



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
“DISTRIBUCIÓN DE LOS MUSGOS ASOCIADOS A COSTRAS
BIOLÓGICAS DEL SUELO EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DEL
CERRO MANRUBIO EN SAN ANTONIO TEXCALA, PUEBLA”

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGA

PRESENTA
MARIELA CASTILLO CABRERA

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Víctor Manuel Rivera Aguilar

Edo. De México, Septiembre 2015



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.

Dedicatorias

A mis padres que siempre supieron que lo lograría.

A mis hermanos por siempre creer en mí.

A mis sobrinos de los que soy el ejemplo a seguir.

A mi abuelo que insistió en que terminará

A Miguel que siempre dijo “tú sabes que puedes”.

A mis amigos y a todos los que creyeron en mí.

Agradecimientos

Gracias a esta universidad por formarme profesionalmente, pero más que a la universidad, a las personas que la integran, a los profesores y amigos que hicieron de estos años una grata experiencia. También agradezco al personal de mantenimiento de las áreas verdes (cómodos pastos) de la FESI que hicieron de mis recesos momentos de iluminación.

Gracias a mi familia por apoyarme siempre, en especial a mi madre que siempre me apoyo en todas mis decisiones, incluso cuando sabía que estaba equivocada. También a mi padre por darme techo y sustento. Gracias a mi hermana Jacqueline y a mi hermano Carlos por ser un ejemplo a seguir. Y a mi hermana Laura por siempre apoyar a toda la familia. Gracias a Miguel que me acompañó a retomar mis estudios, en esos y otros momentos tan importantes, me enseñó a conocer lo que en verdad quiero y me ha apoyado siempre, aunque sean tiempos difíciles.

Gracias a mis amigos de la FESI, a Marco Mancera que hizo de mis días muy alegres y divertidos, a Monse que me apoyo cuando volví, a Jovita por ser una buena amiga y librarme de María Eugenia, a Karla por hacerme reír demasiado y enseñarme lo hermoso que es tener un bebé panda.

Gracias al Prof. Víctor que me brindo un proyecto cuando tenía solo un día para registrar mi LICYT, por estar pendiente de la tesis a lo largo de su desarrollo, por brindarme su confianza y por hacerme parte de su equipo. También agradezco al profesor Tejero por prestarme el material de consulta, el laboratorio, su tiempo y sus atenciones.

Gracias al PAPIIT IN219914 por el financiamiento en la investigación y a los pobladores del núcleo agrario de San Antonio Texcala, Puebla por la confianza y por su dedicación en la preservación del Área Natural Protegida Tehuacán-Cuicatlán.

ÍNDICE

CONTENIDO	Página
Resumen	1
Introducción	2
- Antecedentes	
- Objetivo	
- Objetivos particulares	
Materiales y Método	12
- Área de estudio	
- Muestreo	
- Determinación taxonómica	
- Análisis estadísticos	
Resultados	15
- Descripción de la comunidad de musgos	
- Distribución altitudinal de los musgos	
- Análisis fisicoquímicos del suelo	
- Descripciones por Familia	
<i>Bryacea</i>	
<i>Fissidentaceae</i>	
<i>Pottiaceae</i>	
- Descripciones por Género	
<i>Bryum</i>	
<i>Fissidens</i>	
<i>Pseudocrossidium</i>	
<i>Weissia</i>	
<i>Didymodon</i>	
<i>Neohyophila</i>	
<i>Aloina</i>	
- Variación en la composición de musgos a lo largo del gradiente altitudinal	
- Variación en las propiedades del suelo a lo largo del gradiente altitudinal	
Discusión	53
- Descripción de la comunidad de musgos	
- Distribución altitudinal de los musgos	
- Relación de los musgos con los parámetros fisicoquímicos	
Conclusión	57
Bibliografía	58
Glosario	62

Resumen

Las costras biológicas del suelo (CBS) median los procesos críticos en ecosistemas áridos. Se sabe que las CBS dominadas por musgos mejoran las condiciones microambientales y forman parte de un estado sucesional avanzado. Por lo tanto, es de gran importancia conocer como se ve afectada la distribución de musgos de las CBS a lo largo de diferentes altitudes en sistemas de desierto. El objetivo de este estudio fue determinar la distribución altitudinal de los musgos de las costras biológicas del suelo (CBS) del Cerro Manrubio en San Antonio Texcala Puebla. Se colectaron muestras de CBS dominadas por musgos, de nueve pisos altitudinales (n=27). Se determinó el pH, materia orgánica y humedad del suelo y se correlacionó con la presencia de musgos. Se encontró un total de siete géneros de musgos distribuidos en tres familias. La familia *Pottiaceae* se presentó en el 96.3% de las muestras, *Bryaceae* en el 25.9% y *Fissidentaceae* en un 3.7%. Los géneros más comunes fueron *Pseudocrossidium* (77.7%), *Weissia* (59.2%) y *Bryum* (25.9%). Los musgos se distribuyeron en un patrón de parches, asociados a rocas, herbáceas, cerca de las raíces de agaves, cactáceas y arbustos. La humedad gravimétrica varió desde el 1.97 % hasta el 2.98 %, el pH del suelo fue de 7.69 a 8.09 y la materia orgánica del suelo varió de 10.61% a 22.41%, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre pisos altitudinales ($p < 0.05$). Tampoco se encontró correlación significativa entre los parámetros analizados y los géneros de musgos. El análisis de similitud de Sørensen mostró que los pisos altitudinales de 2030 m s. n. m. y 2300 m s. n. m. tuvieron un porcentaje de similitud del 90.95%. Este estudio se integra al programa de ordenamiento territorial del núcleo agrario de San Antonio Texcala, Puebla que permite conocer la biodiversidad para realizar el manejo para la conservación de los recursos naturales y así contribuir con el avance social de los habitantes.

