture, Kallmargen, Maryland.
- Petersen, R. 1981. *Ramaria* subgenus *Echinoramaria*. Bibliotheca. Mycologica. 79: 1-261.
- Petersen, R. 1988. The clavarioid fungi of New Zeland. Bulletin, New Zealand Department of Scientific and Industrial Research 236: 1–170.

CAPÍTULO 2

Especies del género *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* de zonas templadas a subtropicales de México

Patricia González¹, Margarita Villegas Ríos¹ y Arturo Estrada Torres²

¹astrid.gonzalez@hotmail.com, mvr@hp.fciencias.unam.mx. Laboratorio de Sistemática de Homobasidiomycetes clavarioides y gomfoides. Depto. de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. A.P. 70-215, Coyoacán 04511 D.F., México.

²arturomixo@hotmail.com, Laboratorio de Micología Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala C.P. 90120, México

RESUMEN

En este trabajo se estudiaron ocho especies de *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* que habitan zonas templadas a subtropicales de México. *Ramaria liliputensis* es descrita como nueva para la ciencia, mientras que *R. argentea*, *R. campoi*, *R. decurrens*, *R. eumorpha*, *R. roellini* se registran por vez primera para el país, y se incrementan datos sobre la distribución de *R. abietina* y *R. myceliosa* para diferentes localidades del centro y norte del país. Se presentan descripciones e ilustraciones para todos los taxones.

Palabras clave: hongos clavarioides, *Ramaria*, taxonomía, zonas templadas.

INTRODUCCIÓN

De las 46 especies actualmente descritas para el mundo del subgénero *Echinoramaria*, género *Ramaria* (Corner 1950, 1970; Petersen 1981; Franchi y Marchetti 2001; Giachini 2004; Christan 2008; González *et al.* 2009), más del 50% se desarrollan en zonas templadas a subtropicales. Petersen (1981) ubica a estos últimos taxones en la sección *Flaccidae*, de acuerdo a que habitan zonas templadas y poseen esporas con una fina ornamentación, mientras que Christan (2008), las segrega en el subgénero *Asteroramaria*, basado en la presencia de acantohifas, aunado a características previamente utilizadas por otros autores (Corner 1970; Marr y Stunz 1973; Petersen 1981) como son el tamaño pequeño de la ornamentación de las esporas y el hábitat templado. En este trabajo se adopta la clasificación de Petersen (1981) considerando el apoyo de los análisis filogenéticos realizados hasta ahora (Giachini 2004; Hosaka *et al.* 2006), en donde se ha comprobado que el grupo es monofilético. En México, los hábitats donde se desarrollan las especies aquí estudiadas son predominantemente bosques templados de coníferas o mixtos y en algunos casos bosques mesófilos de montaña. Los bosques mesófilos mexicanos representan un tipo de vegetación intermedia entre la vegetación tropical y la templada; se definen por la mezcla de elementos de muy diversas afinidades y se considera que tienen una composición biótica híbrida de elementos tropicales y templados, desarrollándose en un intervalo altitudinal entre los 600 y los 3200 m.s.n.m., son más comunes entre los 900 y los 2000 m.s.n.m. (Rzedowski 1978; Luna-Vega *et al.* 1994; Castellanos 1997; Challenger 1998; Ponce-Vargas *et al.* 2000).

Ramaria eumorpha, *R. abietina* y *R. myceliosa* son de las especies con una mejor distribución conocida, existiendo reportes principalmente en Europa y América del norte (Corner 1950, 1970; Petersen 1981; Franchi y Marchetti 2001; Giachini 2004; Christan 2008). En México, *R. abietina* y *R. myceliosa* han sido citadas de bosques de coníferas y/o mixtos, aunque con una distribución restringida, ya que principalmente se ha colectado en el centro del país (Estrada-Torres 1994; Acosta-Pérez y Kong-Luz 1991).

En este trabajo se hace una revisión de las especies de la sección *Flaccidae* que se desarrollan en México, describiéndose una nueva especie para la ciencia; cinco más se registran por primera vez para el país y se amplía la distribución de dos especies, con base en la revisión de diferentes colecciones nacionales y en colectas de ejemplares realizadas por los autores.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio fueron revisados 52 ejemplares depositados en los herbarios: FCME, ECOSUR-unidad San Cristóbal, ENCB, IBUG, MEXU, TLXM y XAL, contándose además con algunos materiales de referencia de la colección TENN. La revisión macro y microscópica se realizó de acuerdo a las técnicas de Largent *et al.* (1980), Petersen (1981, 1988) y Basso (2005). Las anotaciones del código de color en forma de número, letras y número [10YR4/5] corresponden a Munsell (1992) y en número-letra-número (3B2) a Kornerup y Wanscher (1978). Los estadísticos de esporas están basados en al menos 30 mediciones por colecta, bajo las siguientes abreviaturas: \underline{E} = rango entre la relación del largo y ancho, \underline{E}^m =

cociente medio entre largo y ancho, \underline{L}^m = media de largo y \underline{A}^m = media del ancho.
 Las observaciones al microscopio electrónico de barrido (MEB) se realizaron con un microscopio JEOL modelo JSM – 2310LV.

RESULTADOS

CLAVE PARA LAS ESPECIES ESTUDIADAS

- 1A) El cuerpo fructífero cambia a azul-verdoso en diferentes tonalidades al manipularse y/o con la madurez, esporas de 6.8-11.2 x 2-5.2 μm *R. abietina*
- 1B) Cuerpo fructífero no cambia a color verde oscuro al maltrato o madurez.....2
- 2A) Basidiomas mayores a 70 mm de longitud3
- 2B) Basidiomas menores a 70 mm de longitud 5
- 3A) L^m de las esporas mayor a 8 μm . Basidios de 29-52 x 5.2-9.8 μm *R. eumorpha*
- 3B) L^m de las esporas menor a 7.5 μm . Basidios no mayores a 49 μm de longitud y 7 μm de ancho 4
- 4A) Presencia de hifas gloeopleróticas en el contexto. Esporas de 4.9-8.4 x 2.8-4.2 μm *R. argentea*
- 4B) Ausencia de hifas gloeopleróticas en el contexto. Esporas de 4.2-7 x 2.1-3.5 μm *R. myceliosa*
- 5A) Himenio unilateral en las ramificaciones inferiores. Base del estípite radicante..... *R. aff. decurrens*
- 5B) Himenio anfígeno en todo el basidioma. Base del estípite no radicante 6
- 6A) Basidiomas no mayores a 30 mm de longitud. Esporas de 4.2-6.3 x 2.8-3.5 μm *R. liliputensis*
- 6B) Basidiomas mayores a 30 mm de longitud. Esporas de mayor tamaño de 6.3 μm de longitud x 3.5 μm de ancho7

- 7A) Presencia de coloraciones anaranjadas en los basidiomas. Esporas de 6.2-7.3 x 3.1-4.2 μm *R. campoi*
- 7B) Ausencia de coloraciones anaranjadas en los basidiomas. Esporas de 6.3-8.4 x 2.8-4.2 μm *R. roellini*

DESCRIPCIÓN DE LOS TAXONES

- Ramaria abietina*** (Pers.) Quél., Fl. mycol. France (Paris): 467 (1888).
 ≡ *Clavaria abietina* Pers., Neues Mag. Bot. 1: 117 (1794).
 ≡ *Clavara abietina* Pers., Neues Mag. Bot. 1: 117 (1794) f. *abietina*
 ≡ *Merisma abietinum* (Pers.) Spreng., Syst. veg., Edn 16 4: 495 (1827).
 = [Clavaria ochraceovirens Jungh.](#), Linnaea 5: 407 (1830).
 = [Hydnum abietinum \(Pers.\) Duby](#), Bot. Gall., Edn 2 (Paris) 2: 778 (1830).
 ≡ *Clavariella abietina* (Pers.) J. Schröt., in Cohn, Krypt. -Fl. Schlesien (Breslau) 3.1 (25-32): 448 (1888).
 = *Clavaria virescens* Gramberg, Pilz -u. Kräuterfreund 5: 57 (1921).
 = *Ramaria virescens* (Gramberg) Hennig, Führ. Pilzk. (Zwickau) 3: f, 320. (1927).
 = [Ramaria ochraceovirens \(Jungh.\) Donk](#), Rev. Nederl. Homob. Aphyll. 2: 112 (1933).

Figs. 1-7.

Basidiomas de 30-90 x 10-64 mm, arbusculares, con hasta cinco niveles de ramificaciones en un patrón que disminuye gradualmente y sólo ocasionalmente en forma abrupta, siendo éstas de dicotómicas a policotómicas, con una disposición generalmente abierta. Ramas cilíndricas, las primarias de 7-20 x 2-13 mm y las secundarias de 9-18 x 1-6 mm; color amarillo anaranjado pálido, a café cenizo [5F8] o café oliváceo en la parte media; axilas en “u” o en “v”, de color café-anaranjado o concoloras con el resto de la ramificación. Ápices de 2-11 x 1-3 mm, agudos a filiformes de color amarillo-café, amarillo verdoso [1A8], amarillo

grisáceo [1B6] a café [5E8]. Estípites generalmente inmerso en el sustrato, de 12-40 x 3-18 mm, cilíndrico a ligeramente atenuado hacia la base, sinuoso, blanquecino con tonos de color café hollín [5F5] o amarillo anaranjado [3B5]. La superficie del basidioma cambia al maltrato y/ o secado en forma homogénea o diferencial de la base al ápice a color verde o verde-azul en diferentes tonalidades. Micelio basal abundante, blanco con una apariencia algodonosa y numerosos cordones miceliares, largos y delgados de color blanco. Contexto gris o verde-grisáceo [5E3, 26B14]. Consistencia carnosafibrosa. Olor inapreciable o ligeramente a hongo, sabor amargo o picante. Con el FeSO_4 , el himenio cambia a verde oscuro.

Himenio anfígeno, estéril en las axilas; engrosado. Basidios de 20.8-50.4 x 3.5-9.3 μm , subcilíndricos a subclavados, hialinos, multigutulados, con cuatro esterigmas delgados, rectos de 3.1-8.4 x 1.4-2.6 μm de ancho en la base. Esporas de (6.3-) 6.8-11.2 x 2-5.2 (-5.6) μm ($\underline{E}^m = 2.0 \mu\text{m}$, $E = 1.6-3.2 \mu\text{m}$, $\underline{L}^m = 8.2 \mu\text{m}$ y $\underline{A}^m = 3.9 \mu\text{m}$), de color amarillo-café en KOH, sublacriformes, con pared delgada, ornamentación cianófila. Vistas al MEB, se observa que las estructuras que forman la ornamentación no madura sincrónicamente, donde las de menor tamaño se encuentran cerca del apéndice hilar y las más grandes hacia el ápice de la espóra, con un tamaño de hasta 0.5 μm en longitud; apéndice hilar sublateral, confluyente de 1.4-2.8 μm de longitud.

Subhimenio con hifas generativas, entremezcladas, hialinas, de pared delgada, de 1.4-5.6 μm de diámetro. Contexto conformado por dos diferentes tipos de 1) hifas generativas, en disposición paralela, hialinas, con pared delgada, de 1.4-8.4 μm de diámetro, escasas conexiones en "H", fíbulas simples frecuentes y

ampuliformes ocasionales de hasta 11.2 μm de diámetro; 2) escasas hifas gleopleróticas entremezclas con las generativas, de 1.4-2.8 μm de diámetro. Presencia de pequeños cristales de formas irregulares o esteliformes en la superficie de las hifas distribuidos irregularmente. Micelio basal con hifas generativas, hialinas, con pared delgada, de 1.4-4.2 μm en diámetro, fíbulas simples frecuentes y ampuliformes de hasta 12.6 μm diámetro, ocasionales conexiones en "H" y abundantes cristales pequeños esteliformes.

Hábito y hábitat: gregario a subgregario, húmico, desarrollándose en bosque de *Abies-Juniperus*, *Pinus-Quercus*, bosque de *Abies*, bosque de *Pinus*, bosque de *Quercus*, bosque de *Quercus*, *Pseudotsuga*, *Abies*, *Pinus*, *Arbutus* y bosque de *Abies*, *Pinus* y *Quercus*, a una altitud de 2400 a 3000 m.

Material revisado: CHIHUAHUA, Municipio de Bocoyna, 1 km. adelante de El Ranchito, camino San Juanito-Basaseachio, 14 de septiembre de 1996, Garibay O. 24 (FCME 9296). ESTADO DE MÉXICO, Municipio de Ocoyoacac, Centro nuclear Salazar km. 36 1/2 de la carretera a Toluca Pata de Pájaro, agosto de 1984, C. I. Gaso y Alvarado (MEXU 18239); Municipio de Atlacomulco, El Potrero, 12 de julio de 1981, E. Pérez, E. Aguirre y E. Chinchilla (MEXU 19250); Municipio de Ocoyoacac, Centro Nuclear Salazar, 1 de octubre de 1961, T. Herrera, M. Zenteno y R. Riba (MEXU 2642); Municipio de Ocuilan, alrededor de la Laguna de Quila, Parque Nacional Lagunas de Zempoala, 9 de agosto de 1986, Estrada-Torres 1631 (TLXM), 28 de junio de 1986; A. Estrada-Torres 1597 (TLXM), 10 de agosto de 1986 Calderón A. (MEXU 20442). HIDALGO, Municipio el Chico, Parque Nacional El Chico, Ejido San Miguel, El Cerezo, 17 de octubre de 1982, R. Hirata 448 (ENCB); 18 de septiembre de 1983, Rodríguez G. 2839, (TLMX), 17 de

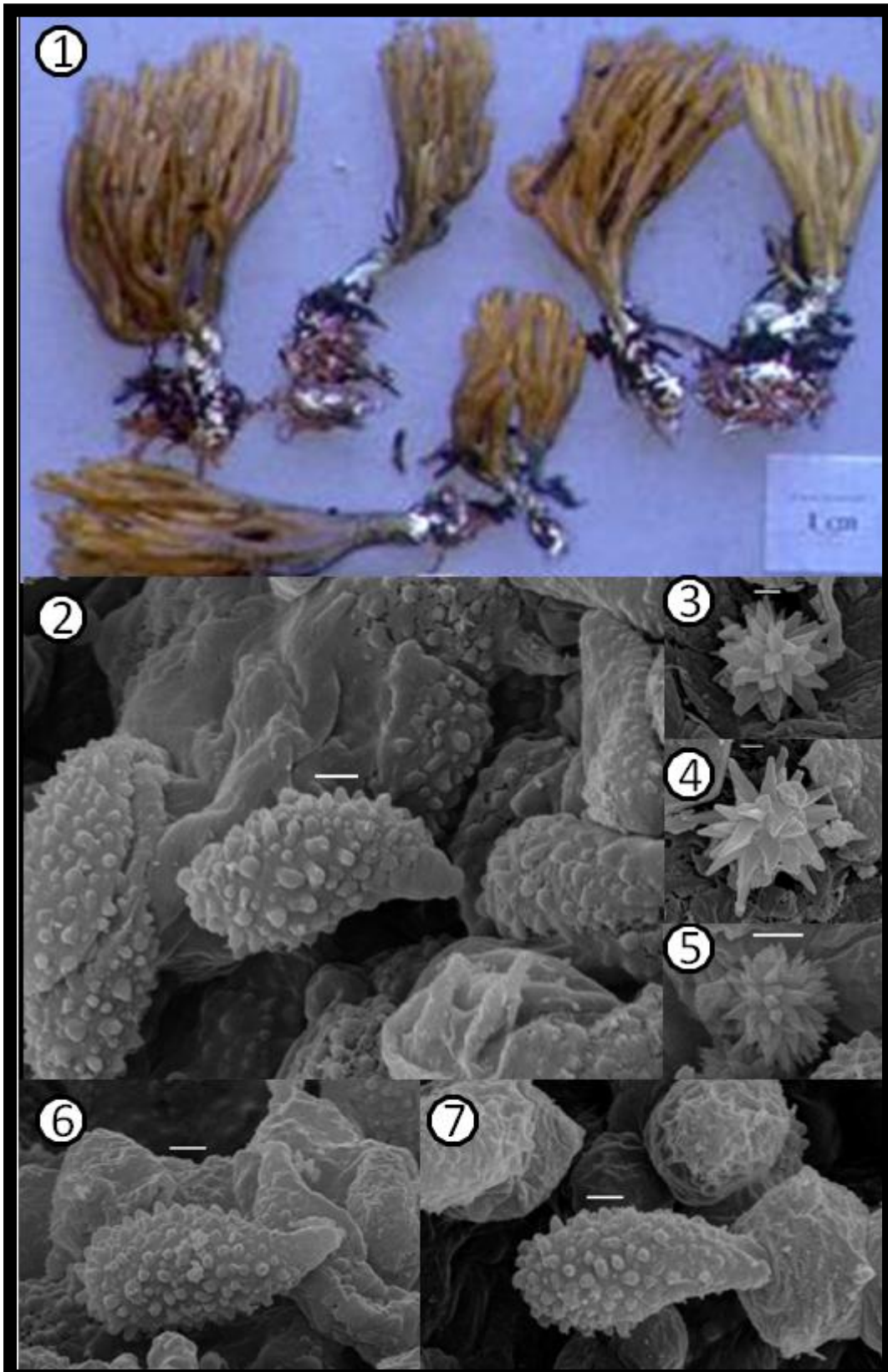
octubre de 1982, Valenzuela R. 827; Municipio de Omitlán de Juárez, a 5 km. de Omitlán de Juárez, rumbo a Pachuca, 4 de septiembre de 1980, Cifuentes 895 (TLXM). MICHOACÁN, Municipio de Angangueo, Llano de las Papas, Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca, 11 de septiembre de 1998, Pérez-Corona y Villarruel-Ordaz 644 (FCME 15089). TLAXCALA, Municipio de Terrenata, Barranca Aguas Escondidas, junto a Villarruel, 6 de octubre de 1983, Estrada-Torres 2884 (TLXM); Municipio de Tlaxco, El Rodeo Cerro el Peñón, 26 de agosto de 1992, Estrada-Torres 3389 (TLMX).

Comentario: las características macro y microscópicas del material aquí revisado concuerdan bien con las descripciones de *Ramaria abietina*, presentadas por Petersen (1981) Estrada-Torres (1994), Franchi y Marchetti (2001) y Christan (2008), y el material de referencia de herbario (TENN 33323) y (TENN 36222), con el cual fue comparado. La longitud del basidioma es bastante variable, ya que Petersen (1981) la menciona de hasta 75 mm; no obstante, en este trabajo se estudiaron ejemplares de hasta 85 mm y Estrada-Torres (1994) registró ejemplares de hasta 105 mm.

Una de las características que distingue a *Ramaria abietina* es el evidente cambio de basidioma a verde oscuro y la presencia de abundante micelio blanco en la base, sin embargo existen especies que comparten esta característica como son *R. glauco-aromatico*, *R. ochrochlora*, *R. echinovirens* y *R. mutabilis*. *R. abietina* se distingue de estas especies por ser la única de ellas que presenta una coloración homogénea en todo el basidioma, además de presentar un tamaño de esporas no mayor a 11 μm en longitud x 5.6 μm en ancho.

Christan (2008), diferenció a la var. *valida* dentro de *R. abietina* caracterizada por una coloración más oscura en el basidioma (café-ocre u olivo) y un intervalo menor en el tamaño de esporas (4.8-8 (-8.5) x 2.8- 4.3 (-4.7) μm) respecto a la variedad típica de esta especie. Las diferencias de la var. *valida* no es clara en cuanto a la coloración, sobrelapándose además el rango de las esporas motivo por el cual no fue diferenciada en este trabajo.

Esta es una de las especies del subgénero *Echinoramaria* que presenta la distribución más amplia hasta ahora conocida, en comparación de las del resto del grupo. Se ha ubicado en los bosques de coníferas del hemisferio norte principalmente en Europa y Estados Unidos. En México es una especie frecuente en los bosques de coníferas, que se desarrollan a altitudes de hasta 2400 m.s.n.m. Previamente había sido citada para los estados de Hidalgo, Estado de México y Tlaxcala (Estrada-Torres 1994) y en este trabajo se amplía su distribución a Chihuahua y Michoacán. Una característica importante en los ejemplares mexicanos fue que una colecta ubicada hacia el norte del país, presentan una coloración más clara en comparación a los del resto del territorio mexicano, característica evidente incluso en el material deshidratado, no obstante sus características microscópicas son iguales.



Figuras. 1-7. *Ramaria abietina*, (Pérez-Corona y Villarruel-Ordaz 644). 1. Basidiomas. 3-5. Imágenes al microscopio electrónico de cristales presentes entre las hifas del asidioma. 2. 6-7. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. Barra 2-7 = 1 μ m.

Ramaria argentea R. H. Petersen, Bibliothca Mycol. 79: 111 (1981).

Figs. 8-11.

Basidiomas arborescentes, ocasionalmente fasciculados de 14-80 x 9-30 mm, con hasta cuatro niveles de ramificación que disminuyen gradualmente, dicotómicas, más o menos laxas. Ramas primarias cilíndricas a aplanadas de hasta 5 mm en diámetro, de color amarillento claro a café muy pálido (10YR7/4). Ramas secundarias generalmente cilíndricas de color amarillento claro. Axilas redondeadas. Ápices no \geq a 1 mm de longitud muy finos, agudos a subagudos, de color amarillo (10YR8/6), con cambio a color café amarillo oscuro (10YR4/6) o café grisáceo al maltrato. Estipite poco evidente de 3-10 x 2-10 mm, cilíndrico, superficie lisa a finamente tomentosa, blanquecina a café muy pálido (10YR7/4); al maltrato y/o secado cambia a café amarillento (10YR 4/4). Micelio basal abundante con cordones miceliares de hasta 1 mm de diámetro. Contexto del estípote de color blanquecino y en las ramas café amarillento pálido (10YR 6/4). Consistencia subcorreosa. Sabor amargo, olor inapreciable.

Himenio anfígeno. Basidios de 32.2-49 x 4.9-7 μm , subclavados, hialinos, multigutulados, tetraspóricos, con esterigmas rectos a ligeramente curvados en la punta, de 3.5-7 x 1.4-2.1 μm de ancho en la base. Esporas de 4.9-8.4 x 2.8-4.2 (-4.9) μm (\underline{E} = 1.5-2.5 μm , \underline{E}^m = 2 μm , \underline{L}^m = 6.7 μm y \underline{A}^m = 3.2 μm), de color amarillo-café en KOH, subelípticas, con una ornamentación cianófila que vista al MEB es en forma de verrugas redondeadas, distribuidas homogéneamente, pero en

diferente grado de desarrollo y alcanzando una longitud no mayor a 0.5 μm . Apéndice hilar sublateral, acuminado, de 0.4 a 0.8 μm de longitud.

Subhimenio monomítico; hifas entremezcladas, de 1.4-5.6 μm de diámetro, hialinas de pared delgada. Contexto con dos diferentes tipos de hifas: A) generativas en disposición paralela, hialinas, de 2.1-9.8 μm en diámetro, fíbulas simples frecuentes y escasas, ampuliformes, de hasta 12.6 μm en diámetro, y B) gleopleróticas escasas, inmersas entre las hifas generativas, de 1.4-2.8 μm . Micelio basal monomítico, con hifas hialinas, pared delgada, de 1.4-2.1 μm de diámetro, con fíbulas simples frecuentes y abundantes, ampuliformes de hasta 11.2 μm de diámetro, diminutos cristales de formas irregulares distribuidos indistintamente en la superficie de las hifas.

Hábito y hábitat: subgregario, húmico, desarrollándose en bosque de galería con *Alnus*, *Buddleja*, *Shinus*, *Salix*, *Juniperus* y *Quercus*, Bosque de *Abies*, *Pinus* y *Quercus* y mesófilo de montaña a una altitud de hasta 2700 m snm.

Material examinado: TLAXCALA, Municipio de Amaxac de Guerrero, Cascadas de Atlihuahuetzia, 16 de agosto de 1989, Estrada-Torres 2680 (TLMX); Municipio de Tlaxco, Km. 4.5 El Rosario-El Rodeo, Cerro al Peñón, 31 de agosto de 1994, Estrada-Torres 3592 (TLMX). JALISCO, Municipio de Cuautitlán de García Barragán, Sendero Río Quinto, Reserva de la Biósfera, Sierra de Manantlán, 9 de agosto de 1996, Rubio S. (IBUG).

Comentario: El manchado café amarillento y color pálido de los basidiomas aunado a un tamaño pequeño de esporas, propician la diferenciación de esta especie. No obstante, ni Petersen (1981) ni Exerter *et al.* (2006) mencionan la

presencia de hifas gloeopleróticas en el contexto de los basidiomas característica que fue observada en los ejemplares mexicanos aunque de forma escasa. La forma, tamaño y color de los ápices del basidioma, la hacen similar a *Ramaria abietina*, *R. curta* y *R. eumorpha*; de la primera se diferencia por el carácter virescente, la segunda tiene esporas más pequeñas (3.7-6.4 (-6.7) x (2-) 2.2-3.7 µm) a las de *R. argentea* y de *R. eumorpha* por la presencia de micelio de color blanco y amarillo. (Exerter *et al.* 2006; Franchi y Marchetti 2001).

Es una especie conocida de las zonas templadas de América del norte, particularmente en los estados de Arizona, Nevada y Texas. En México se ha ubicado en bosques mesófilos de montaña y de coníferas a altitudes de hasta 2700 m snm. Este es el primer registro de *Ramaria argentea* para el país en los estados de Jalisco y Tlaxcala.

Ramaria campoi (Speg.) R. H. Petersen, *Bibliotheca Mycol.* 79: 119 (1981).
≡ *Clavaria campoi* Speg. *Fungi Fuegiani* 25: 28 (1921).

Figs.12-15.

Basidiomas de 40-53 x 15-33 mm, con hasta siete niveles de ramificaciones, disminuyendo abruptamente; ramificaciones de dicotómicas a policotómicas, con una disposición laxa. Ramas cilíndricas o ligeramente aplanadas, las primarias de 2-3 mm de diámetro, de color anaranjado pálido [5A3], las secundarias de color amarillo café [5A3; 2.5Y7/6], presentando algunos tonos anaranjado-café [10Y7/6-

8]; axilas redondeadas; ápices cortos, cuspidados o agudos de color amarillo brillante [2.5Y7-8/6] o concoloros con las ramas secundarias. Estípite bien diferenciado, desapareciendo dentro del sustrato, de 15 x 4 mm, cilíndrico, blanquecino en la base, recubierto de micelio algodonoso, blanco, con cordones miceliares. Basidioma manchándose de color café rojizo oscuro [5YR3/2] en su superficie al maltrato. Contexto blanquecino. Con FeSO_4 , cambia de inmediato a verde oscuro todo el himenio.

Himenio anfígeno, estéril en las axilas y en los ápices. Basidios de 20.8-31.2 x 3.6-5.2 μm , clavados a subclavados, hialinos, multigutulados, de bispóricos a predominantemente tetraspóricos, con esterigmas delgados, rectos, de 3.1-4.2 x 1-1.6 μm de ancho en la base. Esporas de (5.7-) 6.2-7.3 (-7.8) x 3.1-4.2 μm ($\underline{E}^m=2.1$ μm , $E=1.75-2.33$ μm , $\underline{L}^m=6.9$ μm y $\underline{A}^m=3.3$ μm) de color amarillo-café en KOH, sublacriformes, de pared delgada, vistas al MEB con ornamentación es distribuidas homogéneamente, cianófilas en forma de espinas truncadas de hasta 0.5 μm de longitud, las de mayor tamaño y de verrugas redondeadas las de menor tamaño, ocasionalmente unidas en la base; apéndice hilar sublateral, acuminado, de 1.4-2.1 μm de longitud.

Subhimenio conformado por un sistema hifal monomítico, con hifas generativas, entremezcladas, hialinas, con pared delgada, de 2-4.7 μm de diámetro. Contexto con hifas generativas, en disposición paralela, hialinas, con pared delgada, de 1.6-11.2 μm de diámetro, escasas conexiones en "H". Micelio basal con hifas generativas, hialinas, con pared delgada, de 1.4-2.8 μm de diámetro, cristales pequeños, esteliformes, alrededor de las hifas, fibulas simples y

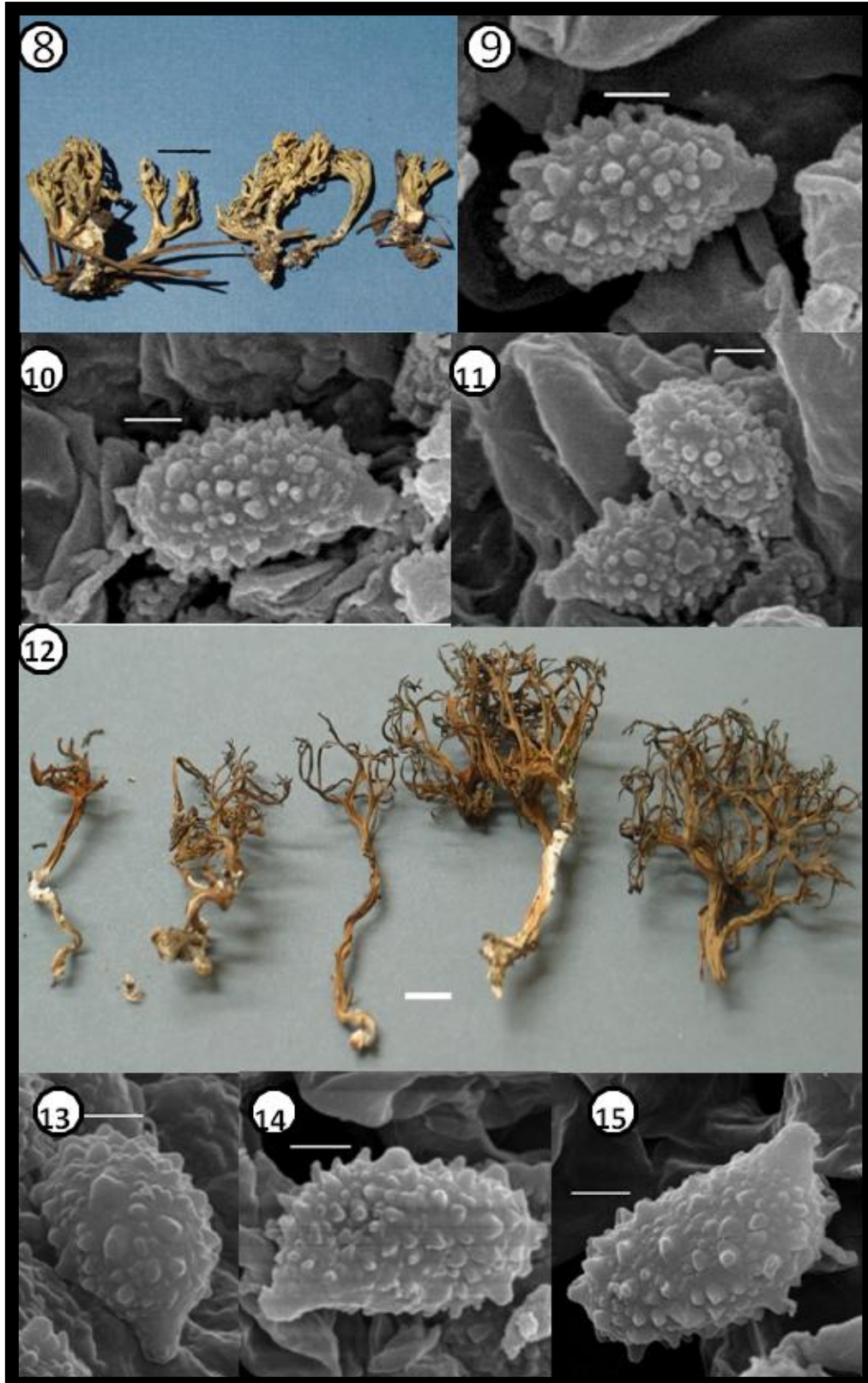
escasas, ampuliformes de 7.8-12.6 μm de diámetro y conexiones ocasionales en “H”.

Hábito y hábitat: subgregario, húmicola, desarrollándose en bosque de *Juniperus*, a una altitud de 2200 m.s.n.m.

Material estudiado: TLAXCALA, Municipio de Ixtacuixtla, km. 105 de la carretera San Martín Texmelucan-Tlaxcala, 3 de agosto de 1995, E. Altamirano 575 (TLXM).

Comentario: Este es el primer registro de *Ramaria campoi* para México; esta especie se había localizado principalmente en América del Sur (Argentina y Brasil). Singer (in Petersen 1981) la consideró asociada a *Nothofagus*, especie localizada sólo en el hemisferio sur, sin embargo, Petersen (1981) mencionó que son necesarios más estudios para confirmar lo anterior. Los ejemplares mexicanos fueron colectados en un bosque de *Juniperus*.

Es una especie de talla relativamente pequeña con tonos anaranjados a café y un estípote brunnescente al maltrato. Aunque su coloración es similar a *R. abietina* y *R. myceliosa*, difiere en los cambios de color del basidioma y microscópicamente presenta esporas de tamaño intermedio a diferencia de las otra especies.



Figuras. 8-11, *Ramaria argentea*, (Estrada-Torres 3592). 8. Basidiomas. 9-11. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 12-15. *R. campoi*, (Altamirano 575). 12. Basidiomas. 13-15. Imágenes al microscopio electrónico de las esporas. Barra 9-11, 13-15 = 1 μ m, 8 y 12 = 1 cm.

Ramaria aff. decurrens (Pers.) R. H. Petersen, *Bibliotheca Mycol.* 79: 124 (1981).

≡ *Clavaria decurrens* Pers., *Mycol. eur.* (Erlanga) 1:164 (1822).

Figs.16-21.

Basidiomas de 30-35 x 11-20 mm en material deshidratado; con hasta cuatro niveles de ramificación disminuyendo gradualmente; ramificaciones dicotómicas, con disposición más o menos laxa; axilas agudas. Ramas cilíndricas de hasta 2 mm de diámetro en material deshidratado, color blanco amarillento [4A2]; ápices de agudos a subagudos, de color ámbar [6D8]; las ramificaciones se manchan lentamente de color café amarillento [5D8] al maltrato y/o secado; en material deshidratado se observan tonos oliváceos en el basidioma. Estípite bien diferenciado, disminuyendo gradualmente hacia la base, radicante, de 2-4 x 14-16 mm en material deshidratado, liso, blanquecino a blanco-anaranjado [5A2], al maltrato cambia a color canela [6D6], con micelio de color blanco distribuido homogéneamente en su superficie de la base del estípite.

Himenio claramente unilateral, hacia la base y parte media y anfígeno en las ramas terminales. Basidios de 26-35 x 5.6-7 μm , subclavados, hialinos, multigutulados, tetraspóricos, con esterigmas rectos y sólo ligeramente curvados en la punta de 4.2-5.6 μm x 1.4-2.1 μm de ancho en la base. Esporas de 6.3-8.4 x 2.8-3.5 μm ($E = 2-2.7 \mu\text{m}$, $\underline{E}^m = 2.3 \mu\text{m}$, $\underline{L}^m = 7.1 \mu\text{m}$ y $\underline{A}^m = 3 \mu\text{m}$), de color amarillo-café en KOH, sublacriformes, de pared delgada y cianófilas. Vistas al MEB, se observan con ornamentación en forma de espinas truncadas de hasta 0.6 μm de

longitud a verrugas redondeadas (inmaduras), distribuidas homogéneamente, ocasionalmente unidas entre sí; apéndice hilar sublateral, acuminado, de hasta 0.75 μm de longitud.

Subhimenio monomítico; hifas entremezcladas, de 1.4-3.5 μm de diámetro, hialinas de pared delgada. Contexto con hifas generativas en disposición paralela, hialina, de 2.1-7 μm de diámetro. Micelio con hifas de pared delgada, ocasionalmente ligeramente engrosadas, de 1.4-2.8 μm de diámetro, hialinas, con fíbulas simples escasas y abundantes, ampuliformes, de hasta 9.8 μm en diámetro, presenta pequeños cristales de formas irregulares entre las hifas.

Hábito y hábitat: subgregario, terrícola, desarrollándose en bosque mesófilo de montaña a una altitud de hasta 1300 m snm.

Especímenes examinados: HIDALGO, Municipio de Molango, Laguna Atezca, 31 de agosto de 2008, Kong-Luz 5188 (TLMX).

Comentario: esta especie se caracteriza macroscópicamente por su forma arbuscular con ramificaciones laxas de color amarillento en las ramas y ápices de color ámbar, brunnescente; en seco el basidioma se observa en tonos oliváceos. El himenio es unilateral en la base y anfígeno en los ápices, aspectos que concuerdan bien con las descripciones mostradas por Petersen (1981). Sin embargo, el tamaño de las esporas difiere tanto en los ejemplares aquí revisados como los considerados por otros autores (ver Tabla 1), motivo por el cual se decidió dejar la determinación como aff. en tanto es posible revisar el ejemplar tipo o material de referencia.

Tabla 1. Tamaño de esporas de *Ramaria decurrens* proporcionado por diferentes autores.

Observadas en este trabajo	Petersen (1981)	Christan (2008)	Franchi y Marchetti (2001)
6.3-8.4 x 2.8-3.5 μm	5.2-6.7 x 3-4 μm	4.5-7.1 x 2.7-4 μm	(4)-4.6-7.2-(8) x (2.4)-2.6-4.4 μm

Un aspecto relevante de esta especie es el haber logrado distinguir las hifas del contexto con un diámetro ligeramente más pequeño (2.1-7 μm de diámetro), en comparación a las demás especies descritas que se han encontrado en México para las zonas templadas del subgénero *Echinoramaria*.

Petersen (1981) describió una variedad dentro de esta especie a la cual nombró, *Ramaria decurrens* var. *australis*, diferencián la de *R. decurrens* por el tamaño de las esporas, más grandes en la variedad (5.9-7.8 X 3.0-3.7 μm) y por la coloración del basidioma en seco.

R. decurrens previamente ha sido localizado en zonas templadas al norte de Europa, debajo de *Quercus*, *Fagus* y *Acer* (Petersen 1981).

Ramaria eumorpha (P. Karst.) Corner, Monograph of *Clavaria* and allied Genera (Annals of Botany Memoirs No. 1): 575 (1950).

≡ *Clavariella subspinulosa* subsp. *eumorpha* Karsten. Symb Myc. Fenn. 9:55. (1882).

≡ *Clavariella eumorpha* P. Karst., Symb. mycol. fenn. 9: 55 (1883).

≡ *Clavaria spinulosa* subsp. *eumorpha* (Kast.) Sacc. Syll. Fung. 6: 701. (1888).

= *Clavaria invalii* Cotton & Wakef. Trans. Br. mycol. Soc. 6: 176. (1919).

= *Clavaria flaccida* subsp. *invalii* (Cotton. & Wakef.) Konrad & Maublanc. Icon. Sel. 5: 488 (1928).

= *Clavaria flaccida* var. *invalii* (Cotton. & Wakef.) Favre. Mater. Fl. Crypt. Suisse 10: 32. (1948).

= *Ramaria invalii* (Cotton & Wakef.) Donk, Meddn Bot. Mus. Herb Rijhs Universit. Utrecht. 9: 113. (1933).

Figs. 22-26.

Basidioma de 65-95 x 35-65 mm; con hasta seis niveles de ramificaciones en un patrón que disminuye abruptamente, dicotómicas, con disposición paralela más o menos laxas. Ramas cilíndricas, ligeramente aplanadas, las primarias de hasta 10 mm de diámetro de color amarillo-café [10YR8/8], al tacto cambian a café [7.5YR4/4], ramas secundarias de hasta 6 mm de diámetro, carnosas, frágiles, de color café-amarillento a amarillo-café [10YR6/6 a 10YR8/8]; axilas agudas. Ápices subagudos, hasta 4 mm de diámetro, concoloros con las ramas secundarias. Estípite bien diferenciado, inmerso en el sustrato, de 16-25 x 8-15 mm, atenuándose hacia la base, sinuoso, blanquecino, en la base recubierto de micelio algodonoso de color blanco y amarillento; cordones miceliares delgados. Contexto de color café olivo claro [2.5Y5/4], correoso, higrófono. Olor fuerte agradable y sabor ligeramente amargo. Con FeSO_4 , se torna de color verde grisáceo en la superficie de las ramas y estípite.