INTRODUCCIÓN

Los musgos son organismos dentro del grupo de las briofitas, que forman extensas carpetas verdes en el suelo (Delgadillo, 1992), son típicamente pequeños y ocultos, a menudo infértiles que poseen un conjunto de estrategias que permiten su sobrevivencia en ambientes extremos (Belnap-Lange, 2001)(Figura 2). Los musgos promueven la formación del suelo acelerando su humificación y los procesos físicos y químicos, capturando partículas del ambiente, además de que contribuyen de forma directa al incremento de la materia orgánica. Los nutrientes que toman los musgos son liberados y puestos a disposición de otros organismos por lixiviación (Eldrige, 1996). La distribución de la biodiversidad de musgos está determinada por las condiciones bióticas tales como: la competencia y la depredación; y abióticas como la precipitación, la evapotranspiración, la latitud y la altitud. Los musgos se distribuyen ampliamente en todos los ambientes (Raven, 1975). Se estima que existen 1000 especies de estos distribuidos en todos los ambientes de México (Delgadillo-Moya, 2014), representando un grupo importante en la flora nacional (Molina-Van, 2010).

A nivel mundial se han reportado aproximadamente 80 especies de musgos en costras biológicas de áreas áridas y semiáridas (Rivera *et al.*, 2005). Los musgos dominantes en estas áreas pertenecen a las familias Pottiaceae, Bryaceae, Funariaceae, Dittriciaceae, y Gigaspermaceae.

Las costras biológicas del suelo (CBS) son una asociación entre las partículas del suelo y diferentes comunidades de organismos, como los musgos (Rivera *et al.*, 2004) (Figura 1). En ambientes áridos las CBS constituyen una comunidad biótica especializada que ejercen un fuerte impacto en los procesos clave del ecosistema, actuando como hábitats para otros organismos (Maestre *et al.*, 2011). En la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, que es una zona semiárida, donde las CBS se encuentran ampliamente distribuidas (SEMARNAT, 2013), se han realizado pocos estudios donde se reporta 57 especies y variedades de musgos (Delgadillo-Zander, 1984). Para el caso de las costras biológicas se tiene un registro de 19 especies de musgo asociadas a estas comunidades edáficas

(Rivera *et al.*, 2006). Lo que hace un total de 32 géneros y 65 especies y variedades de musgos reportados para la zona de estudio Tabla 1.

Los estudios sobre la distribución de los musgos en un gradiente altitudinal son escasos e importantes ya que aportan datos sobre la dinámica de las comunidades en respuesta a las propiedades del suelo, la variación climática, la orientación de las colinas y su pendiente (López *et al.*, 2003). La altitud es un factor que influye en la distribución de los organismos.

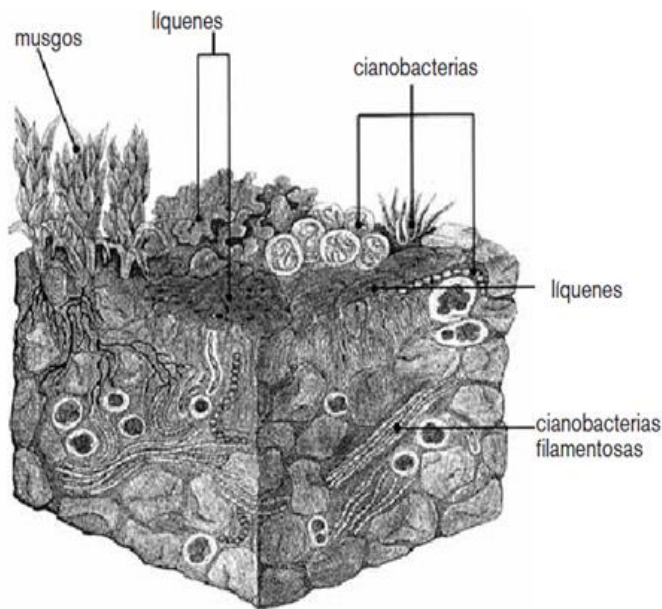


Figura 1. Corte de superficie de suelo, mostrando los principales componentes de una costra biológica (Rivera *et al.*, 2004).



Figura 2. A) *Pseudocrossidium replicatum*, B) *Bryum argenteum* (Tropicos, 2015).

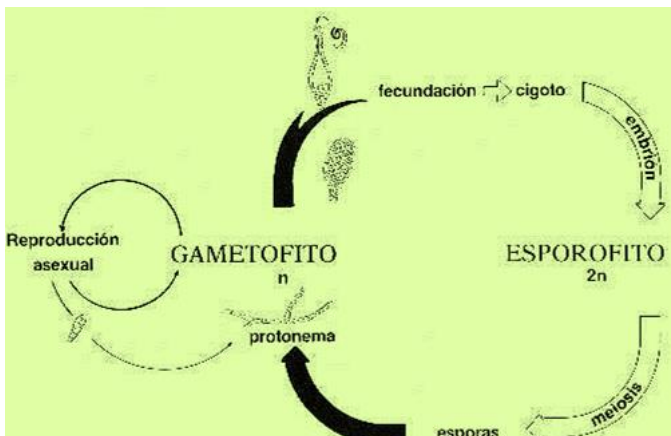


Figura 3. Ciclo de vida de musgos (Sociedad Latinoamericana de Briología, 2015).