Himenio anfígeno aunque estéril en un área limitada en las axilas. Basidios de 29.4-52 x 5.2-9.8 μm , clavados o subclavados, hialinos, multigutulados, con (2) 4 esterigmas, rectos de 4.2-7 x 1.4-2 .8 μm . Esporas de (7-) 7.3–10.4 x 3.1-4.2 μm ($\underline{E}^m = 2.3 \mu\text{m}$, $E = 1.8-3.5 \mu\text{m}$, $\underline{L}^m = 8.8 \mu\text{m}$ y $\underline{A}^m = 3.8 \mu\text{m}$) de color amarillo-café en KOH, sublacriformes, cianófilas, con pared delgada. Vistas al MEB con una ornamentación en forma de espinas truncadas distribuidas homogéneamente, las cuales miden hasta 1.25 μm de longitud ubicándose las de menor tamaño cerca de apéndice hilar y las de mayor longitud hacia el ápice; apéndice hilar sublateral, confluyente, sin ornamentación, de 1.4-2.1 μm de longitud.

Subhimenio conformado de hifas generativas, entremezcladas, hialinas, con pared delgada, de 1.4-4.2 μm de diámetro. Contexto con hifas generativas, en

disposición más o menos paralela, hialinas, con pared delgada, de 1.4-11.2 μm de diámetro, con fíbulas simples y ampuliformes de hasta 13.5 μm de diámetro, con pocas conexiones en "H" y escasas hifas gleopleróticas de 1.4-2.8 μm de diámetro. Micelio basal con hifas generativas, hialinas, con pared delgada, de 1-2 μm de diámetro, fíbulas simples escasas y abundantes, ampuliformes, de 5.2-6.8 μm de diámetro y ocasionales conexiones en "H". Cristales pequeños entre las hifas de formas irregulares.

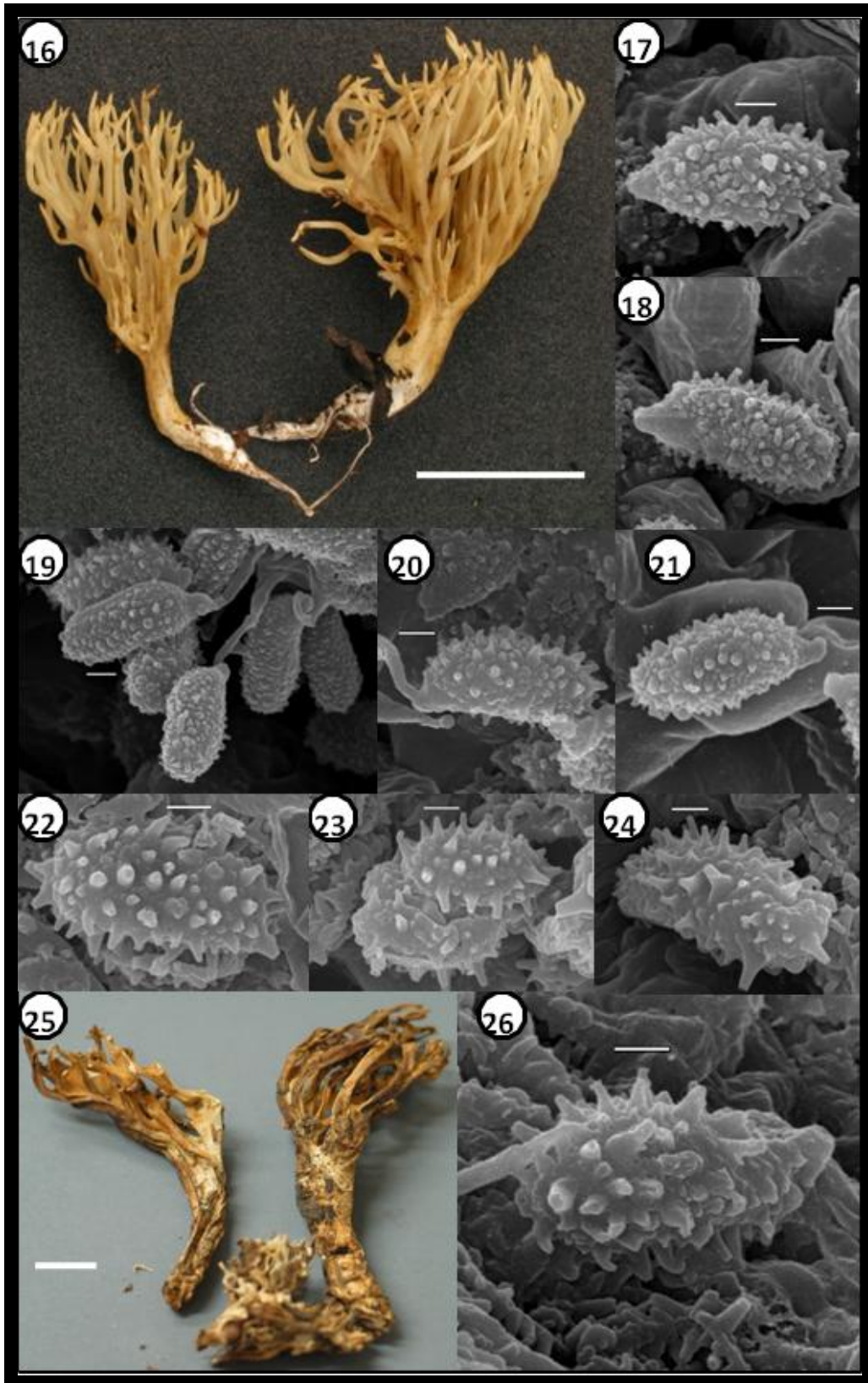
Hábito y hábitat: subgregario, húmico, desarrollándose en bosque mixto de *Abies*, *Pinus* y *Quercus*, a una altitud de 2700 m snm.

Material estudiado: TLAXCALA, Municipio de Tlaxco, El Rodeo, Cerro El Peñón, 24 de julio de 1991 Estrada-Torres 3232, 7 de septiembre de 1991 Estrada-Torres 3279 (TLXM).

Comentario: La descripción de Petersen (1981) y Christan (2008) de *Ramaria eumorpha* concuerda con las características tanto macroscópicas como microscópicas de los ejemplares estudiados en el presente trabajo. Macroscópicamente se asemeja a las especies que comprenden la sección *Dendrocladium*, sobre todo por la robustez del basidioma y disposición de las ramificaciones; sin embargo, las microscópicas así como el hábitat es más parecido a las de la sección *Flaccidae*, pero la ornamentación de sus esporas es mas pronunciada en forma de espinas truncadas. Esta especie es de las pocas de la sección *Flaccidae* con basidiomas robustos.

Ramaria eumorpha es de las especies del subgénero *Echinoramaria* con una distribución mejor conocida, en comparación de las demás del grupo. Habita en zonas templadas, se ha reportado previamente en bosque de *Pinus*, *Picea* y

Abies de América del norte y Europa (Petersen 1981; Franchi y Marchetti 2001; Exeter *et al.* 2003; Exeter *et al.* 2006; Christan 2008). Éste es el primer registro de *R. eumorpha* para México, encontrándose en el estado de Tlaxcala, en bosque mixto de *Abies*, *Pinus* y *Quercus*. Petersen (1981) menciona que probablemente *R. eumorpha* esté más estrechamente relacionada en su distribución con los bosques de *Picea* y *Abies*, que sólo con la vegetación de zonas templadas.



Figuras, 16-18. *Ramaria decurrens*, (Kong-Luz 5188). 16. Basidioma. 17-18. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 22-24. *R. eumorpha*, (Estrada-Torres 3232). 26. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 25. Basidiomas. Barra 17-21-24-26 = 1 μ m, 16 y 25 = 1 cm.

Ramaria liliputensis Estrada-Torres A., González P. & Villegas M.

Figs. 27-30.

Holotipo: TLAXCALA, Municipio de Tlaxco, El Rodeo Cerro el Peñón, 4 de septiembre de 1991, Estrada-Torres 3266 (TLMX)

Etimología: en relación a la nación isleña de la novela de Jonathan Swift, por su tamaño pequeño.

Basidiomas arbusculares de 4-30 x 3-14 mm; con hasta seis niveles de ramificación, disminuyendo gradualmente, de dicotómicas a policotómicas, con disposición más o menos paralela, axilas redondeadas. Ramas primarias cilíndricas a aplanadas de 1-3 x 1.5-3 mm de diámetro de color amarillo [2.5Y7.5/6, 2.5Y8/6] a olivo [5Y5/3]; ramas secundarias cilíndricas, a veces muy cortas de hasta 1.5 x 6 mm de diámetro de color amarillo [2.5 Y7.5/6, 2.5Y8/6], a olivo [5Y5/3]; ramas terminales de cilíndricas a aplanadas de color amarillo claro [2.5Y8/6], a café olivo claro [2.5Y5.5/4]; ápices agudos, dicotómicos a policotómicos, de color más claro que el amarillo oliváceo [2.5Y8/6] a amarillo oliváceo claro o anaranjado grisáceo [5A-B5] y amarillo olivo [2D6], en ejemplares jóvenes; superficie brunnescente al maltrato. Estípites muy cortos casi ausentes, de 1-3 x 1-2 mm, cilíndricos, blanquecinos, amarillos [2.5 Y8/6] a anaranjado grisáceo [5B5], tornándose olivos [5Y.5/4], con un tomento blanco, en la base y cordones miceliares de 1 mm de diámetro, blanquecinos. Contexto carnosofibroso, blanquecino a ligeramente café hacia la base al contacto con el aire. Olor

inapreciable o aromático agradable, sabor inapreciable a ligeramente amargo. Con FeSO_4 el himenio vira de inmediato a color verde oscuro.

Himenio anfígeno estéril en las axilas. Basidios de $23.8\text{-}50.4 \times 4.2\text{-}5.6 \mu\text{m}$, subclavados, hialinos, multigutulados, tetraspóricos, con esterigmas rectos y sólo ligeramente curvados en la punta, de $4.2\text{-}5.6 \times 1.4\text{-}2.1 \mu\text{m}$. Esporas de $4.2\text{-}6.3$ (-7) $\times 2.8\text{-}3.5$ (-4.2) μm ($E= 1.2\text{-}2 \mu\text{m}$, $\underline{E}^m= 1.6 \mu\text{m}$, $\underline{L}^m= 5.2 \mu\text{m}$ y $\underline{A}^m= 3.2 \mu\text{m}$), de color amarillo-café en KOH, subelípticas, con pared delgada y ornamentación cianófila. Vistas al MEB, presentan una ornamentación en forma de verrugas redondeadas, distribuidas homogéneamente en la esporas; las de mayor tamaño (hasta $0.5 \mu\text{m}$ de longitud) se encuentran hacia el ápice y las más pequeñas hacia el apéndice; apéndice hilar confluyente de hasta $0.7 \mu\text{m}$ de longitud.

Subhimenio monomítico; hifas entremezcladas, de $1.4\text{-}5.6 \mu\text{m}$ de diámetro, hialinas de pared delgada. Contexto con hifas generativas en disposición paralela, hialinas, pared delgada, de $2.1\text{-}12.6 \mu\text{m}$ de diámetro, con pequeños cristales de forma irregular en su superficie, conexiones en "H" poco frecuentes.

Hábito y hábitat: subgregario a gregario, húmico, desarrollándose en bosque de *Abies*, *Pinus*, *Quercus* y *Pinus-Quercus* a una altitud de 2700 m snm.

Material examinado: TLAXCALA, Municipio de Tlaxco, El Rodeo Cerro el Peñón, 7 de septiembre de 1991, Estrada-Torres 3281, 12 de noviembre de 1993, Estrada-Torres 3563, 15 de septiembre de 1993, Estrada-Torres 3533. 26 de septiembre de 1992, Estrada-Torres 3456, 9 de agosto de 1991, Hernández-Cuevas 2009; Cañada del Río Zahuapan, Km Tlaxco-Inicio del Río Zahuapan Estrada-Torres 3862, 6 de agosto de 1996 (TLMX).

Comentario: las características sobresalientes que permiten diferenciar a esta especie se encuentra sobre todo en el tamaño relativamente pequeño del basidioma, siendo este de los menores hasta ahora reportados entre las especies del subgénero *Echinoramaria*. Microscópicamente llama la atención el tamaño reducido de sus esporas y la escasa diferenciación del apéndice hilar debido a que prácticamente toda la superficie está cubierta por ornamentaciones en forma de verrugas redondeadas.

Algunas de las especies que presentan un tamaño de basidioma pequeño (alrededor de 30 mm) son: *Ramaria incongrua*, *R. myceliosa* y *R. roellini*. La diferencias encontradas de *R. liliputensis* con respecto a la primera, es que habita en zonas tropicales, su coloración es ocrácea a crema oliváceo, y el tamaño de las esporas es de 5.2-8 x 3-4 μm ; por su parte *R. myceliosa* aunque también habita en zonas templadas, presenta un abundante micelio en la base del estípite y tiene un tamaño de esporas mayor (4.2-7 (-7.7) x 2.1-3.5) μm ., mientras que *R. roellini* también se asemeja en la coloración amarillenta, la superficie es brunnescente, pero el tamaño de las esporas es diferente, de 6.3-8.4 (9.1) x 2.8-4.2 μm .

Ha sido localizada en zonas templadas de México, en el estado de Tlaxcala en bosque de *Abies*, *Pinus-Abies*, *Pinus* y *Quercus* a una altitud de 2700 m.s.n.m.

Ramaria myceliosa (Peck) Corner. Monograph of *Clavaria* and allied Genera (Annals of Botany Memoirs No. 1): 607 (1950).
≡ *Clavaria myceliosa* Peck, Bull. Torrey bot. Club 31: 182 (1904).

Figs. 31-35.

Basidiomas de 30-90 x 10-60 mm; presenta hasta ocho niveles de ramificaciones, disminuyendo abrupta a gradualmente, de dicotómicas a policotómicas, con una disposición paralela. Ramas primarias cilíndricas e irregulares, frecuentemente fusionadas o cubiertas por tomento de 2-8 x 2-6 mm, de color amarillo, amarillo ocre [10YR7/6], en algunas ocasiones con tintes oliváceos, cambiando a café [7.5YR5/4] al maltrato y/o secado. Ramas secundarias cilíndricas o ligeramente aplanadas de 6-10 x 2-5 mm de color amarillo ocre [10YR7/6], amarillo-oliváceo, café tostado, cambia a café oscuro [7.5YR4/4] con la edad o al maltrato; con axilas en forma redondeada y predominantemente agudas de color café amarillento [10YR6/8]; ápices de 2-5 x 1-3 mm, bifurcados, agudos de color amarillo claro [2.5Y7/8] a amarillo grisáceo, y/o concoloro con el resto del basidioma. Estípite bien diferenciado, aunque en algunos casos es casi ausente, el cual está inmerso en el sustrato, de 3-14 x 1-12 mm, con una forma irregular, atenuándose hacia la base o cilíndrico, ligeramente sinuoso, de color amarillo café, café amarillento claro [10YR6/4], café pálido [10YR8/4], café tostado, cambiando a café oscuro [7.5YR4/6] con la edad o al maltrato, con la base recubierta con abundante micelio felposo, blanco y con cordones miceliares, finos. Contexto correoso, higrófono, de color café amarillento [10YR]. Sabor ligeramente amargo, olor inapreciable. Con FeSO_4 , la superficie de las ramas se tornan verdosos [30F2].

Himenio frecuentemente anfígeno o en algunos casos unilateral. Basidios de 20.8-49 x 3.1-7 μm , clavados o subclavados, hialinos, multigutulados, de bispóricos a tetraspóricos, con esterigmas delgados, rectos, de 2.1-7.3 x 1.4-2.8 μm de ancho en la base. Esporas de (3.5-) 4.2-7 (-7.7) x 2.1-3.5 (-4.2) μm ($\underline{E}^m = 1.8$ μm , $E = 1.2-3.0$ μm , $\underline{L}^m = 5.6$ μm y $\underline{A}^m = 2.8$ μm), con un color amarillo-café en

KOH, elipsoides o ligeramente subcilíndricas, de pared delgada y ornamentación cianófila. Vistas al MEB, con ornamentación en forma de verrugas redondeadas, las de menor tamaño son espinas con ápices redondeados de hasta 0.4 μm de longitud, las de mayor tamaño distribuidas homogéneamente, las cuales no maduran sincrónicamente; apéndice hilar acuminado de hasta 0.5 μm de longitud.

Subhimenio conformado por un sistema hifal monomítico, hifas con un arreglo en paralelo, hialinas, con pared delgada, de 1.4-4.9 μm de diámetro. Contexto con hifas generativas, entremezcladas, hialinas, con pared delgada, de 1.4-9.8 μm de diámetro, fíbulas simples frecuentes y ocasionalmente ampuliformes de hasta 16.6 μm ; conexiones en "H" escasas. Micelio basal con hifas generativas, hialinas, con pared delgada, de 1.4-4.9 μm de diámetro, con fíbulas simples y abundantes ampuliformes de hasta 12.6 μm de diámetro y algunas conexiones en "H" y escasas hifas gleopleróticas de 1.4-2.8 μm de diámetro, pequeños cristales esteliformes alrededor de las hifas.

Hábito y hábitat: Gregario, húmico, desarrollándose en bosques de *Pinus-Quercus*, *Abies*, *Abies-Pinus*, *Quercus*, *Juniperus*, *Pinus* o *Pinus-Abies*, a una altitud de hasta 3200 m snm.