Tabla 1. Musgos reportados para el Valle de Tehuacán Puebla.

Familia	Genero	Especie
<i>Bartramiaceae Schwägr.</i>	<i>Philonotis Brid.</i>	<i>Philonotislongiseta (Michx.) E. Britton</i>
<i>Bryaceae Schwägr.</i>	<i>Brachymenium Schwägr.</i>	<i>Brachymenium exile (Dozy & Molk.) Bosch & Sande Lac.</i>
		<i>Brachymenium mexicanum Mont.</i>
	<i>Bryum Hedw.</i>	<i>Bryum apiculatum Schwägr.</i>
		<i>Bryum argenteum Hedw.</i>
		<i>Bryum billarderi Schwägr.</i>
<i>Bryum capillare Hedw.</i>		
<i>Cryphaeaceae Schimp.</i>	<i>Cryphaea D. Mohr</i>	<i>Cryphaeapolycarpa Schimp.</i>
<i>Erpodiaceae Broth.</i>	<i>Erpodium (Brid.) Brid.</i>	<i>Erpodium acrifolium R.A. Pursell</i>
		<i>Erpodium beccari Müll. Hal.</i>
		<i>Erpodium pringlei E. Britton</i>
<i>Fabroniaceae Schimp.</i>	<i>Fabronia Raddi</i>	<i>Fabronia ciliaris (Brid.) Brid.</i>
		<i>Fabronia ciliaris var. wrightii (Sull.) W.R. Buck</i>
		<i>Fabronia wrightii Sull.</i>
<i>Fissidentaceae Schimp.</i>	<i>Fissidens Hedw.</i>	<i>Fissidens crispus Mont.</i>
		<i>Fissidens repandus Wilson</i>
<i>Funariaceae Schwägr.</i>	<i>Funaria Hedw.</i>	<i>Funaria apiculatopilosa Cardot</i>
		<i>Funaria orizabensis Müll. Hal.</i>
	<i>Physcomitrium (Brid.) Brid.</i>	<i>Physcomitrium subsphaericum Schimp.</i>
<i>Leskeaceae Schimp.</i>	<i>Lindbergia Kindb.</i>	<i>Lindbergia mexicana (Besch.) Cardot</i>
<i>Orthotrichaceae Arn.</i>	<i>Macrocoma (Hornsch. ex Müll. Hal.) Grout</i>	<i>Macrocoma orthotrichoides (Raddi) Wijk & Margad</i>
	<i>Orthotrichum Hedw.</i>	<i>Orthotrichum diaphanum Schrad. ex Brid.</i>
		<i>Orthotrichum pycnophyllum Schimp.</i>
<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Aloina Kindb.</i>	<i>Aloina bifrons (De Not.) Delgad.</i>
		<i>Aloina hamulus (Müll. Hal.) Broth.</i>
	<i>Barbula Hedw.</i>	<i>Barbula convolutea Hedw.</i>
		<i>Barbula ehrenbergiana Müll. Hal.</i>
		<i>Barbula indica (Hook.) Spreng.</i>
		<i>Barbula orizabensis Müll. Hal.</i>
		<i>Barbula spiralis Schimp.</i>
	<i>Crossidium Jur.</i>	<i>Crossidium crassinerve var. crassinerve</i>
	<i>Didymodon Hedw.</i>	<i>Didymodon australasiae var. australasiae</i>
		<i>Didymodon australasiae var. umbrosus (Müll. Hal.) R.H. Zander</i>
		<i>Didymodon incrassatolimbatus Cardot</i>
<i>Didymodon revolutus (Cardot) R.S.</i>		

		<i>Williams</i>
		<i>Didymodon rigidulus</i> var. <i>gracilis</i> (Schleich. ex Hook. & Grev.) R.H. Zander
		<i>Didymodon rigidulus</i> var. <i>rigidulus</i>
		<i>Didymodon tophaceus</i> (Brid.) Lisa
		<i>Didymodon vinealis</i> (Brid.) R.H. Zander
		<i>Didymodon vinealis</i> var. <i>luridus</i> (Hornsch.) R.H. Zander
	<i>Eucladium</i> Bruch & Schimp.	<i>Eucladium verticillatum</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.
	<i>Globulinella</i> Steere	<i>Globulinella globifera</i> (Hampe) Steere
	<i>Gymnostomum</i> Nees & Hornsch.	<i>Gymnostomum aeruginosum</i> Sm.
	<i>Gyroweisia</i> Schimp.	<i>Gyroweisia obtusifolia</i> Broth.
	<i>Husnotiella</i> Cardot	<i>Husnotiella revoluta</i> Cardot
	<i>Hymenostylium</i> Brid.	<i>Hymenostylium recurvirostrum</i> (Hedw.) Dixon
	<i>Hyophila</i> Brid.	<i>Hyophila involuta</i> (Hook.) A. Jaeger
	<i>Molendoa</i> Lindb.	<i>Molendoa sendtneriana</i> (Bruch & Schimp.) Limpr.
	<i>Neohyophila</i> H.A. Crum	<i>Neohyophila sprengelii</i> var. <i>stomatodonta</i> (Cardot) R.H. Zander
	<i>Phascum</i> Hedw.	<i>Phascum brittoniae</i> H.A. Crum & Steere
	<i>Pseudocrossidium</i> R.S. Williams	<i>Pseudocrossidium aureum</i> (E.B. Bartram) R.H. Zander
		<i>Pseudocrossidium replicatum</i> (Taylor) R.H. Zander
		<i>Pseudocrossidium replicatum</i> var. <i>longicuspdatum</i> R.H. Zander
	<i>Tortella</i> (Lindb.) Limpr.	<i>Tortella humilis</i> (Hedw.) Jenn.
	<i>Tortula</i> Hedw.	<i>Tortula aurea</i> E.B. Bartram
		<i>Tortula fragilis</i> Taylor
		<i>Tortula obtusissima</i> (Müll. Hal.) Mitt.
		<i>Tortula papillosa</i> Wilson
		<i>Tortula rhizophylla</i> (Sakurai) Z. Iwats. & K. Saito
	<i>Trichostomum</i> Hedw.	<i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch
		<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch
	<i>Weissia</i> Hedw.	<i>Weissia andrewsii</i> E.B. Bartram
		<i>Weissia controversa</i> Hedw.
		<i>Weissia jamaicensis</i> (Mitt.) Grout
<i>Splachnobryaceae</i> A.K. Kop.	<i>Splachnobryum</i> Müll. Hal.	<i>Splachnobryum obtusum</i> (Brid.) Müll. Hal.