Material estudiado: COAHUILA, Municipio de Arteaga, Rancho Los Omegales, 18 de septiembre de 1987, Estrada-Torres 1985 (TLXM). DISTRITO FEDERAL, Delegación Xochimilco, Desierto de los Leones, 24 de agosto de 1970, B. Aguilar 8390 (TLXM); Delegación Milpa Alta, a 2 km al noroeste del volcán Ocosucayo, 19 de septiembre de 2008, González-Ávila 102, 103, 104 (FCME). ESTADO DE MÉXICO, Municipio de Jilotzingo, desviación Tlazala km 13, julio de

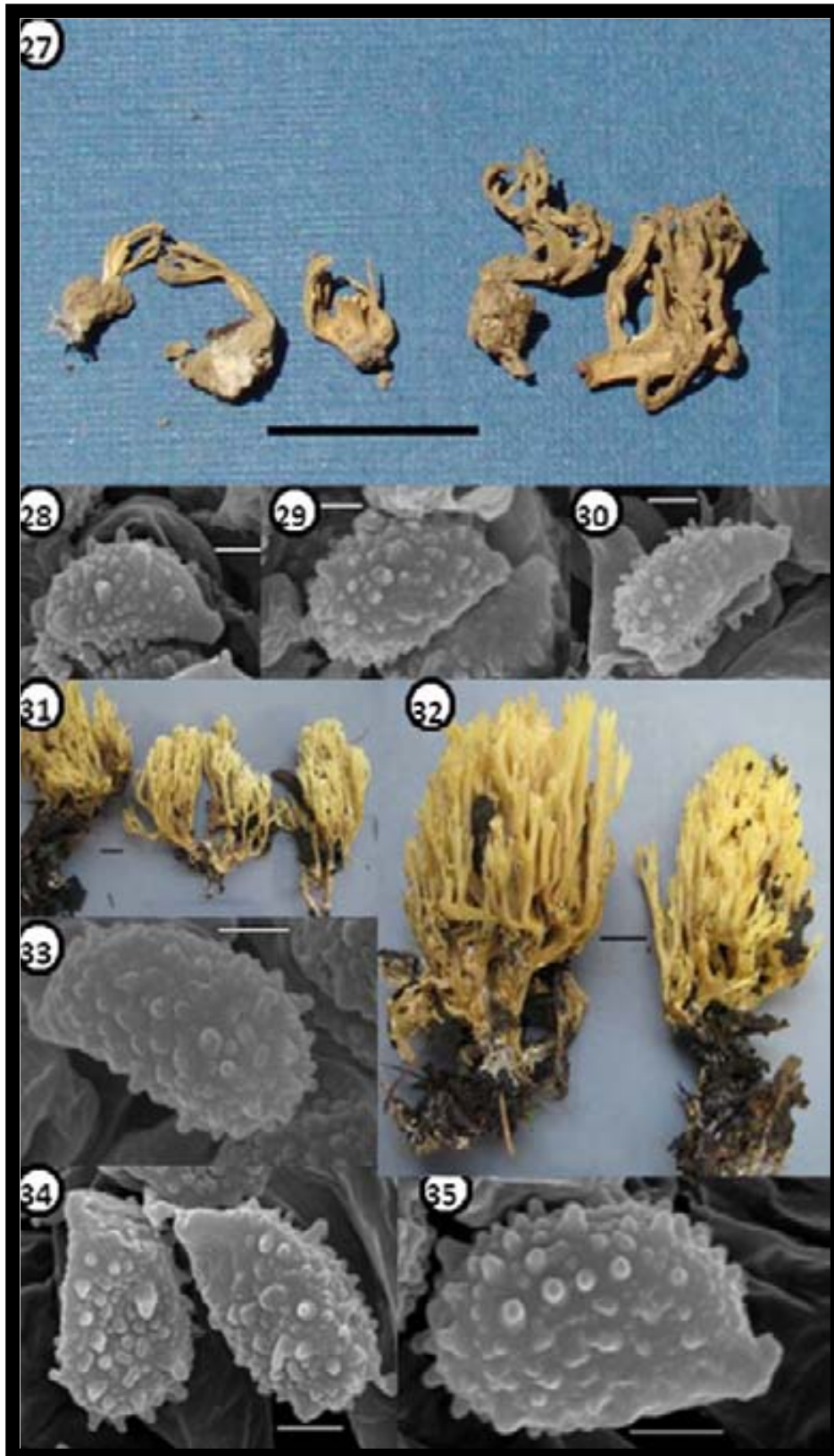
1984, Pérez-Silva 28 (MEXU 17990); Municipio de Ocuilan, alrededores de la Laguna de Quila, Parque Nacional Laguna de Zempoala, 17 de agosto de 1985, Estrada-Torres 1422 (TLXM). HIDALGO, Municipio Llano Grande, Parque Nacional San Miguel el Cerezo, 18 de septiembre de 1983, E. Fanti 394 (IBUG); Municipio de Tiangistengo, a 12 km de Tiangistengo, 27 de julio del 2007 González-Ávila 51 (FCME). JALISCO, Municipio de Zapopan, camino Ixcatan-La Soledad, 22 de julio de 1984, M. Castañeda Macías 18 (IBUG). TLAXCALA, Municipio de Huamantla, Cañada Grande, ladera este del volcán Malintzi, Parque Nacional La Malinche, 12 de agosto de 1988, Estrada-Torres 2274 (TLXM). Municipio de Tlaxco, El Rodeo Cerro el Peñón 4 de agosto de 1992, Estrada Torres, 14 de agosto de 1992, Estrada-Torres 3480, 26 de septiembre de 1992, Estrada-Torres 3454, 16 de julio de 1992 (TLMX) 11 de agosto de 1994, Lourdes y Ixtlapole (TLXM); Municipio de. Ixtacuixtla Carretera San Martín Tex-Tlaxcala 10.5 km, Tlaxcala Escuela Biológica de Agropecuaria, 13 de octubre de 1998, Estrada Torres 2838 (TLMX). VERACRUZ, Municipio de Jalapa Cerro Macuitépetl, 14 de agosto de 1993, Estrada-Torres 3511 (TLMX); Municipio de Cofre de Perote, 100 m abajo de El Llanillo, camino Las Vigas a El Llanillo, zona del cofre de Perote, López A, (XAL), 11.2 km por el camino las Vigas-Torre de Microondas, zona del Cofre de Perote, 3 de octubre de 1985, Montoya L. 393. (XAL)

Comentario: en esta especie el color del basidioma es amarillo, ocre a café, el cual cambia de color al maltrato y/o madurez a café oscuro. El estípite está cubierto por abundante micelio blanco. Las esporas son de (3.5-) 4.2-7 x 2-3.5 (-4.2) μm . Es de las especies del subgénero *Echinoramaria* de zonas templadas con una distribución mejor conocida, encontrándose en bosque de coníferas del

hemisferio norte en Canadá, Estados Unidos y Europa, y debajo de bosque de coníferas del Mediterráneo y en la India. En México se encuentra en bosque de coníferas en un amplio intervalo de altitud de los 1200 hasta 3200 m snm. Es de las especies con mayor número de ejemplares encontrados, se ubica en los estados del centro el país y estos son los primeros registros para los estados de Hidalgo, Jalisco y Veracruz.

Las características de los ejemplares revisados de *Ramaria myceliosa* en este trabajo, concuerdan con las descripciones presentadas por Corner (1950, 1970), Petersen (1981), Estrada-Torres (1994) Franchi y Marchetti (2001), Exerter et al. (2003 y 2006) y Christan (2008)

Petersen (1981) describió dentro de esta especie a la var. *microspora*, caracterizándola por tener un tamaño menor a 75 mm de longitud, con ramas irregulares, de color amarillo miel y esporas más cortas de hasta 4.7 μm de ancho. No obstante, las diferencias con la forma típica no son muy claras, y en vista de que los ejemplares aquí revisados muestran una posición intermedia, se decidió sólo considerarlos como *R. myceliosa*.



Figuras. 27-30. *Ramaria liliputensis*, (Estrada-Torres 3862). 27. Basidiomas, 28-30. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. 31-32. *R. myceliosa*, (Gonzalez-Avila 102). Basidiomas. 33-35, Imágenes al microscopio electrónico de esporas. Barra 28-30, 33-35 = 1 μ m, 27, 31-32 1=cm.

Ramaria roellini Schild. Schweiz. Z. Pilzk 56: 97 (1978)

Figs. 36-39.

Basidiomas de hasta 62 x 40 mm; con hasta tres niveles de ramificación, disminuyendo gradualmente, dicotómicas, con disposición más o menos laxa, axilas ocasionalmente redondeadas y frecuentemente agudas. Ramas cilíndricas, color amarillo [2.5Y7/6] a café-amarillo [10YR5/6], la superficie de las ramificaciones se mancha lentamente de color café muy oscuro al maltratarse; ápices de agudos a subagudos, concoloros. Estípite bien diferenciado de hasta 22 x 4 mm, cilíndrico, subradicante y sinuoso, liso, blanquecino, inmerso en el sustrato. Contexto carnoso-fibroso de color gris claro [10YR7/2].

Himenio anfígeno. Basidios de 30-42 x 4.9-7 μm , subclavados, hialinos, multigutulados, tetraspóricos, con esterigmas rectos y sólo ligeramente curvados en la punta, de 4.2-7 x 1.4-2.1 μm . Esporas de 6.3-8.4 (9.1) x 2.8-4.2 μm ($E= 1.6-2.5$ μm , $\underline{E}^m= 2$ μm , $\underline{L}^m= 7.2$ μm y $\underline{A}^m= 3.4$ μm), de color amarillo-café en KOH, subelípticas, de pared delgada, ornamentación cianófila. Vistas al MEB con una ornamentación en forma de espinas redondeadas; las de mayor tamaño de hasta 0.5 μm de longitud, disminuyendo abruptamente y las de menor tamaño, en forma de verrugas redondeadas, distribuidas homogéneamente, no maduran sincrónicamente, apéndice hilar confluyente de hasta 0.5 μm de longitud.

Subhimenio monomítico; hifas entremezcladas, de 1.4-7 μm de diámetro, hialinas de pared delgada. Contexto con hifas generativas en disposición paralela, hialinas, pared delgada, de 2.1-11.2 μm de diámetro, conexiones en "H" poco

frecuentes. Micelio con hifas generativas de pared delgadas, de 1.4-2.8 μm hialinas, con cristales pequeños de forma irregular en la superficie, escasas conexiones en "H" e hifas gleopleróticas raras de 1.4-2.8 μm .

Hábito y hábitat: subgregario, húmico, desarrollándose en bosque de *Pinus* y mesófilo de montaña a una altitud de hasta 1100 m snm.

Material examinado: CHIAPAS, Municipio de Tenejapa, 2 km al este de la Escuela de Jomanichim, Juxulja, 8 de julio de 1983, Guzmán G. 23344 (XAL). VERACRUZ, Municipio de Córdoba, cerca de Córdoba, 29 de septiembre de 1999, Roble L. 364 (XAL).

Comentario: la descripción de Petersen (1981), Franchi y Marchetti (2001), Giachini (2004), Christan (2008) de esta especie, concuerda con las características tanto macro como micromorfológicas de los ejemplares aquí revisados. Esta especie aunque presenta un corto tamaño del basidioma de 62 mm, sus esporas son grandes, de hasta 9 μm , comúnmente en este grupo es relacionado el tamaño de las esporas con la del basidioma. Una clara diferencia encontrada con las descripciones de Petersen (1981), es en relación al tamaño de los basidiomas el cual fue reportado como de hasta 30 mm, sin embargo en este trabajo se localizaron ejemplares de hasta 62 mm en longitud.

Petersen (1981) menciona que fácilmente se puede confundir con *R. flaccidae* principalmente por la coloración del basidioma, pero difiere en el tamaño y forma del basidioma, posición del himenio y tamaño de las esporas.

Previamente se ha localizado en zonas templadas de Europa (Petersen 1981), entre musgos y líquenes, sin embargo con los ejemplares de México no es

posible observar esta característica, ya que se observan sin evidencia de estos rasgos. Este es el primer registro para México de esta especie para los estados de Chiapas y Veracruz.



Figuras. 36-39. *Ramaria roellini*, (Robles 364). 36. Basidiomas. 37-39. Imágenes al microscopio electrónico de esporas. Barra 37-39 = 1 μ m, 36 = 1cm

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los curadores de siguientes los herbarios: Celia Elvira Aguirre Acosta (MEXU), Joaquín Cifuentes (FCME), Laura Guzmán (IBUG), Ricardo Valenzuela Garza (ENCB), Alejandro Kong Luz (TLMX) y Gastón Guzmán (XAL). Silvia Espinoza Matías por la ayuda de la toma de las fotografía en MEB. El primer

y segundo autores agradecemos el apoyo financiero del proyecto PAPIIT IN203009-3.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Pérez, R. y Kong-Luz, A. 1991. Guía de la excursiones botánicas y micológicas al cerro del Peñón y Cañada Grande de estado de Tlaxcala. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Sociedad Mexicana de Micología y Jardín Botánico Tizatlán, Tlaxcala.
- Basso, M. 2005. Manuale di microscopia dei Fungi, Librería mykoflora, Italia.
- Castellanos, S. 1997. Afinidades fitogeográficas del bosque mesófilo de montaña de la zona de Pluma Hidalgo, Oaxaca, México. Polibotánica 6: 25-36.
- Challengner, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Instituto de Biología, UNAM, y Agrupación Sierra Madre, México, D. F.
- Christan, J. 2008. Die Gattung *Ramaria* in Deutschland. Monografie zur Gattung *Ramaria* in Deutschland, mit Bestimmungsschlüssel zu den europäischen Arten. (Edit) IHW-Verlag, Eching
- Corner, E. 1950. A monograph of *Clavaria* and allied genera. Oxford University Press: London.

- Corner, E. 1970. Supplement to a monograph of *Clavaria* and allied genera. Verlag Von J. Cramer, Lehre.
- Estrada-Torres, A. 1994. La familia Gomphaceae (Aphylophorales: Fungi) en el estado de Tlaxcala. Tesis de Doctorado (Doctorado en Ciencias (Biología)) ENCB, IPN, México D.F.
- Franchi, P. & Marchetti, M. 2001. Introduzione allo studio del genere *Ramaria* in Europa. Librería Mykoflora. Fungi non de lineati Paris 16: 1-104.
- González-Ávila P., A. Torres-Miranda, M. Villegas-Ríos and I. Luna-Vega. 2009. Richness patterns and ecological differentiation of *Echinoramaria* Corner (*Ramaria*: Gomphaceae) in Mexico and their implications for conservation. North American Fungi. En proceso
- Giachini A. 2004. Sistematic, Phylogeny and ecology of *Gomphus sensu lato*. Doctoral dissertation. University of Oregon.
- Hosaka, K., Bates, S., Beever, R., Castellano, M., Colgan III, W., Domínguez, L., Nouhra, E., Geml, J., Giachini, A., Kenney, S., Simpson, N., Spatafora, J. & Trappe J. 2006. Molecular phylogenetics of the gomphoid-phalloid fungi with an establishment of the new subclass Phallomycetidae and two new orders. Mycologia 98: 949-959.
- Kornerup, A & Wanscher, J. 1978. Methuen handbook of colour. 3a ed. Methuen, London.
- Largent, D. Johnson, D. & Watling, R. 1980. How to identify mushrooms to genus III: microscopic features. Mad River Press.

- Luna-Vega, I., Ocegueda, S. y Alcántara, O. 1994. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Bot. 65(1): 31-62.
- Marr, C. & Stuntz, D. 1973. *Ramaria* in western Washington. Bibliotheca Mycologica. 38.
- Munsell, 1992. Munsell soil color charts. United States Department of Agriculture, Kallmargen, Maryland.
- Petersen, R. 1981. *Ramaria* subgenus *Echinoramaria*. Bibliotheca Mycologica. 79: 1-261.
- Petersen, R. 1988. The clavarioid fungi of New Zealand. Bulletin, New Zealand Department of Scientific and Industrial Research 236: 1–170.
- Ponce-Vargas, A., Luna-Vega, I., Alcántara-Ayala, O. y Ruiz-Jiménez, A. 2000. Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 77: 177-190.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.

CAPÍTULO 3

Richness patterns and ecological differentiation of *Echinoramaria* Corner (*Ramaria*: Gomphaceae) in Mexico and their implications for conservation.

Patricia González-Ávila¹, Andrés Torres-Miranda^{2,3}, Margarita Villegas-Ríos¹ and Isolda Luna-Vega^{2,4}

¹Laboratorio de Sistemática de Homobasidiomycetes clavarioides y gomphoides. Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70-215, Ciudad Universitaria 04510, D.F., México

²Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70-399, Ciudad Universitaria, 04510, D.F., México

³Laboratorio de Ecología y Genética Molecular, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ant. Carr. a Pátzcuaro 8701, Col. Ex-Hda. de San José de la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México.

⁴Corresponding author: ilv@hp.fciencias.unam.mx

Abstract: Species of subgenus *Echinoramaria* (genus *Ramaria*) have been reported in temperate, tropical and subtropical areas of the world. In Mexico, these species inhabit from sea level up to 3200 m. Based on 105 distributional records of 23 species, patterns of endemism and richness were determined using a grid-cell system of 1° x 1° latitude/longitude. Areas richest in species and/or endemism are located in the Sierra Madre Oriental and Serranías Meridionales, mainly in the Jalisco area (Pacific coast and Altiplanicie), Guerrero and Oaxaca (Serranías Meridionales) and Chiapas (Serranías Transístmicas). The ecological-morphological segregation of the Mexican species was evaluated with a PCA analysis, resulting in two groups: the first including species mainly inhabiting

tropical and subtropical areas, characterized by more evident spore ornamentation, consisting of large spines. A second group of species inhabits mainly temperate forests in higher altitudes; these species have less evident spore ornamentation, which consist of small warts. Based on our results, we propose two priority conservation areas based on taxonomic richness concentration and higher corrected weighted endemism index values, which also coincide with the analysis of potential distribution of these species: the montane systems of central Mexico and the northwestern part of the Yucatan peninsula. We corroborate that fungi are useful in ecological biogeography, because their recent distribution is intimately correlated with environmental factors, evidenced by spore ornamentation and recognition of species functional groups. Unfortunately, lack of systematic collections, poor representation in herbaria and dispersal hide general patterns of distribution of this interesting group of organisms.

Keywords: Fungi, biogeography, endemism, distribution modeling, ecological segregation, spore differentiation.

Introduction

The subgenus *Echinoramaria* Corner, 1970 of genus *Ramaria* (Fr.) Bonorden, 1851 as outlined by Petersen (1981), are coralloid fungi with dull yellow, ocher, olive-brown, brown, russet brown, orange or reddish basidiome; basidia are of two types: a) 2-sterigmate, with golden yellow contents, and b) 2-4-sterigmate, with contents homogeneous to multiguttulate or granular; the basidiospores are echinulate and cyanophilous. It is composed by more than 47 species (Corner

1950, 1970; Petersen 1981; Franchi and Marchettii 2001; Giachini 2004; Christan 2008). Traditionally, it has been divided into two sections by Petersen (1981), *Dendrocladium* and *Flaccidae*; section *Dendrocladium* is pantropical, with northward extension for two species (*R. broomei* and *R. grandis*) and *R. zippelii* seems most widely distributed. Contrary, Christan (2008) considered that *Echinoramaria* must be restricted to be a member of *Dendrocladium*, raising all members at genera level of the section *Flaccidae* under the name *Asteroramaria*. Nevertheless, it is difficult to establish distributional patterns of section *Flaccidae*, due to reduced reports and poor knowledge of many species; species better known are *R. eumorpha*, *R. abietina*, *R. myceliosa* and *R. flaccidae*, that are distributed throughout the mountain masses of the north temperate zone, mainly from the Northern Hemisphere, however this does not mean that they are not widely distributed in other areas, but that they have not yet been well studied. Giachini (2004) considered that many species have wide distribution, ranging from tropical to temperate regions, but are more abundant in the tropics and subtropics. No species has been confirmed as either mycorrhizal or saprotrophic, although the wood inhabiting tendency of many species indicate the *Echinoramaria* may be primordially saprotrophic. Many species of *Echinoramaria* are found in the United States and Europe, being far scarcer in Latin America and Africa. Endemic species have not yet been identified for the group. There are problems with the identification of its taxa and consequently there is a total lack of knowledge about the distributional range of its species, so its conservation status has been ignored by the world and Mexican conservancy agencies (Corner 1950, 1970; Petersen 1981; Franchi and Marchettii 2001; Giachini 2004; Christan 2008).

Morphological and molecular data evidenced that the species of *Echinoramaria* conform a monophyletic group (Giachini 2004; Hosaka *et al.* 2006). Only 23 species (Acosta-Pérez and Kong-Luz 1991; Guzmán 1983, 2003; Estrada-Torres 1994; González-Ávila 2006; Gonzalez-Ávila *et al.* in process) are found in Mexico. These species are represented in almost all Mexican vegetation types, including tropical, subtropical, and temperate forests, from sea level to 3200 m.

Knowledge of distributional patterns of macroscopic fungi is poor, compared to other groups, as plants and animals. Many fungi are difficult to study, due to their complicated life history, including ecological constraints for growth and reproduction (Demoulin 1973; Hosaka *et al.* 2008; Wollan *et al.* 2008); additionally, only 5-6% of the diversity of species that exist in the world is known (Cannon 1997; Hawksworth 1991, 2001; Moncalvo 1997). Poor knowledge of fungal phylogeny and scarce fossil records have limited biogeographical understanding (Hibbett 2001). The knowledge of mycogeography *sensu* Lichtwardt (1995) or biogeography of fungi has a recent history, and may be only a few decades old (Demoulin 1973; Lange 1974; Eckblad 1981; Redhead 1989; Baroni *et al.* 1997; Mueller and Wu 1997; Watling 2001). The cryptic nature of many of them as well as the ephemeral nature of the basidiomata makes fungi difficult to sample, hindering biogeographical studies (Hosaka *et al.* 2008; Wollan *et al.* 2008). Current distributional patterns of fungi can be attributed to vicariance as well as dispersal events, as in other organisms (Vilgalys and Sun 1994; Muller *et al.* 2001; Luna 2008). Because fungi are often associated with plants, they may have similar distribution patterns (Lichtwardt 1995; Halling *et al.* 2008), however not all fungi are

intimately associated with other organisms and their distribution patterns can be attributed to other factors.