Principales características para la determinación de los géneros de musgos.

Tipos de Costa

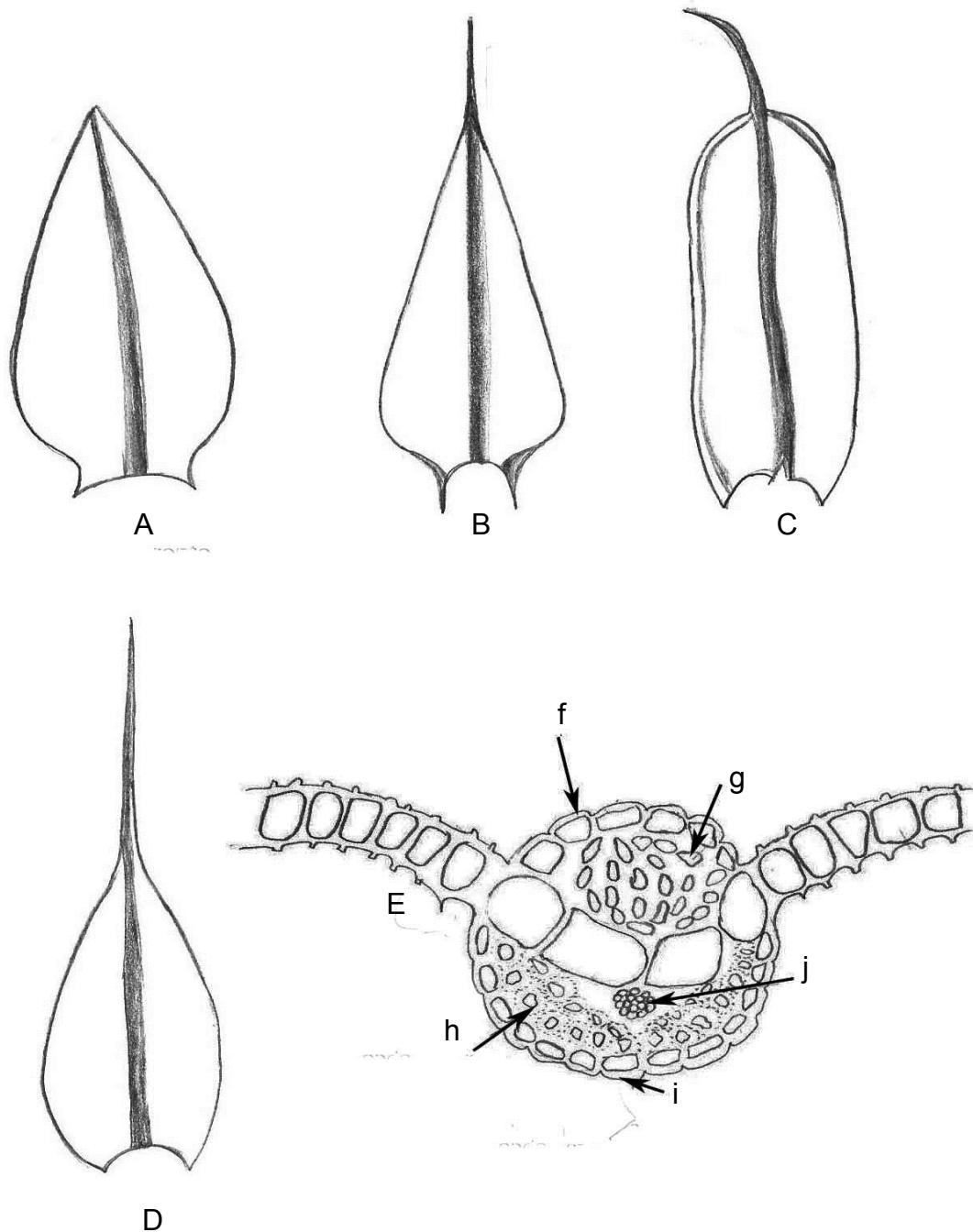


Figura 4. Tipos de Costa presentes en el musgo: A) percurrente, B) cortamente excurrente, C) excurrente como arista o pelo, D) excurrente con una arista espinulosa, E) Corte transversal del filidio; f) epidermis adaxial, g) banda estereida adaxial, h) banda estereida abaxial, i) epidermis abaxial, j) hidroides.