Areography is defined as the study of taxa distribution areas (Rapoport 1975; Rapoport and Monjeau 2001). These studies can offer information about areas rich in fauna, flora, and fungi and endemism in a country or continent. In Mexico, grid-cell analysis has been used to detect richness and endemism of diverse groups of organisms based on their presence in grid-cells (Serrato *et al.* 2004; Contreras-Medina and Luna 2007, among others). With this approach, it is possible to generate useful information on several aspects of the geographical distribution of certain organisms in certain areas, and to detect important areas for conservation.

With aim to approximate the real distribution of these taxa and because this group of fungi, as many other groups of organisms, has taxonomic and geographic identification and collection problems, it is necessary to generate prediction models to estimate potential distribution and to determine where the most suitable environmental conditions for species development are located, based on obtained parameters of previous collections. These kinds of studies help to evaluate organism distribution patterns and to undertake biogeographical, ecological and conservation analysis (Anderson *et al.* 2003; Rojas Soto *et al.* 2003; Sánchez-Cordero *et al.* 2005).

There are several algorithms considered as important tools for modeling species ecological niche. Among the main algorithms used, BIOCLIM (Nix 1986) and GARP (Stockwell and Noble 1992; Stockwell 1999; Stockwell and Peters 1999) have been used more often for modeling Mexican species distribution.

MaxEnt is a machine-learning method that uses environmental variables to predict probability of target species distribution by evaluating different variables. It is an efficient modeling program that only uses data of confirmed taxa presence (Elith *et al.* 2006; Phillips *et al.* 2006); it has also been proved that it is a suitable method to obtain distribution models when there are few collection records, due to normalization processes that counteract over-prediction and reach maximum levels of precision (Elith *et al.* 2006; Hernández *et al.* 2006; Wollan *et al.* 2008).

Models obtained with MaxEnt are evaluated by their capacity of predicting presences (sensitivity) and absences (specificity), using an independent confidence test known as AUC (area under the receiver operating characteristic). Values of AUC <0.7 indicate low representation in models, meanwhile the best models have an AUC ≥ 0.9 (Pearce and Ferrier 2000; Wollan *et al.* 2008). The jackknife test of MaxEnt stresses the importance of each one of the variables for model construction; variables with high values indicate a greater contribution to each model and a higher influence on AUC (Wollan *et al.* 2008).

The goals of this study are threefold: 1) to obtain diversity patterns of Mexican *Echinoramaria* species and evaluate the utility of predictive models in recognition of these patterns; 2) to identify relevant variables in the ecological/morphological segregation of its species with a principal component analysis, and 3) to apply this knowledge to *Echinoramaria* conservation.

Materials and Methods

Material and selection of species

Geographic distribution data was obtained from nine herbaria collections: XAL, ECOSUR San Cristóbal, MEXU, ENCB, FCME, UAJT, UTCV, TLMX, and IBUG. The first author collected four exemplars in the states of Hidalgo and Distrito Federal. With the obtained information, a database with 105 records was compiled, including 23 different species (Table 1). Geographic coordinates for each locality were obtained, updated or corrected using topographic charts scales 1:50,000 and 1:250,000, considering the data of the herbaria labels.

TABLE 1. Mexican studied species of subgenus *Echinoramaria*

Taxa	Number of exemplars considered	Vegetation type	Habitat
<i>Ramaria abietina</i> (Pers.) Quél.	14	Abies-pine-oak forest, Abies forest, oak forest, pine-forest, pine-oak forest, Abies-juniper forest, oak-juniper forest	Humicolous
<i>R. argentea</i> R. H. Petersen	3	Cloud forest, Abies-pine-oak forest	Humicolous
<i>R. articulotela</i> R. H. Petersen	3	Tropical deciduous forest	Lignicolous
<i>R. campoi</i> (Speg.) R. H. Petersen	1	Juniper forest	Humicolous
<i>R. cokeri</i> R. H. Petersen	6	Tropical deciduous forest, cloud forest	Terricolous
<i>R. decurrens</i> (Pers.) R. H. Petersen	1	Cloud forest	Terricolous
<i>R. eumorpha</i> (P. Karst.) Corner	2	Abies-pine-oak forest	Humicolous
<i>R. gigantea</i> (Pat.) R.H. Petersen	1	Tropical deciduous forest	Terricolous
<i>R. grandis</i> (Peck.) Corner	13	Rain forest, cloud forest	Terricolous
<i>R. incognita</i> R. H. Petersen	1	Cloud forest	Humicolous
<i>R. insignea</i> (Pat.) R. H. Petersen	1	Cloud forest	Terricolous

<i>R. longicaulis</i> (Peck.) Corner	3	Abies-pine forest	Terricolous
<i>R. myceliosa</i> (Peck.) Corner	20	Abies forest, pine forest, oak forest, juniper forest, Abies-pine-oak forest, pine-oak forest	Humicolous
<i>R. roellini</i> Schild.	2	Pine forest, cloud forest	Humicolous
<i>R. zippelli</i> (Lév.) Corner	17	Tropical deciduous forest, rain forest	Terricolous
<i>R. sp. 1</i>	1	Tropical deciduous forest	Lignicolous
<i>R. sp. 2</i>	1	Thorn forest	Terricolous
<i>R. sp. 3</i>	1	Thorn forest	Humicolous
<i>R. sp. 4</i>	1	Oak forest	Humicolous
<i>R. sp. 5</i>	3	Rain forest	Terricolous
<i>R. sp. 6</i>	2	Pine-oak forest	Terricolous
<i>R. sp. 7</i>	7	Abies-pine-oak forest	Humicolous
<i>R. sp. 8</i>	1	Tropical deciduous forest	Humicolous

Patterns of diversity and endemism

Using the software ArcView version 3.2 (ESRI 1999), the localities of each species were superimposed on a map of Mexican territory (1:250,000) using a grid system 1° x 1° latitude/longitude. The maps of localities of the species of subgenus *Echinoramaria* were intersected, first including all species in order to obtain the richness of each grid-cell. Endemism was then measured with the endemism index of Crisp *et al.* (2001). To obtain weighted endemism, each species is weighed by the inverse of its range, so if a single-grid endemic has a maximum weight of 1, a species occurring in four grids has a weight of 0.25, and a species occurring in 50 grids has a weight of 0.02. To obtain the value of each grid, the weights are summed for all species occurring in that grid; thus grids with many range-restricted species should show a much higher total score than grids with few range-restricted taxa (Linder 2001). Unfortunately, this index is correlated with species richness (Crisp *et al.* 2001), but this problem was solved dividing the index data obtained from the weighted endemism by the total number of species in that grid, so the

result obtained is scarcely correlated with species richness (Crisp *et al.* 2001). An endemism measure (corrected weighted endemism) was calculated following Linder (2001) and Crisp *et al.* (2001), and consists of dividing the weighted endemism index by the total species count in the grid.

Multivariate tests for environmental and morphological variables

Distribution localities of the 23 species were exported to a raster format in ArcView 3.2 (ESRI 1999) and were intersected with 19 bioclimatic and three topographic variables, obtaining a matrix of 23 species x 22 environmental variables. A principal component analysis (PCA) was undertaken with NTSYSpc ver 2.11 software (Rohlf 2000), in order to recognize the environmental variables that segregate the species, through the Euclidian distances with a standardized quantitative matrix. The variation explained was analyzed in the first three principal components and the most important variables in taxa ecological-morphological segregation were determined.

Quantitative data of spore ornamentation was obtained with scanning electron microscopy (considering $E =$ as the average relationship between length and width of the spores, as well as the length, width and size of the spore ornamentation). These data were used to undertake a PCA to test the hypothesis of the connection between spore morphologic differentiation and environmental species segregation.

Distribution modeling

Maximum Entropy Modeling (MaxEnt) was developed by Phillips, Dudik and Schapire (2004) and Phillips *et al.* (2006) as an algorithm for predicting species distribution from incomplete presence-only information. MaxEnt uses an algorithm to estimate target probability distribution of maximum entropy (i.e. that is most spread out, or closest to uniform) (Phillips *et al.* 2006). For this, as in a logistic regression, MaxEnt weighs each environmental variable with a constant. The program begins with uniform probability distributions and repeatedly alters the weight of the variables. The model guarantees the convergence on a non-random probability distribution (Phillips *et al.* 2006; Hernández *et al.* 2006), and produces species distribution raster maps where each pixel represents a maximum entropy value ranging from zero to 100. As these values approach zero, the resulting probability of finding the species decreases.

The distributions of species with more than two records (nine species) were modeled based on 19 bioclimatic and three topographic variables (Table 2); with this, it was possible to generate the potential areas of distribution and the probable limits of distribution of the species in raster format, which can be visualized and manipulated with GIS ArcView 3.2 (ESRI 1999). For all the models, the pixels used were those whose occurrence probability of each species was of 0.8 to 1.

TABLE 2. Bioclimatic variables and topographic coverages used to model the maximum entropy distributions of *Echinoramaria* species

Code	Variables
BIO 1	Annual Mean Temperature
BIO 2	Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))
BIO 3	Isothermality (P2/P7) (* 100)
BIO 4	Temperature Seasonality (standard deviation *100)
BIO 5	Maximum Temperature of Warmest Month
BIO 6	Minimum Temperature of Coldest Month
BIO 7	Annual Temperature Range (P5-P6)
BIO 8	Mean Temperature of Wettest Quarter
BIO 9	Mean Temperature of Driest Quarter
BIO 10	Mean Temperature of Warmest Quarter
BIO 11	Mean Temperature of Coldest Quarter
BIO 12	Annual Precipitation
BIO 13	Precipitation of Wettest Month
BIO 14	Precipitation of Driest Month
BIO 15	Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)
BIO 16	Precipitation of Wettest Quarter
BIO 17	Precipitation of Driest Quarter
BIO 18	Precipitation of Warmest Quarter
BIO 19	Precipitation of Coldest Quarter
H DEM	Digital Elevation Model
H SLOPE	Slope
H TOPOIND	Topography

Procedure for area prioritization

Areas with greater species richness and/or corrected weighted endemism indices were superimposed on the map of Mexican protected areas system of SEMARNAT (2008) (SIANP) in order to find out if the distributions of these species have some type of special protection.

To evaluate the effectiveness of the ANPs system on species protection, the collection localities and the predictive models obtained with MaxEnt were compared with the polygons of the areas, to identify those areas with real

protection and those in which environmental conditions are suitable for species development, even if there is not confirmed presence of these species, with the goal to propose conservation areas for these taxa.

RESULTS

Richness and endemism analysis

The species of subgenus *Echinoramaria* are distributed mainly in central and southern parts of the country, where they inhabit temperate and tropical forests, from 10 to 3200 m above sea level. Fig. 1a shows that the richest in species grid-cell is located in central Mexico, in the state of Hidalgo, where eight species are found (*Ramaria abietina*, *R. cokeri*, *R. grandis*, *R. myceliosa*, *R. zippelii*, *R. decurrens*, *R. longicaulis*, and *R. sp. 6*) mainly corresponding to the Sierra Madre Oriental province (Rzedowski 1978), at altitudes from 1210 to 2810 m. The second richest in species grid-cell is located in the state of Tlaxcala and neighboring areas in Veracruz, corresponding to the Serranías Meridionales province (including the Faja Volcánica Transmexicana FVT and Sierra Madre del Sur SMS physiographic provinces) of Rzedowski (1978), in altitudes of 2220-2900 m asl with six species (*R. abietina*, *R. argentea*, *R. campoi*, *R. eumorpha*, *R. myceliosa* and *R. sp. 7*). The third area richest in species is located in the state of Campeche, with four species (*R. articulotela*, *R. cokeri*, *R. gigantea* and *R. zippelii*) in the Yucatan peninsula province, at altitudes of 231-269 m asl. Thirteen grid-cells include only one species (Table 3).

Fig. 1b shows the weighted endemism values based on species distribution of *Echinoramaria*. Grid-cells with high weighted endemism values are also Tlaxcala, Hidalgo and Jalisco (Table 3). Other areas with high weighted endemism values are located in Veracruz, Campeche and Chiapas.

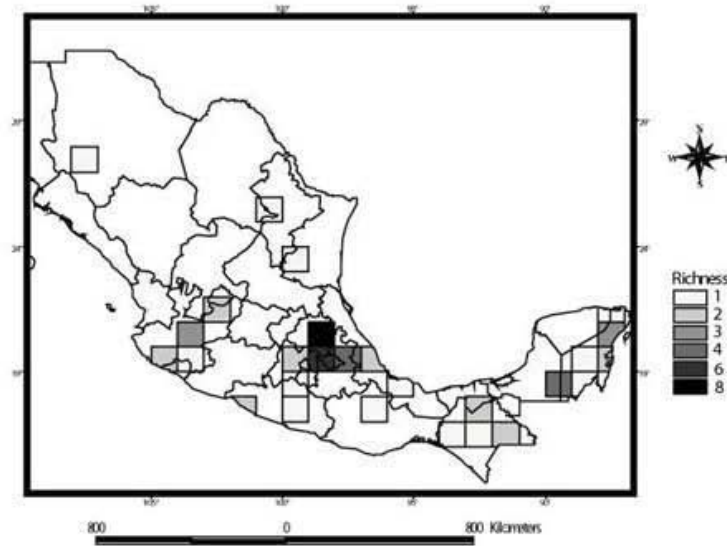
Fig. 1c shows the corrected weighted endemism centers based on the distribution of the species of *Echinoramaria*. The grid-cell with a high corrected weighted endemism value is located in Altiplanicie (Los Altos de Jalisco), Serranías Meridionales (Sierra Madre del Sur in Guerrero and Northern Highlands in Oaxaca), and Serranías Transístmicas (Altos de Chiapas) with a value of 1, and then Tlaxcala, with a value of 0.63. Grid-cells of Tabasco and Hidalgo are third and fourth in importance, with a value of 0.55 and 0.47 respectively.

TABLE 3. Location of each grid-cell and values of richness, weighted endemism, and corrected weighted endemism based on the distribution of species of *Echinoramaria*.

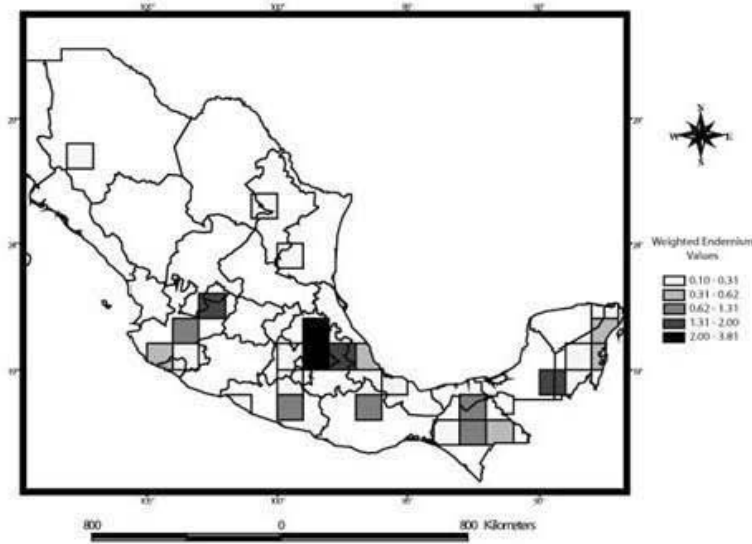
Grid-cell	State	Municipalities	Richness Value	Weighted endemism Value	Corrected weighted endemism value
A	CHIHUAHUA	Bocoyna	1	0.16	0.16
B	COAHUILA	Arteaga	1	0.14	0.14
C	TAMAULIPAS	Gómez Farías	1	0.25	0.25
D	JALISCO	San Miguel los Altos	2	2	1
E	QUINTANA ROO	Lázaro Cárdenas	1	0.1	0.1
F	JALISCO	Zapopan y Guadalajara	3	1.31	0.43
G	HIDALGO	Molango El Chico, Omitlán de Juárez Llano Grande, Tianguistengo	8	3.785	0.47

H	QUINTANA ROO	Solidaridad, Lázaro Cárdenas	3	0.55	0.18
I	JALISCO	Cuautitlán de García Barragán	2	0.62	0.31
J	JALISCO	Tecalitlán	1	0.12	0.12
K	DISTRITO FEDERAL	Milpa Alta, Xochimilco, Jilotzingo, Ocuilan, Atlacomulco, Ocoyoacac	2	0.31	0.15
L	TLAXCALA	Ixtacuixtla, Tlaxco, Huamantla, Amaxac de Guerrero	6	3.81	0.63
M	VERACRUZ, TLAXCALA	Cofre de Perote, Acajete, Terrenate	4	1.56	0.39
N	VERACRUZ	Coatepec, Jalapa y Huatusco	2	0.47	0.23
O	QUINTANA ROO	José María Morelos	1	0.1	0.1
P	QUINTANA ROO	Felipe Carrillo Puerto, Othón P. Blanco	2	0.62	0.31
Q	GUERRERO, MORELOS	Taxco, Cuernavaca	1	0.12	0.12
R	VERACRUZ	Santiago Tuxtla	1	0.12	0.12
S	CAMPECHE	Calakmul	4	1.68	0.42
T	QUINTANA ROO	Othón P. Blanco	1	0.1	0.1
U	CHIAPAS	Ocozocuatla	2	0.22	0.11
V	GUERRERO	Chichihualco	1	1	1
W	OAXACA	San Felipe del Agua	1	1	1
X	TABASCO	Villermosa	2	1.1	0.55

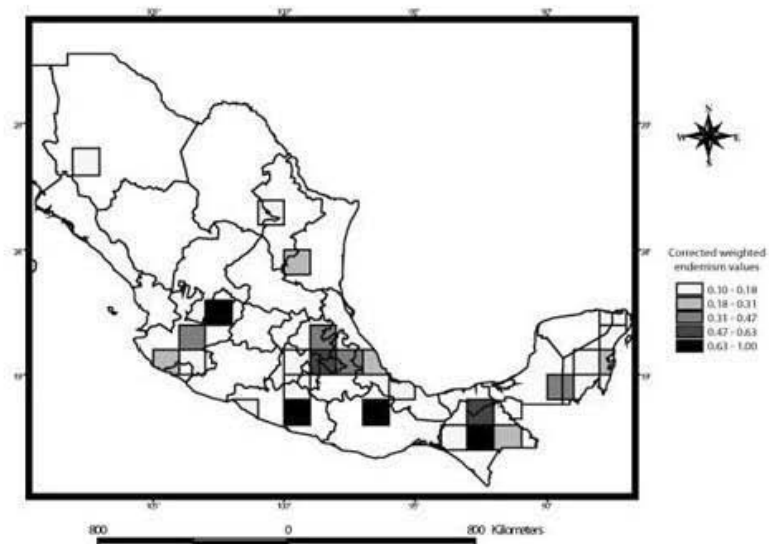
Y	CHIAPAS	Ocozocuautila	1	0.1	0.1
Z	CHIAPAS	Tenejapa	1	1	1
AA	CHIAPAS	Ocosingo, Trinitaria	2	0.6	0.3



a



b



c

Figure 1. Richness patterns and endemism values: (a) species richness in 26 grid-cells of $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ of longitude/latitude, (b) weighted endemism values, (c) corrected weighted endemism values.

Ramaria zippelii is the species with widest distribution, represented in ten grid-cells, mainly inhabiting tropical areas. Other species widely distributed are *R. grandis* found in eight grid-cells mainly in tropical and subtropical environments, *R. myceliosa* in seven grid-cells in temperate forests, *R. abietina* in six grid-cells mainly in *Abies* forests, but also in pine and oak forests, and *R. cokeri* in three grid-cells in tropical areas.

Principal Component Analysis (PCA)

A PCA for all the species in relation to the environmental variables was undertaken. This analysis showed three principal components (the first three principal components explaining 80% of the variation, see Fig. 2a):

a) *R. abietina*, *R. argentea*, *R. myceliosa*, *R. sp. 7*, *R. sp. 2*, *R. sp. 3* and *R. sp. 4*, mainly in the temperate central zone of Mexico;

b) *R. grandis*, *R. zippelli*, *R. cookeri*, *R. articulotela*, and *R. sp. 8*, mainly in the lowlands in the Yucatan peninsula; and

c) *R. roellini*, *R. insigne*, *R. sp. 5*, and some isolated records of other species, mainly in Chiapas.

Additionally, a PCA with species from temperate habitats was undertaken (11 species, Fig. 2b). With this analysis, two main groups are formed: one of record present in temperate zones at altitudes above 1800 m and another below this altitude. The explained variation by the first three principal components is of 78%, highlighting the following variables: high temperature and precipitation of the wettest month for the first group, and lower temperature, precipitation and altitude for the second one.

PCA with the species inhabiting tropical habitats was undertaken (12 species, Fig. 2c). With this analysis, two main groups are formed: the larger one is present in the Yucatan peninsula and a smaller in Chiapas and southern lowlands of Mexico. The first three principal main components explain 85% of the observed variation. Most important variables in the ecological segregation are more tolerance to high temperatures in the dry month for the Yucatan species, and a high tolerance to low levels of precipitation for the rest of the species.

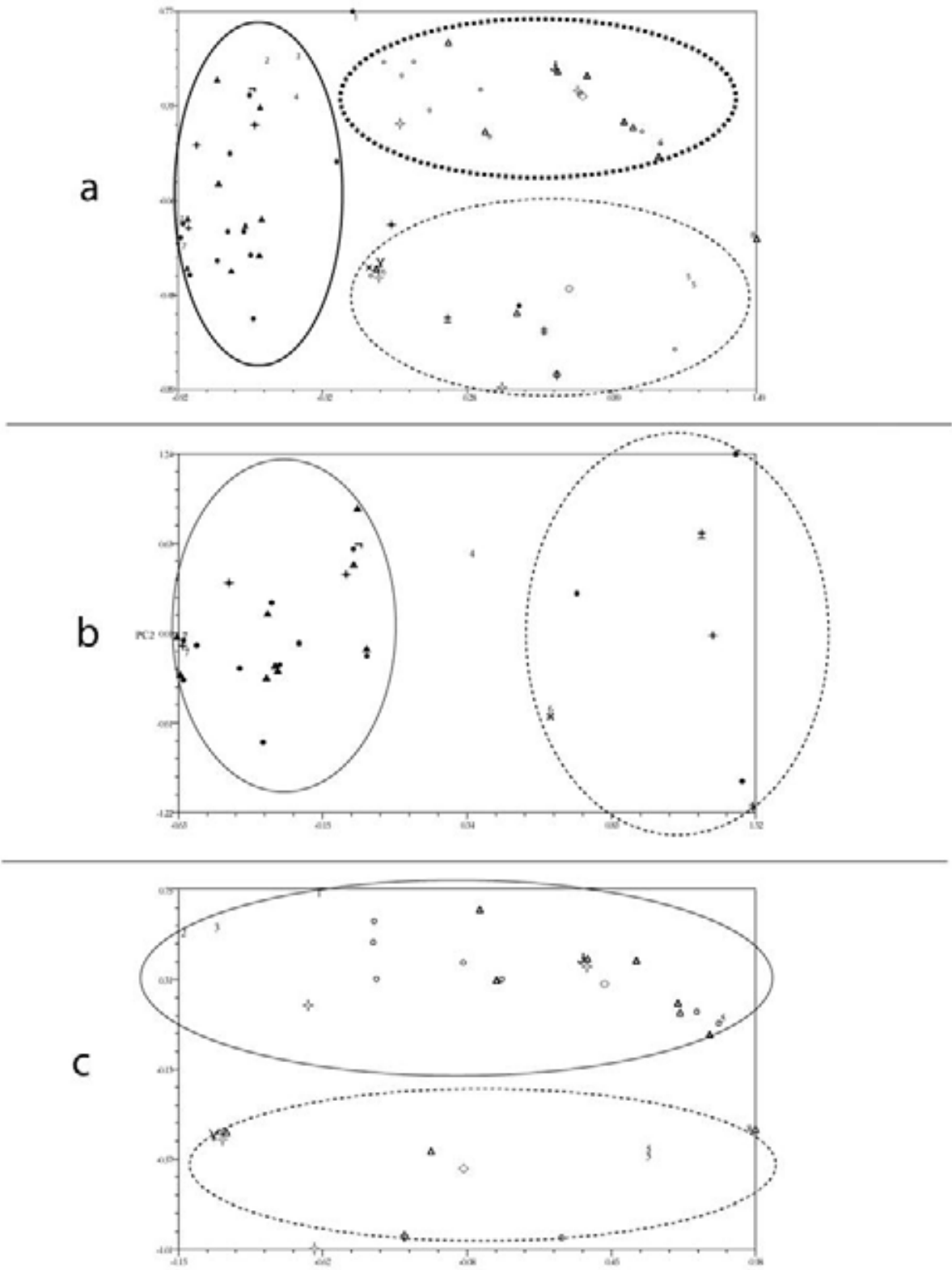


Figure 2. Principal component analysis of environmental factors: (a) for all the species of subgenus *Echinoramaria*, (b) for all the species inhabiting temperate habitats, (c) for all the species inhabiting tropical habitats. Symbology: *Ramaria abietina* ▲, *R. argentea* +, *R. articulotela* ◇, *R. campoi* ↗, *R. cokeri* ✦, *R. decurrens* ×, *R. eumorpha* †, *R. gigantea* , *R. grandis* ◦, *R. incognita* ±, *R. insignea* Ⓟ, *R. longicaulis* †, *R. myceliosa* ●, *R. roellini* ‡, *R. zippelli* Δ, and 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7 for indetermined species.

Results from the PCA using the arithmetic means of the quantitative data obtained with scanning electron microscopy formed two groups (Fig. 3): species with bigger spores and synchronic development, and a second group of smaller spores with small wart ornamentations and generally asynchronous development (see Fig. 4). The first principal component explains 66% of the observed variation.

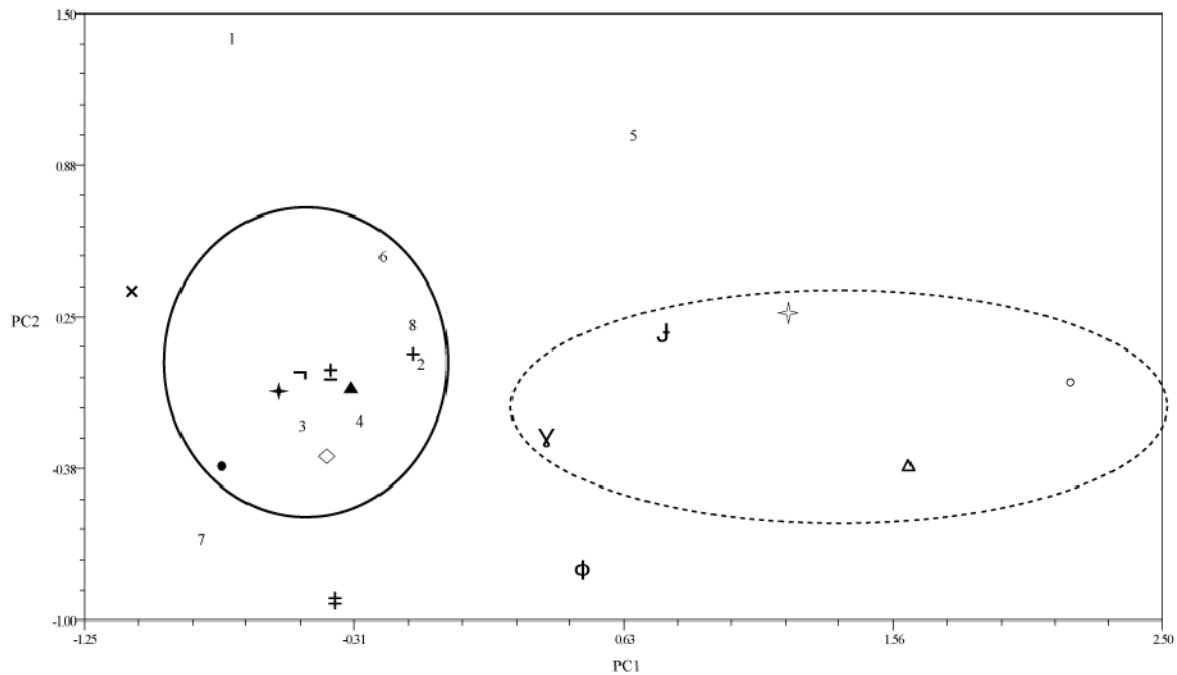
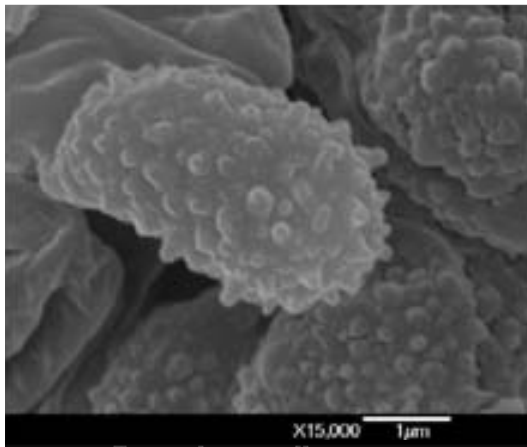
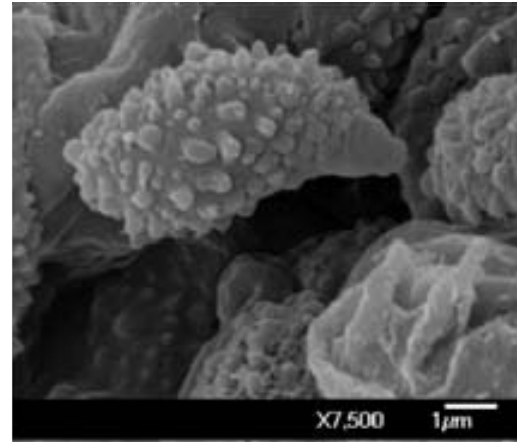


Figure 3. Principal components analysis of morphological features for all the species of subgenus *Echinoramaria*. Same symbology as figure 2.

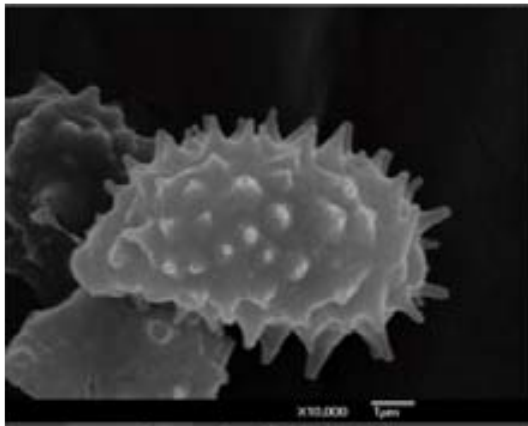


Ramaria myceliosa

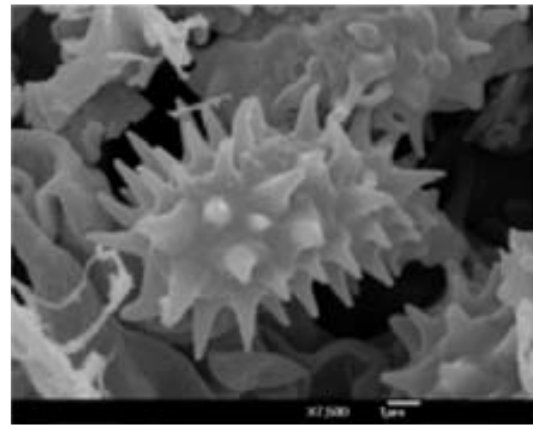


Ramaria abietina

Temperate species



Ramaria gigantea



Ramaria grandis

Tropical species

Figure 4. Spore ornamentation in temperate and tropical species.

Distribution modeling

Predictive distribution models were obtained for nine species with two or more recollection localities (Fig. 5); also models for species especially those inhabiting tropical-subtropical, and temperate vegetation types were obtained, as well as a general model for all Mexican *Echinoramaria* species (Fig. 6).

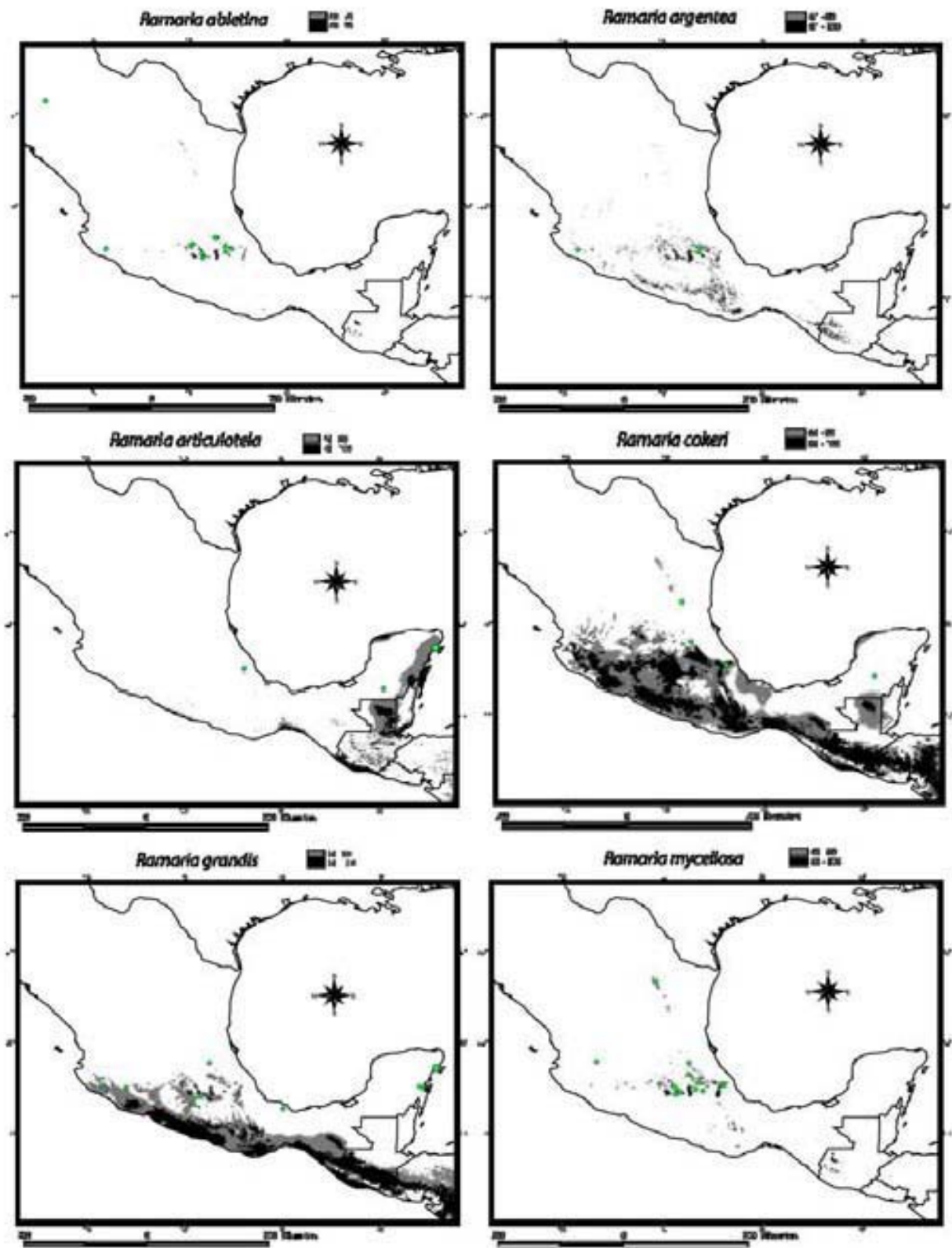


Figure 5. Predictive distribution models of nine species obtained with MaxEnt.

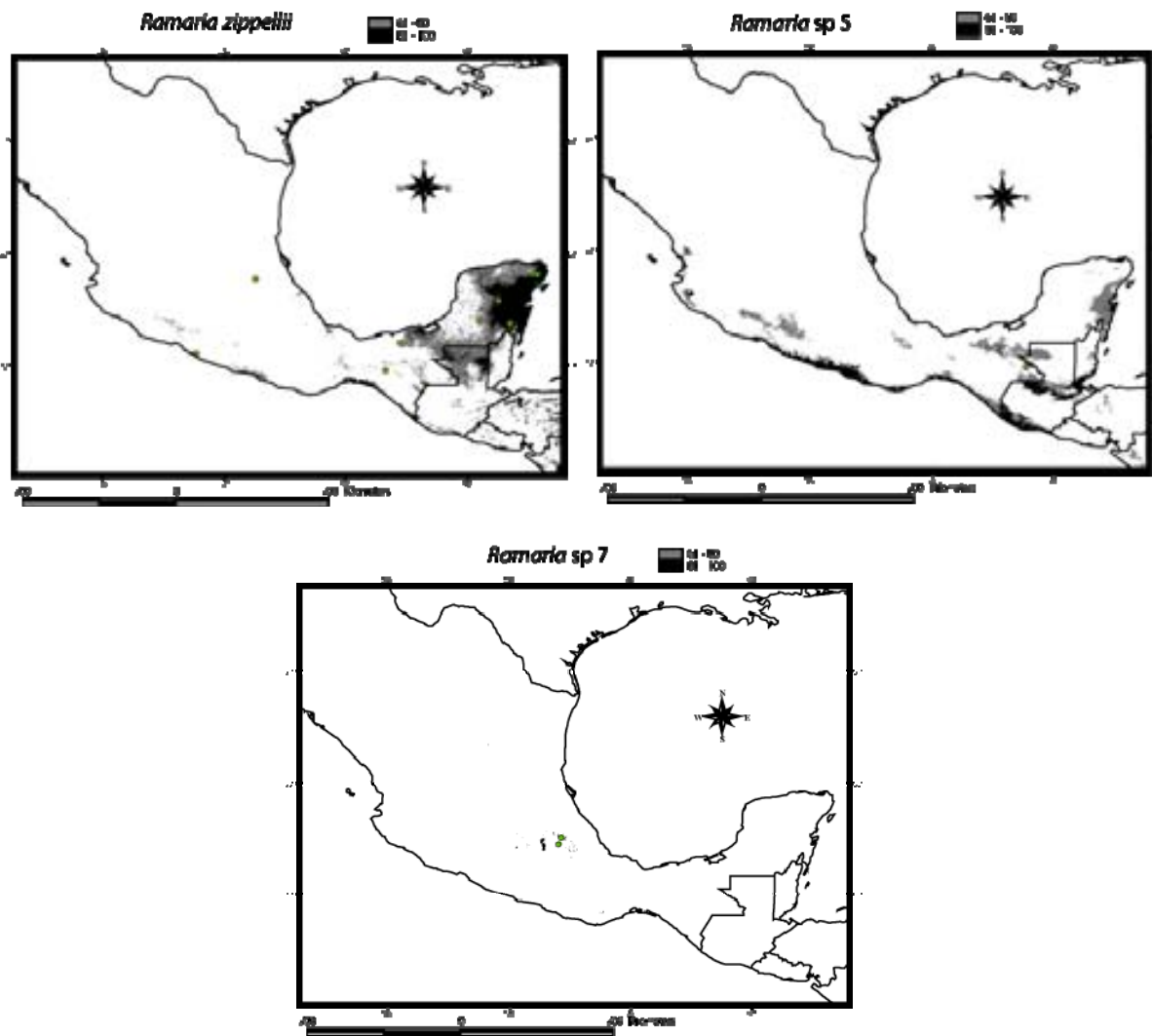


Figure 5. (continued) Predictive distribution models of nine species obtained with MaxEnt.