Forma del Filidio

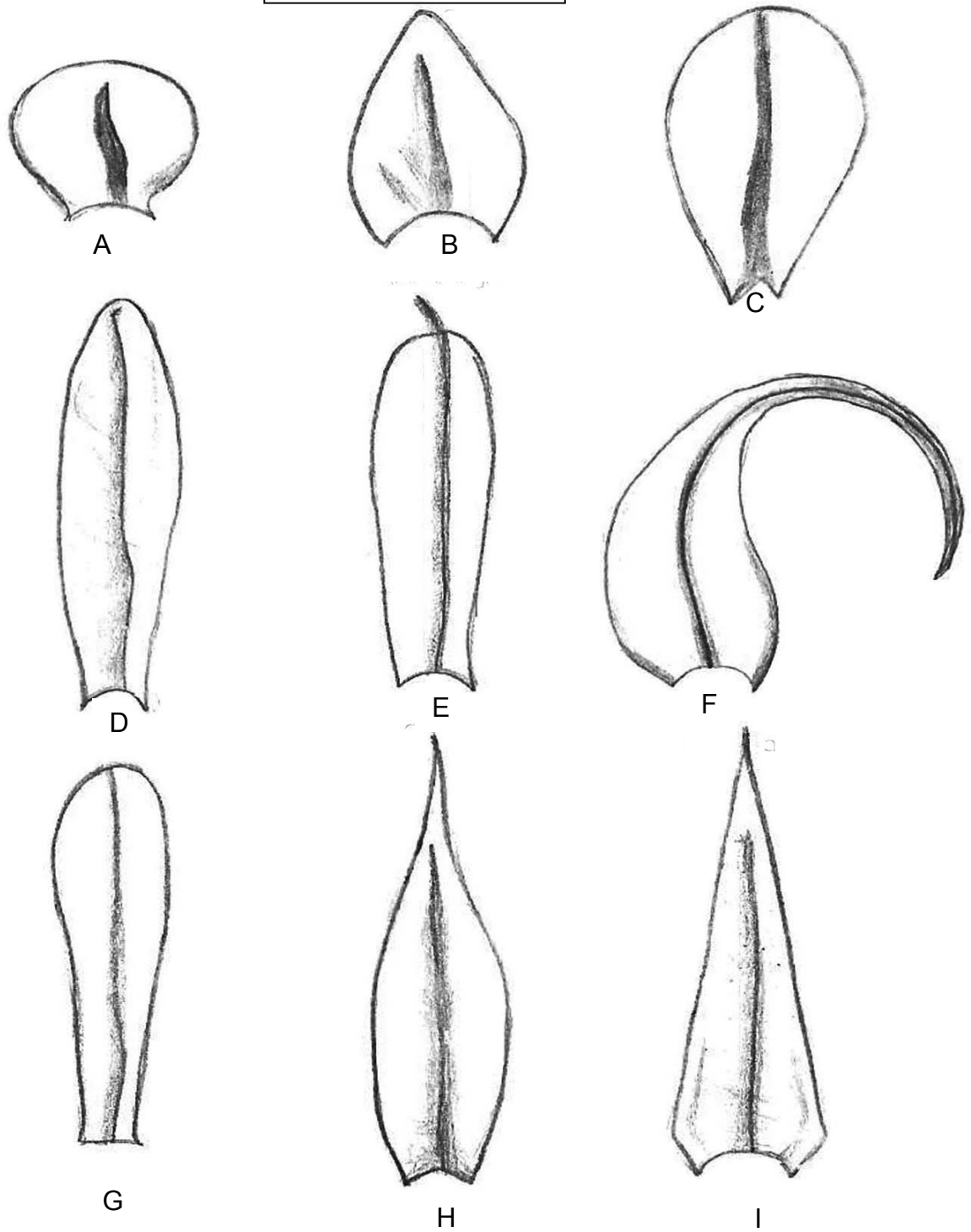
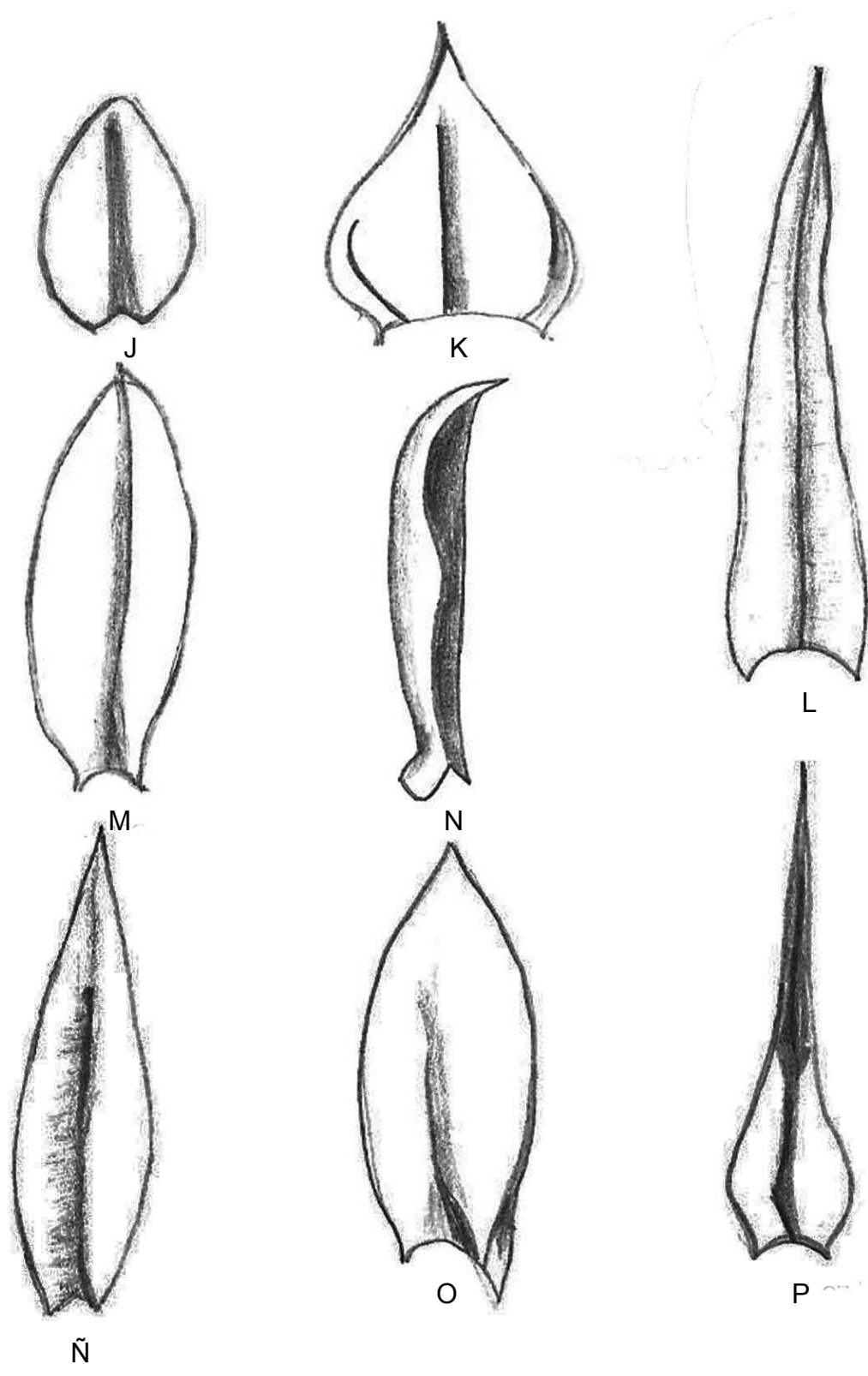
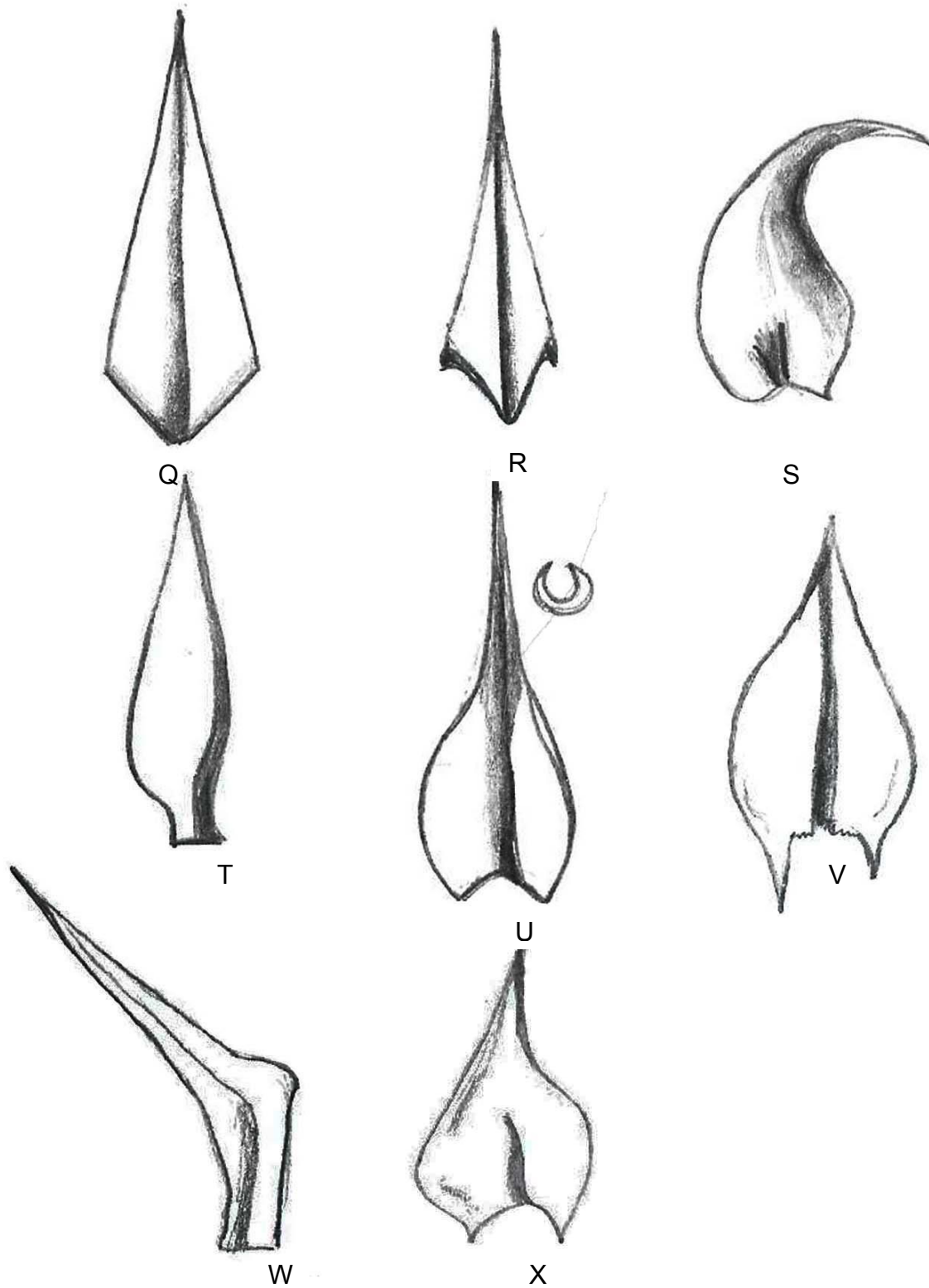


Figura 5. Formas del filidio: A) orbicular, B) ovado-aguda, C) ovado, D) oblongo, E) ligulado, F) circinado-plegado, G) espatulado, H) lanceolado-acuminado, I) triangular alargado.



J) ovado, K) deltoide, L) linear, M) oblongo, N) cóncavo-cuculado, Ñ) lanceolado, O) ondulado, P) subulado con base ovada.



Q) canaliculado, R) tubulado con base envainante, S) falcado T) conduplicado U) tubuloso V) ovado-lanceolado W) tubulado con base envainante X) ovoide-acuminado.

Antecedentes

Delgadillo y Zander en 1984, realizó un estudio la flora de musgos en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán- Cuicatlán donde reporto 57 especies y variedades de musgos.

Delgadillo en 1992 presento una síntesis sobre la distribución geográfica de musgos mexicanos donde los géneros *Bryum*, *Campylopus*, *Fissidens*, *GrimmiayTortula* son particularmente importantes porque están representados por numerosas especies en México.

Rivera y colaboradores en 2006, realizó un estudio de distribución y composición de cianobacterias, musgos y líquenes de costras biológicas del suelo de la Reserva de la Biósfera de Tehuacán- Cuicatlán, donde reporta 19 especies de musgo.

Büdel *et al.* en 2008 menciona que los musgos ocurren en CBS con baja frecuencia de perturbación y que largos periodos de sequía pueden eliminar a los musgos. Considera que no se muestra una clara distribución en los musgos para la región suroeste de África debido a que se ven afectados por factores macroclimáticos.

Langhans *et al.* en 2009 en los ecosistemas de arena de Darmstadt, en Hesse, Alemania encontró cinco especies de musgos en etapas iniciales y finales de la sucesión en CBS: *Brachythecium*, *Bryum argenteum*, *Hypnum cupressiforme var. lacunosum*, *Tortella inclinata* y *Tortula ruraliformis*.

Rivera *et al.* en 2009 reporta análisis fisicoquímicos del suelo debajo de CBS para el Valle de Tehuacán- Cuicatlán donde muestra materia orgánica en un intervalo de 9 a 13% y el pH de 7.14 a 8.11.

Chamizo *et al.* en 2012 la presencia de cianobacterias, líquenes y musgos en CBS agregan más estabilidad al suelo que debajo de costras físicas o CBS poco desarrolladas, en ecosistemas semiáridos en el sureste de España.

Zubiri *et al.* en 2013 encontró que *Bryum argenteum* asociado a CBS causa condiciones más ácidas comparadas con el suelo del interespacio en una región semiárida en Llanos de Ojuelos Jalisco.

Delgadillo-Moya en 2014 reporta que se estiman 1000 especies de estos distribuidos en todos los ambientes de México, la familia *Pottiaceae* es la más importante con alrededor de 16% del total de especies. Las *Pottiaceas* son musgos de ambientes extremos por lo que su distribución en México está generalizada.

OBJETIVO

Determinar la distribución altitudinal de los musgos de las Costras Biológicas del suelo del Cerro Manrubio en San Antonio Texcala Puebla.

Objetivos particulares

*Realizar las descripciones detalladas de los musgos presentes en 9 pisos altitudinales del Cerro Manrubio en San Antonio.

*Determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo (pH, materia orgánica y humedad).

*Realizar el análisis estadístico por correlaciones entre parámetros físicos y biológicos, por métodos multivariados.

MATERIALES Y MÉTODO

Área de estudio

El estudio se realizó en el núcleo agrario de San Antonio Texcala, Puebla en el cerro Manrubio que pertenece al municipio de Zapotitlán Salinas, entre los $18^{\circ} 21' 48''$ y $18^{\circ} 26' 33''$ N y los $97^{\circ} 25' 32''$ y $97^{\circ} 29' 58''$ O (Figura 6). El territorio donde se asienta San Antonio Texcala presenta un relieve montañoso (Figura 7) debido a que el municipio de Zapotitlán Salinas pertenece a dos regiones morfológicas la porción Noreste es parte del Valle de Tehuacán y el resto se incluye en la Provincia de la Sierra de Zapotitlán ubicada al suroeste del Valle de Tehuacán formando un arco que recorre en Norte, Este y Sur declinado hacia el centro-este, donde el municipio alcanza su menor altura (Dávila *et al.*, 2002).



Figura 6. Mapa del área de estudio.



Figura 7. Paisaje montañoso del núcleo agrario de San Antonio Texcala, Puebla.

Muestreo

Se realizó el muestreo el 16 de Agosto de 2014 en un transecto con exposición Noreste del Cerro Manrubio ubicado al Noreste del Valle de Zapotitlán, en un gradiente altitudinal entre 2030 y 2360 m s. n. m. Se muestrearon nueve pisos altitudinales con tres repeticiones Tabla 2, donde se incluyeron zonas del suelo con CBS y presencia de musgos. Se colectaron un total de 27 muestras, colocándolas en sobres de papel cada una, se etiquetaron con el número de repetición además de una pequeña descripción del microhábitat de muestreo. También se colectó en bolsas de plástico 300 g de suelo de cada muestra. Se realizó un banco de fotografías de la vegetación de cada piso altitudinal y de cada costra biológica muestreada para su determinación taxonómica.