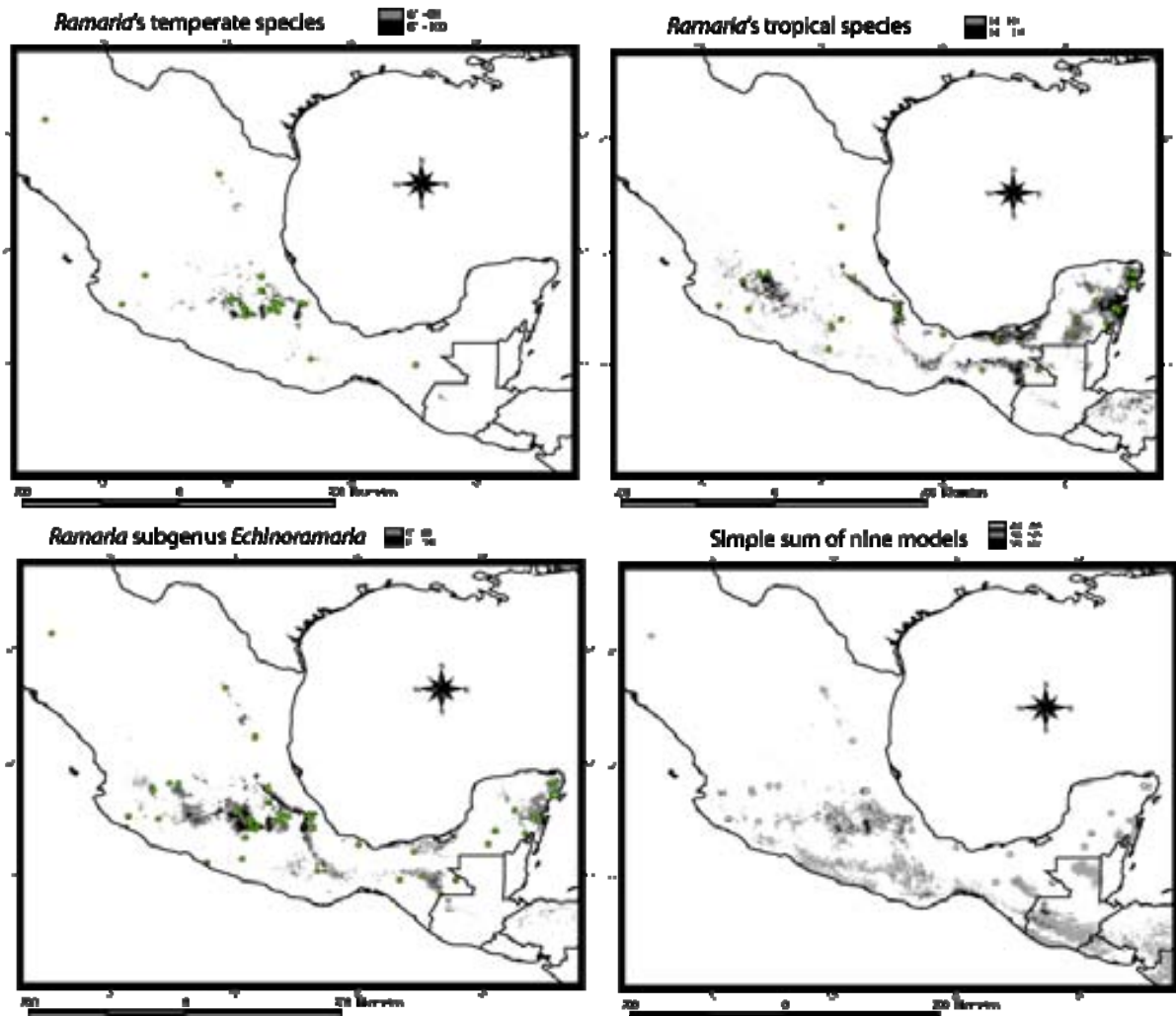


Figure 6. Predictive models of clustering of temperate and tropical species, and general model of all Mexican *Echinoramaria* species.

The most important variables for the Mexican *Echinoramaria* species using the jackknife test are isothermality, temperature seasonality, annual temperature range, and precipitation of the wettest month, all of them variables of relatively high value in most of the models obtained (see Table 4), except for the cases of *R. abietina*, *R. argentea* and *R. myceliosa*, where the digital elevation model is an important variable in model generation.

TABLE 4. Important distribution variables for each species of *Echinoramaria* and AUC value

Species	Variable	AUC value
<i>R. sp. 7</i>	Dem, 5, 10	1
<i>R. abietina</i>	Dem, 5, 10	0.996
<i>R. argénteá</i>	Topography, Dem, 4, 3	0.994
<i>R. articulotela</i>	7, 6, 4, 2, 11	0.957
<i>R. grandis</i>	4, 7, 3, 11	0.923
<i>R. cokeri</i>	4, 3, 7	0.881
<i>R. myceliosa</i>	10, 5, Dem, 4	0.992
<i>R. sp. 5</i>	6, 7, 4, 11, 1, 9, 3	0.977
<i>R. zippelii</i>	4, 7, 11, 6, 3, 1	0.962
Tropical species	4, 7, 3, 13, 16, 11, 6	0.985
Temperate species	10, 5, Dem, 7, 4, 3	0.993
Subgenus <i>Echinoramaria</i>	4, 7, 3, 16, 13	0.995,

The simple sum of the generated models indicate that the sites with higher species occurrence probability are concentrated in three zones (Fig. 6): in the eastern part of the Faja Volcánica Transmexicana and Sierra Madre Oriental, the Sierra Madre de Chiapas (Serranías Transístmicas) and the Sierra Madre del Sur; in this case, the eastern part of the Yucatan Peninsula is not relevant. The model for the subgenus *Echinoramaria* shows two important prediction zones: the montane systems of central Mexico and the northwestern part of the Yucatan peninsula, despite that with 80% of probability of the generated model, almost 50% of the collection localities are not predicted in this range. When the species occurring in the temperate zones are modeled, the model is mainly concentrated in the Serranías Meridionales, specifically in the western part of the Faja Volcánica Transmexicana in areas with subhumid temperate climate C(w), but also leaving some isolated and unpredicted localities in Jalisco, Oaxaca, Chiapas and Chihuahua. In the case of species inhabiting tropical environments, the Yucatan peninsula resulted to have the highest probability species occurrence, followed by

the lowlands of Tabasco and Chiapas, and sites below 1800 m at the Sierra Madre Oriental and the Altiplanicie in Jalisco, all of them with warm humid (Am), subhumid (Aw), or semi-warm subhumid climates (A)C(w).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The richest areas in species of *Echinoramaria* in Mexico are located in the provinces of the Sierra Madre Oriental and the Serranías Meridionales, which is consistent with the results of Luna *et al.* (2004) for Ternstroemiaceae, oaks (Torres-Miranda *et al.* 2009 submitted), Boletaceae fungi (García and Garza 2001), and other Mexican vascular plants (Villaseñor 2004; Luna *et al.* 2006). This could be due to the fact that these areas have been sampled intensively. The grid-cell with the highest weighted endemism value is congruent to those with highest richness values, located in the montane areas of the Sierra Madre Oriental and Serranías Meridionales. Other important areas are Los Altos de Jalisco in the Altiplanicie and Calakmul in the Yucatan peninsula.

The corrected weighted endemism values of species of *Echinoramaria* also match with other studies, i.e. Ternstroemiaceae (Luna *et al.* 2004) and other groups of plants (Lira *et al.* 2002; Villaseñor *et al.* 2003; Luna *et al.* 2006). The most important areas with this index were Los Altos de Jalisco, the eastern Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur, and the Chiapas region, at altitudes between 1000 and 1800 m asl, at the same altitude in which endemic elements of the Mexican flora are usually present (Alcántara and Paniagua 2007).

With the PCA of the environmental variables, a clear ecological differentiation among the species of *Echinoramaria* was recognized, identifying a first group inhabiting temperate regions, a second one mainly in tropical-subtropical areas, and a small group integrated by the species of Los Altos de Jalisco and of the lower and warm montane regions of Chiapas. Variables that resulted important for group distinction were: annual mean temperatures, maximum temperature of warmest month, digital elevation model, mean diurnal range, and annual precipitation. These results are not surprising for the first two groups of principal components, which separate *Dendrocladium* and *Flaccidae* sections, the first mainly inhabiting lowland tropical areas and the second temperate areas, as observed by Petersen (1981) and also from the classification of Christan (2008). Nevertheless, recent phylogenetic analyses (i.e. Giachini 2004; Hosaka *et al.* 2006) showed that species of both sections are intermingled forming a monophyletic group. In a third group of principal components are species that have also been classified in the *Dendrocladium* or *Flaccidae* sections, but that inhabit both temperate and tropical areas; species difficult to classify are found in this group, such as *Ramaria eumorpha*, species which macro and microscopic morphology is shared with species with tropical distribution, i.e. the size of the basidiome and spore ornamentation, but inhabiting in medium altitudes in areas with temperate climates (Christan 2008).

Species forming part of the tropical group inhabit in lowlands and are characterized by tolerating high temperatures associated with high precipitations. These characteristics are present in tropical forests and some fragments of cloud forest in Chiapas.

Species forming the temperate group are associated with low temperatures, low precipitations, and a lower mean diurnal range, in comparison with the tropical group. Knowledge about the environmental factors that affect the development of the species of this subgenus allows us to determine that Mexico possess a great diversity of ecosystems suitable for the development and growth of these fungi.

The PCA analysis of temperate species showed the existence of two subgroups, where altitude is the main factor separating them. A first subgroup is represented in medium and low altitudes (800-1000 m asl) integrated by *R. incognita*, *R. decurrens*, *R. roellini* and some record of *R. myceliosa*, characterized by supporting “higher” temperatures of the cloud forest, compared with a second subgroup of species formed by *R. myceliosa*, *R. abietina*, *R. argentea*, and *R. sp. 7* inhabiting conifer and broadleaved forests, at higher altitudes (more than 1000 m asl) and cooler temperatures.

In the case of the tropical species group, there are also two subgroups: the first one is composed by *R. sp. 8*, *R. longicaulis*, *R. insigne*, *R. sp. 5* and some isolated record of *R. zippelli*, *R. grandis* and *R. articulotela* that support lower temperatures than a second subgroup, with species of the cloud forest of central Mexico and tropical forests in medium and low altitudes of the Gulf of Mexico slope (<1500 msnm). This second subgroup is integrated by *R. grandis*, *R. zippelli*, *R. sp. 1*, *R. sp. 2*, *R. sp. 3* and one register of *R. articulotela*, found in the Yucatan peninsula, in Los Altos de Jalisco and the lowlands of Guerrero.

Variables frequently represented in the PCA analysis that influence the distribution of the species of *Echinoramaria* are temperature and precipitation; these two environmental factors have been previously reported as important in

fungi development. There is an evident separation between the species of temperate and tropical environments, and the environmental variables affecting their distribution are not the same.

Previous studies agree that the vegetation type determines the distribution of these fungi (Guzmán 1973; Mueller and Halling 1995); other important factors that influence their distribution are soil properties, mainly acidity levels (Tyler 1985) and temperature (Tan and Wu 1986).

Echinoramaria species mainly prefer andosols, cambysols, feozems and leptosols soils; species from temperate environments prefer andosols and those of tropical areas leptosols and feozems. Temperate species inhabit in areas with Cb'(w₂) and C(w) climates; tropical ones prefer Am, Aw and (A)C(w) climates.

Few species of *Echinoramaria* form ectomycorrhizes, and are distributed in lowlands (Petersen 1981); these species have the same distributional pattern that the plant which they are associated with. In contrast, saprotrophic and necrotrophics respond to different factors such as altitude and soils.

Other important factors in the distribution of this group are the differences in the size of the basidiomata, spores and types of the ornamentation. The temperate (higher altitude) species frequently have thin basidiomata, short spores and small spines/warts, while lowland species (lower altitudes) commonly exhibit robust basidiomata, longer spores and bigger spines. This spore ornamentation presumably plays an important role in distribution.

Two groups are formed with the PCA analysis by spore morphology, the first formed by those species with bigger spores and spiny ornamentations, integrated by *R. longicaulis*, *R. gigantea*, *R. cokeri*, *R. zippelli*, *R. grandis*, *R. insigne*, and *R.*

sp. 5, which are species that inhabit lowlands and tropical areas, except for *R. longicaulis* that inhabits Mexican cloud forests. The second group is integrated by *R. roellini*, *R. sp. 7*, *R. myceliosa*, *R. articulotela*, *R. argentea*, *R. abietina*, *R. campoi*, *R. incognita*, *R. eumorpha*, *R. sp. 8*, *R. decurrens*, and *R. sp. 2, 3, 4*, generally inhabiting temperate montane areas of Mexico, except for *R. sp. 8* that is reported only in tropical lowland forests.

In this study, a differentiation between temperate and tropical species was confirmed, allowing us to deduce that environmental variables are determinant in the differentiation of the species of this subgenus, and that Mexico possesses all the suitable environments for the development of the species of this group.

Ramaria abietina and *R. myceliosa* were described for coniferous forests (Petersen 1981), and the digital elevation model was the determining factor for their distribution. On the other hand, *Ramaria grandis* and *R. zippelii* were described from tropical and subtropical regions; *R. grandis* is reported at elevations below 800 m asl (Petersen 1981).

With the jackknife environmental analysis, as well as with the PCA analysis, temperature and precipitation were the more important variables in the distribution of the subgenus species. In the case of species with a temperate distribution, the digital elevation model was also important. Species with a tropical distribution can be found at lower altitudes, i.e. from the coastal areas to higher ones in the central part of the country.

In the generation of the models for species that inhabit tropical areas, the temperature seasonality, annual mean temperature, isothermality, precipitation of wettest month and the mean temperature of coldest quarter are the most important

environmental variables. The most important environmental variables for the generation of models for species of temperate areas are the mean temperature of warmest quarter, digital elevation model, annual mean temperature and isothermality. With this, it is evident that this group of fungi strongly responds to climatic variables. Predictive models almost always project the existence of the species in the place where they are found; now is important to confirm that the species inhabit areas predicted by these models.

Based on our richness and endemism indices, we suggest two priority areas to be conserved based on this group of fungi: 1) areas with the highest taxonomic richness, located in the states of Hidalgo (eight species), Tlaxcala (six species), and in the Cuencas y Valles de México-Puebla region (Torres-Miranda & Luna 2007); 2) areas with highest weighted corrected endemism values, located in Chiapas, Oaxaca in Sierra Madre del Sur, and Los Altos de Jalisco. There are only decreted Natural Protected Areas in Hidalgo (Barrancas de Metztitlán, El Chico and Tula), Chiapas (Montes Azules, Lacantún, El Triunfo, La Sepultura, La Encrucijada, El Ocote, El Cañón del Sumidero and Chan-Kin) and Oaxaca (Tehuacán-Cuicatlán). There is not special protection in Los Altos de Jalisco, an area inhabited by five different species, as well as in the Tlaxcala region in the Faja Volcánica Transmexicana.

Results found lead us to the fundamental question in conservation biology, that is, what should we elect for better conservation strategies: sites with more species richness or with more concentration of endemic species, in the sense of Myers *et al.* (2000). We may consider that in some cases, many of the important components of biodiversity are not present in areas with species richness, as in

this example, due to the fact that many of them have a wide distribution, and with this they show a great adaptability, so they are not immediately endangered (Thirgood and Heath 1994). This is the case of *Ramaria grandis*, found at low and high altitudes and latitudes, and is one of the widely distributed species in Mexico. Because of the poor knowledge of this group in other places and countries, we cannot assure that any of the species studied is endemic to the Mexican territory.

The models accurately led analyze the efficiency and role in species conservation of the ANPs. It is evident that for the species that inhabit temperate areas, only four ANPs include these species, i.e. Sierra de Manantlán in Jalisco, Sierra de Chichinautzin-Lagunas de Zempoala in the states of México and Morelos, El Chico in Hidalgo, and La Malinche in Tlaxcala. There are several other neighbor ANPs where these fungi can potentially grow, but their presence must be confirmed.

Only three ANPs include species inhabiting tropical lowlands, i.e. Lagunas de Montebello in Chiapas, Calakmul in Campeche and Sian Ka'an in Quintana Roo. The situation of temperate species is more critical as there are few neighbor ANPs where these fungi potentially might have special protection.

Areas where these species are present and are not protected are Los Altos de Chiapas, the Sierra Madre del Sur in Guerrero and Oaxaca, which are places with tropical vegetation and semi-warm climate; and where collection efforts must be concentrated. Also, northern Tlaxcala, a Mexican state where there are not important areas of conservation, harbors a great amount of species.

This study represents an approximation to the distribution of the Mexican species of subgenus *Echinoramaria*; it is quite clear that environmental variables

are important in their distribution and ecological/morphological differentiation. Unfortunately this subgenus is not well represented in Mexican and foreign herbaria, so many more studies and collections are in need to confirm or refute the results presented herein.

Proposals of protected natural areas in Mexico have been based on the presence or absence of organisms with biological meaning. Notwithstanding, as Peterson *et al.* (2000) noted, the Mexican system of natural protected areas is an old one and was developed considering different motives, such as scenic beauty, recreational use, and historical importance, among others, so many that are important for biodiversity conservation are not included. It is necessary to mention that only 42 species of Fungi are included in some risk category in the Mexican official publication named 'Norma Oficial Mexicana 059' (SEMARNAT 2002), all of them listed as 'not endemic'. Thus, many species of *Echinoramaria* are good candidates to be included in this official Mexican publication.

Acknowledgements

Oswaldo Téllez helped with georeferentiation of the localities and Silvia Matías took the photographs of the spores in the scanning electron microscope. The authors are grateful to the curators of the following collections: Mario Ishiki (ECOSUR, San Cristóbal), Elvira Aguirre (MEXU), Joaquín Cifuentes (FCME), Laura Guzmán (IBUG), Ricardo Valenzuela (ENCB), Alejandro Kong (TLMX) Jesús García Jiménez (UTCV), Silva Capello (UJAT), and Gastón Guzmán (XAL).

PGA is grateful for the CONACYT grant 216021 and PGA and MVR for the financial support from DGAPA-PAPIIT IN-203009.

References

- Acosta-Pérez, R. and A. Kong-Luz. 1991. Guía de las excursiones botánicas y micológicas al cerro del Peñón y Cañada Grande de estado de Tlaxcala. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Sociedad Mexicana de Micología y Jardín Botánico Tizatlán, Tlaxcala.
- Alcántara, O. and M. Paniagua. 2007. Patrones de distribución y conservación de plantas endémicas, pp. 421-438, in Luna, I., J. Morrone and D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México D. F.
- Anderson R., D. Lew and A. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distribution: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162: 211-232.
- Baroni, J., D. Lodge and S. Cantrell. 1997. Tropical connections: sister species and species in common between the Caribbean and the Eastern United States. *Mcllvainea* 13: 5–18.
- Cannon, P. 1997. Strategies for rapid assessment of fungal diversity. *Biodiversity and Conservation* 6: 669-680.
- Contreras-Medina, R. and I. Luna, 2007. Species richness, endemism and conservation of Mexican gymnosperms. *Biodiversity and Conservation* 16: 1803-1821.

- Corner E. 1950. A monograph of *Clavaria* and allied genera. Oxford University Press. London.
- Corner E. 1970. Supplement to a monograph of *Clavaria* and allied genera. Beihefte zur Nova Hedwigia 33: 1-299.
- Crisp, M., S. Laffan, H. Linder and A. Monro. 2001. Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography* 28: 183–198.
- Christan, J. 2008. Die Gattung *Ramaria* in Deutschland. Monografie zur Gattung *Ramaria* in Deutschland, mit Bestimmungsschlüssel zu den europäischen Arten. (Edit) IHW-Verlag, Eching.
- Demoulin, V. 1973. Phytogeography of the fungal genus *Lycoperdon* in relation to the opening of the Atlantic. *Nature (London)* 242: 123-125.
- Eckblad, F. 1981. Soppgeografi. Universitetsforlaget, Oslo.
- Elith, J., R. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. Hijmans, F. Huettmann, J. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. Lohmann, B. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. Mc., C. Overton, A. Peterson, S. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. Wisz and N. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129–151.
- ESRI. 1999. ArcView Gis ver. 3.2. Environmental Systems Research Institute Inc., California.
- Estrada-Torres, A. 1994. La familia Gomphaceae (Aphylophorales: Fungi) en el estado de Tlaxcala. Doctoral dissertation. ENCB, IPN, México D.F.

- Franchi, P. and M. Marchetti. 2001. Introduzione allo studio del genere *Ramaria* in Europa. Libreria Mykoflora. Fungi non de lineati Paris 16: 1-104.
- García, J. and F. Garza. 2001. Conocimiento de los hongos de la familia Boletaceae de México. Ciencia (UANL) 4: 336-343.
- Giachini A. 2004. Systematic, Phylogeny and Ecology of *Gomphus sensu lato*. Doctoral dissertation. University of Oregon.
- González-Ávila, P. 2006. Contribución al conocimiento del género *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* y *Ramaria* en México. Bachelor dissertation. Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F.
- González-Ávila P., M. Villegas-Ríos and J. Cifuentes. 2009. Tropical and subtropical species of genus *Ramaria* subgenus *Echinoramaria* in Mexico. Mycotaxon (submitted).
- Guzmán, G. 1973. Some distributional relationships between Mexican and United States mycofloras. Mycologia 65: 1319-1330.
- Guzmán, G. 1983. Los hongos de la Península de Yucatán, II. Nuevas exploraciones y adiciones micológicas. Biótica 8: 71-100.
- Guzmán, G. 2003. Los hongos del Edén Quintana Roo, Introducción a la micobiota tropical de México. CONABIO e Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México.
- Halling, R., T. Osmundson and M. Neves. 2008. Pacific boletes: implications for biogeographic relationships. Mycological Research 112: 437-447.
- Hawksworth, D. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. Mycological Research 95: 641-655.

- Hawksworth, D. [2001](#). Mushrooms: The extent of the unexplored potential. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 3: 333-337.
- Hernández, P., C. Graham, I. Master and D. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773-785.
- Hibbett, D. 2001. Shiitake mushrooms and molecular clocks: historical biogeography of *Lentinula*. *Journal of Biogeography* 28: 231-241.
- Hosaka, K., S. Bates, R. Beever, M. Castellano, W. Colgan III, L. Domínguez, E. Nouhra, J. Geml, A. Giachini, S. Kenney, N. Simpson, J. Spatafora and J. Trappe. 2006. Molecular phylogenetics of the gomphoid-phalloid fungi with an establishment of the new subclass Phallomycetidae and two new orders. *Mycologia* 98: 949-959.
- Hosaka, K., M. Castellano and J. Spatafora. 2008. Biogeography of Hysterangiales (Phallomycetidae, Basidiomycota). *Mycological Research* 112: 448-462.
- Lange, K. 1974. The distribution of macromycetes in Europe. *Dansk Botanisk Arkiv* 30: 1–105.
- Lichtwardt, R. 1995. Biogeography and fungal systematics. *Canadian Journal of Botany* 73 (Suppl. 1): S731-S737.
- Lindenmayer, D., A. Nix, J. McMahon, M. Hutchinson and M. Tanton. 1991. The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri*: a case study of the use of bioclimatic modeling. *Journal of Biogeography* 18: 371-383.

- Linder, H. 2001. Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *Journal of Biogeography* 28: 169–182.
- Lira, R., J. Villaseñor and E. Ortiz. 2002. A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 1699-1720.
- Luna, I. 2008. Aplicaciones de la biogeografía histórica a la distribución de las plantas mexicanas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 217-241.
- Luna, I. O. Alcántara and R. Contreras-Medina. 2004. Patterns of diversity, endemism and conservation: an example with Mexican of Ternstroemiaceae Mirb. ex DC. (Tricolpates: Ericales). *Biodiversity and Conservation* 13: 2723-2739.
- Luna, I., O. Alcántara, R. Contreras-Medina and A. Ponce. 2006. Biogeography, current knowledge and conservation of threatened vascular plants characteristics of Mexican temperate forest. *Biodiversity and Conservation* 15: 3773-3799.
- Moncalvo, J. 1997. Evaluation of fungal biological diversity in the tropics: systematics perspectives, pp. 1-27, in: Janardhanan K.K, Rajendran C., Natarjan K., Hawksworth D.L. (eds.). *Tropical Mycology*. Science Publishers Inc., New Hampshire, USA.
- Mueller, G. and R. Halling. 1995. Evidence for high biodiversity of Agaricales (Fungi) in Neotropical montane *Quercus* forests, pp. 303-312, in: Churchill, S., H. Balslev, E. Forero and J.L. Luteyn (eds.). *Biodiversity and*

conservation of Neotropical montane forests. New York Botanical Garden, Bronx.

- Mueller, G. and Q-X. Wu (eds.). 1997. Mycological contributions of Rolf Singer: Field itinerary, index to new taxa, and list of publications. Fieldiana, Botany: n.s., 38. Chicago: Field Museum of Natural History.
- Mueller, G., Q-X. Wu, Y. Huang, S. Guo, R. Aldama-Gómez and R. Vilgalys. 2001. Assessing biogeographic relationships between North American and Chinese macrofungi. *Journal of Biogeography* 28: 271-281.
- Myers N., R. Mittermeier, C. Mittermeier, G. da Fonseca and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Nix, H. 1986. A biogeographic analysis of the Australian elapid snakes. In: R. Longmore. Atlas of elapid snakes. Australian Flora and Fauna Series No 7, pp. 4-15
- Pearce, J. and S. Ferrier. 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling* 133: 225–245.
- Petersen, R. 1981. *Ramaria* subgenus *Echinoramaria*. *Bibliotheca Mycologica* 79: 1-261.
- Peterson, A., S. Eghert, V. Sánchez-Cordero and K. Prince. 2000. Geographic analysis of conservation priority: endemic birds and mammals in Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 93: 85–94.

- Phillips, S., M. Dudik and R. Schapire 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. ACM International Conference Proceeding Series 69: 83.
- Phillips, S., R. Anderson and R. Schapire. 2006. A maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling 190: 231-259.
- Rapoport, E. 1975. Areografía: estrategias geográficas de las especies. Fondo de Cultura Económica, México.
- Rapoport, E. and J. Monjeau, 2001. Areografía, pp. 23-30, in: Llorente, J. and J. Morrone (eds.). Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Redhead, S. 1989. A biogeographical overview of the Canadian mushroom flora. Canadian Journal of Botany 67: 3003–3062.
- Rohlf, F. 2000. NTSYSpc, numerical taxonomy and multivariate analysis system, ver 2.11. Setauket, New York. Exeter Software.
- Rojas-Soto, O., O. Alcántara-Ayala and A. G. Navarro-Sigüenza. 2003. Regionalization of the avifauna of the Baja California peninsula, Mexico: a Parsimony Analysis of Endemicity and distributional modeling approach. Journal of Biogeography 30: 449-461.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa, México.

- Sánchez-Cordero, V., V. Cirelli, M. Munguía and S. Sarkar. 2005. Place prioritization for biodiversity representation using species ecological niche modelling. *Biodiversity Informatics* 2: 11-23.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-especies nativas de México y de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario oficial de la Federación. México, 6 de marzo.
- Serrato, A., G. Ibarra-Manríquez and K. Oyama. 2004. Biogeography and conservation of the genus *Ficus* (Moraceae) in México. *Journal of Biogeography* 31: 475-485.
- Stockwell, D. 1999. Genetic Algorithms II, in: *Machine learning methods for ecological applications*, A. H. Fielding (ed.). Kluwer Academic Boston, Massachusetts, pp. 123-144.
- Stockwell, D. and Noble, I. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. *Math. Comput. Simul.* 33,385-390.
- Stockwell, D. and Peters, D. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 13, 143-158.
- Tan, H. and R. Wu. 1986. The ecological and geographical distribution of 108 species of Macromycetes from the subtropical, evergreen, broad-leaved forest in China. *Mycotaxon* 25: 183-194.

- Thirgood, T. and M. Heath. 1994. Global patterns of endemism and the conservation of biodiversity, pp. 207–227, in: Forey, P., C. Humphries and R. Vane-Wright (eds.). *Systematics and Conservation Evaluation*. Systematics Association Special Vol. 50, Clarendon Press, Oxford, UK.
- Torres-Miranda, A., I. Luna-Vega and K. Oyama. 2009. Conservation biogeography of red oaks (*Quercus* L., section *Lobatae*) in Mexico and Central America. *American Journal of Botany*. submitted.
- Tyler, G. 1985. Macrofungi flora of Swedish beech forest related to soil organic matter and acidity characteristics. *Forest Ecology and Management* 10: 13-30.
- Vilgalys, R. and B. Sun. 1994. Ancient and recent patterns of geographic speciation in the oyster mushroom *Pleurotus* revealed by phylogenetic analysis of ribosomal DNA sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 91: 4599–4603.
- Villaseñor, J. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 105-135.
- Villaseñor, J., J. Meave, E. Ortiz and G. Ibarra-Manríquez. 2003. Biogeografía y conservación de los bosques tropicales húmedos de México, pp. 209-216, in: Morrone J.J. and J. Llorente (eds.). *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Watling, R. 2001. Australian boletes: their diversity and possible origins. *Australian Systematic Botany* 14: 407–416.

- Wollan, A., V. Bakkestuen, H. Kauserud, G. Gulden and R. Halvorsen. 2008. Modelling and predicting fungal distribution patterns using herbarium data. *Journal of Biogeography* 35: 2298-2310.

1. DISCUSIÓN

El conocimiento que se tiene acerca de los hongos a nivel mundial es mínimo. Se ha calculado que existen 1.5 millones de especies (Hawksworth [2001](#)), aunque también se han propuesto cifras que estiman que existen por lo menos 1.5-13.5 millones, existiendo como mínimo 712 000 especies en el mundo (Schmit y Mueller 2007), de los cuales probablemente sólo se conozcan entre un 5% y 10% (Cannon 1997; Hawksworth 1991, 2001; Moncalvo 1997; Manoharachary *et al.* 2005). El escaso conocimiento es debido a la falta de formación de micólogos, el bajo número de publicaciones y estudios a largo plazo que impiden responder concluyentemente sobre el número de especies de hongos (Dulymamode *et al.* [2001](#); Arnold *et al.* [2001](#); Hyde [2001](#); Hyde *et al.* [2007](#); Schmit y Mueller [2007](#); Mueller *et al.* [2007](#)), por lo que es de suma importancia la realización de este tipo de trabajos que contribuyen con este conocimiento.

El estudio aquí realizado permitió conocer de una forma más integral las especies del género *Ramaria* subgénero *Echinoramaria* que se desarrollan en México, así como algunos aspectos de su distribución donde lograron establecerse ciertos patrones.

En este trabajo se consideró la clasificación propuesta por Kirk *et al.* (2008), quienes consideran el concepto de *Echinoramaria* bajo la propuesta de Corner (1970), y no como *Phaeoclavulina* como lo retomó Giachini (2004), tomando como base que es el nombre más antiguo empleado, por lo tanto, por razones de prioridad de acuerdo al código internacional de nomenclatura botánica, se debe de designar de esta manera. Sin embargo, cuando Brinkmann en 1897 (en Petersen

1981), utilizó por primera vez el nombre de *Phaeoclavulina*, consideró a otros géneros dentro de este grupo. De esta manera, quien utilizó por primera vez el nombre adecuado como *Echinoramaria* para este grupo de hongos fue Corner (1970), describiendo al subgénero y al tipo.

Las evidencias morfológicas presentes en *Echinoramaria* que se han utilizado para diferenciar a las dos secciones son muy claras y aunque hay autores como Christan (2008) que considera que debería de tratarse no sólo de dos secciones diferentes, sino que tendrían que elevarse a nivel de subgénero, los caracteres morfológicos que propone en su caracterización son poco robustos ya que algunos pueden presentarse indistintamente en taxones de los dos subgéneros o secciones. Un ejemplo de esto son los cristales en forma de estrellas ubicados en el micelio, Christan (2008) afirma que son característicos del subgénero *Asteroramaria* (equivalente a *Flaccidae sensu* Petersen, 1981), sin embargo, pueden observarse también en especies del subgénero *Echinoramaria* (equivalente a *Dendrocladium sensu* Petersen, 1981). Los estudios filogenéticos realizados hasta ahora para *Echinoramaria* (*sensu* Petersen, 1981) han mostrado que conforman un grupo monofilético en donde no es clara la separación de las secciones (Giachini 2004; Hosaka 2006), por lo que en el presente trabajo se decidió considerar a *Flaccidae* y *Dendrocladium* bajo el concepto de Petersen (1981), y no considerar la actual propuesta Christan (2008) en tanto no exista una hipótesis filogenética mas robusta que aclare estas discrepancias de rango.

Una de las características más sobresalientes para diferenciar a la especies del subgénero *Echinoramaria* es la ornamentación de las esporas. Petersen (1981) caracterizó a la sección *Dendrocladium* por la ornamentación de las

esporas en forma de espinas y a *Flaccidae* por la presencia de verrugas. Atributo que retoma Christan (2008) para separar al subgénero *Echinoramaria* de *Asteroramaria*. Otro de los caracteres importantes en la diferenciación de las secciones del grupo es el color de la esporada, siendo café amarillento para *Dendrocladium* y amarillo-café para *Flaccidae*. Así mismo los tipos de basidios son característicos en ambas secciones, siendo bispóricos con contenido refringente de color café-amarillo para *Dendrocladium* y hialinos multigutulados, de (2)-4 esterigmas para *Flaccidae* (Petersen 1981). No obstante, especies como *Ramaria gigantea* presentan una condición intermedia respecto a estos atributos, ya que es la única especie del subgénero que presenta ambos tipos de basidios, además de presentar uno de los más grandes (hasta 100 μm).

Las especies de la sección *Flaccidae* suelen confundirse macroscópicamente con las del subgénero *Lentoramaria*, principalmente por el tamaño pequeño y coloración del basidioma, además de la frecuente presencia de micelio abundante y cordones miceliares en la base del estípite. Sin embargo, microscópicamente es fácil de distinguir, por la ornamentación de las esporas y el tipo de hifas del contexto.

La diferenciación en la ornamentación de las esporas dentro de *Echinoramaria* juega un papel importante en la segregación ecológica del grupo: se ha observado que las especies con una ornamentación de mayor tamaño se desarrollan en las zonas tropicales y subtropicales a diferencia de las de zonas templadas en donde la ornamentación de las esporas es más pequeña.

La mayoría de las especies estudiadas en este trabajo se desarrollan en bosques templados, aunque también es evidente una gran la riqueza de especies

en zonas tropicales como es la Península de Yucatán, principalmente para la sección *Dendrocladium*. Este subgénero en general presenta una gran diversidad de especies, ya que se lograron diferenciar 25 taxones, encontrándose dos nuevas especies y una gran cantidad de nuevos registros para el país. Por primera vez se presentan especies que se pueden desarrollar en altitudes desde los 10 m hasta los 3000 m. El grupo tiene gran adaptabilidad a diversas condiciones, existiendo especies tanto tropicales como templadas. Las zonas mejor colectadas se encuentran en el centro de país y son templadas, ya que en este lugar se ubican la mayor cantidad de grupos de trabajos dedicados a los hongos, sin embargo es importante decir que aunque se tiene la mayor cantidad de especies en estas áreas, no significa ahí es donde se encuentre la mayor diversidad, porque aún faltan colectas en las zonas tropicales.

Es necesario seguir realizando futuras colectas tanto en áreas ya exploradas (para mejorar e incrementar la información actual) como en las poco o no exploradas si pretendemos avanzar en el inventario fúngico. El modelo de distribución generado en este trabajo permitirá identificar las posibles áreas de distribución para identificar las áreas a colectar.

Uno de los principales problemas con respecto al material depositado en los herbarios mexicanos para la realización de las determinaciones de las especies, fue la falta de datos de campo en los ejemplares recolectados, por lo cual son referidos sólo como sp. Es necesario la realización de recolectas en donde se tengan datos de campo de calidad, como es la coloración en cada una de sus partes así como la consistencia, entre otros atributos. Lo más favorable en esta situación sería tener claro cuáles son los principales datos de campo para cada

uno de los grupos de hongos a recolectar, además de ser posible tomar fotografías en vivo.

4.- CONCLUSIONES

- Hay una amplia diversidad de especies del subgénero *Echinoramaria* en México en este estudio fueron diferenciadas 18 especies, que correspondiendo al 40% del total de especies actualmente conocidas del mundo.
- De los 25 taxones identificados, tres estaban previamente citadas para México por lo que se logró ampliar su distribución. *Ramaria abietina*, *R. myceliosa*, *R. grandis* f. *cyanocephala*, *R. grandis* f. *grandis*, *Ramaria argentea*, *R. articulotela*, *R. campoi*, *R. cokeri*, *R. decurrens*, *R. eumorpha*, *R. gigantea*, *R. incognita*, *R. insignes*, *R. longicaulis*, *R. roellini*, *R. zippelii* f. *zippelii*, *R. zippelii* f. *aeruginosa*, son nuevos registros para el país. Mientras que *R. liliputensis* y *R. yumkaensis* son nuevas especies para la ciencia. Y otras sp. debido a la falta de datos macroscópicos, se impidió diferenciarlas, sin embargo no se parece a ninguna de las especies aquí descritas y probablemente de se trata de nuevas especies.
- El estudio biogeográfico permitió proponer dos áreas prioritarias para su conservación considerando la riqueza de especies encontrada en México, lo que a su vez coincide con el análisis de distribución

potencial de estas especies, que son la zona centro de México y la península de Yucatán.

- La distribución de este subgénero está fuertemente correlacionada con factores ambientales y la cual se manifiesta en los patrones de ornamentación de las esporas.
- En futuras recolectas, es importante tomar buenos datos de campo, para una pronta y fácil identificación de los ejemplares.

LITERATURA CITADA

- Arnold, A. Zuleyka, M. & Gilbert, G. 2001. Fungal endophytes in dicotyledonous Neotropical trees: patterns of abundance and diversity. *Mycological Research* 105(12): 1502–1507.
- Cannon, P. 1997. Strategies for rapid assessment of fungal diversity. *Biodiversity and Conservation* 6:669-680.
- Christan, J. 2008. Die Gattung *Ramaria* in Deutschland. Monografie zur Gattung *Ramaria* in Deutschland, mit Bestimmungsschlüssel zu den europäischen Arten. (Edit) IHW-Verlag, Eching
- Corner, E. 1970. Supplement to a monograph of *Clavaria* and allied genera. Verlag Von J. Cramer, Lehre.
- Dulymamode, R., Cannon, P. & Peerally, A. 2001. Fungi on endemic plant Mauritius. *Mycological Research* 105: 1472–1479.

- Giachini A. 2004. Systematic, Phylogeny and Ecology of *Gomphus sensu lato*. Doctoral dissertation. University of Oregon.
- Hawksworth, D. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* 95: 641-655.
- Hawksworth, D. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research* 105: 1422-1432.
- Hosaka, K., Bates, S., Beever, R., Castellano, M., Colgan III, W., Domínguez, L., Nouhra, E., Geml, J., Giachini, A., Kenney, S., Simpson, N., Spatafora, J. & Trappe, J. 2006. Molecular phylogenetics of the gomphoid-phalloid fungi with an establishment of the new subclass Phallomycetidae and two new orders. *Mycologia* 98: 949-959.
- Hyde, K. 2001. Where are the missing fungi? Does Hong Kong have any answers? *Mycological Research* 105(12): 1514–1518.
- Hyde, K., Bussaban, B., Paulus, B., Crous, P., Lee, S., McKenzie, C., Photita, W., & Lumyong, S. 2007. Diversity of saprobic microfungi. *Biodivers Conserv* 16(1):7–35.
- Kirk, P., Cannon, P., Winter, D. & Stalper, J. 2008. *Dictionary of the fungi*. CAB International, Wallingford.
- Manoharachary, C., Sridhar, K., Singh, R., Adholeya, A., Suryana, T., Rawat, S. & Johri, B. 2005. Fungal biodiversity: Distribution, Conservation and Protecting of Fungi from India. *Curr. Sci.*, 89: 58-71.

- Moncalvo, J., 1997. Evaluation of Fungal Biological Diversity in the tropics: Systematics Perspectives. In: Janardhanan, K., Rajendran, C., Natarjan, K., Hawksworth, D., (eds.). Tropical Mycology. Science Publishers Inc., Enfield.
- Mueller, G, Schmit, J., Leacock, P., Buyck, B, Cifuentes, J. & Desjardin, D. 2007. Global diversity and distribution of macrofungi. Biodivers. Conserv. 16(1): 37–48.
- Schmit, J. & Mueller, G. 2007. An estimate of the lower limit of global fungal diversity. Biodivers. Conserv. 16(1): 99–111.