Para los análisis fisicoquímicos del suelo se utilizaron 300 g de suelo para la medición de pH (10 g de suelo en 25 ml de agua destilada) por método Potenciométrico, humedad por método de Gravimetría y Materia orgánica por método de Walkley y Black, (1947) "Oxidación con Ácido Crómico y Ácido Sulfúrico".

Tabla 2. Altitud de cada piso altitudinal.

Piso	Altitud m s.n.m.
1	2030
2	2067
3	2140
4	2186
5	2221
6	2248
7	2300
8	2332
9	2360

Determinación taxonómica

Los musgos fueron hidratados y preparados para su observación a microscopio estereoscópico, después se hicieron las preparaciones de cortes histológicos para su observación a microscopio óptico. Se realizaron esquemas de la forma del filidio y tipos de costa de los musgos (Figura 4 y 5) para su determinación, y esquemas del filidio, caulidio y el tipo de células laminares de cada musgo. La identificación de los organismos se realizó a nivel de género, debido a la ausencia del esporófito en las 27 muestras. Se utilizaron en la determinación las claves de Sharp (1994) "America The Moss Flora of México" y de Gradstein *et al.* (2001) "Guide to the Bryophytes of Tropical. Se creó un glosario para facilitar la observación de las estructuras de los musgos. Con los datos obtenidos se creó una tabla de las familias y los géneros. Además se realizó un catálogo ilustrado con descripciones de cada una de las familias y de los géneros presentes en el Cerro Manrubio. Se dio una descripción del Microhábitat para definir los principales factores que permiten el desarrollo de los musgos en las CBS.

Análisis estadísticos

Para determinar si hubo diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos a lo largo del gradiente altitudinal, se realizó una prueba de Análisis de Varianza ANOVA de una vía utilizando el programa estadístico Minitab 16. Para realizar el análisis de similitud de Sørensen se realizó a partir de los musgos de cada piso latitudinal y se utilizó el programa estadístico Primer 5.

Para analizar qué factores del suelo tuvieron efectos sobre la riqueza de musgos se realizó un análisis de correlación de Pearson utilizando el programa estadístico Minitab 16.

RESULTADOS

Descripción de la comunidad de musgos.

Se encontró un total de siete géneros distribuidos en tres familias Tabla 3, en el Cerro Manrubio. Se da la descripción detallada por familia y género se acompaña con los esquemas para cada género (Figura 17, 18, 20, 22, 23, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 35, 36).

Distribución altitudinal de los musgos.

Los musgos se presentaron en las 27 muestras. La familia *Pottiaceae* se encontró en 26 muestras (96.3%), *Bryaceae* en siete (25.9%) y *Fissidentaceae* en una (3.7%) Tabla 4. En orden de ocurrencia, los géneros más comunes fueron *Pseudocrossidium* en 21 muestras (77.7%), *Weissia* en 16 (59.2%) y *Bryum* en 7 (25.9%) Tabla 5. Los musgos se distribuyeron en un patrón de parches y se restringieron a CBS en microhábitats que se definieron para los 27 sitios (Figura 37), en forma general tienen las siguientes características: asociados a rocas, herbáceas, cerca de las raíces de otras plantas de agaves y cactáceas, arbustos, lugares sombreados y donde las condiciones ambientales son más mésicas Tabla 6.

Se encontró que los musgos asociados a CBS en cada piso altitudinal fueron de dos géneros como mínimo a cuatro como máximo, para los pisos 2067m s. n. m., 2140 m.s.n.m., 2221 m s. n. m. y 2332 m s. n. m. hay cuatro, los pisos 2030m s. n. m., 2186 m.s.n.m., 2300 m s. n. m. y 2360 m s. n. m. hay tres, solo en el piso 2248 m s. n. m. se presentaron dos (Figura 38).

Los géneros *Pseudocrossidium* y *Weissia* son los más frecuentes, ya que se encuentran presentes en ocho de los nueve pisos altitudinales, mientras que los géneros *Neohyophila*, *Aloina* y *Fissidens* solo están presentes en un piso altitudinal (Figura 39).

Con base a la riqueza de musgos encontrados en cada piso altitudinal, se realizó un análisis de similitud de Sørensen donde se encontró que las altitudes 2030 m s.

n. m. y 2300 m s. n. m. forman un grupo con un porcentaje de similitud de 90.95% y las altitudes 2186 y 2248 m s. n. m. tienen un porcentaje de 81.75%. En tanto que las altitudes con mayor diferencia en su composición de musgos son 2360 y 2221 m s. n. m. (Figura 40).

Análisis fisicoquímicos del suelo.

La humedad gravimétrica del suelo varió desde el 1.97 % hasta el 2.98 % en las 27 muestras, dónde a 2140 m s. n. m. se encontró el mayor valor, el valor intermedio a 2067 m s. n. m. en tanto que a 2221 m s. n. m. se observó el menor, sin embargo esta variación no fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) (Figura 41).

El pH del suelo fue de 7.69 a 8.09 en las 27 muestras, dónde a 2332 m s. n. m. se encontró el mayor valor, a 2030 m s. n. m. el valor intermedio, mientras que en la altitud 2248 m s. n. m. se encuentra el valor menor, sin embargo esta variación no fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) (Figura 42).

La materia orgánica del suelo varió de 10.61% a 22.41% en las 27 muestras, donde a 2360 m.s.n.m. se encuentra el valor mayor, a 2186 m s. n. m. el valor es intermedio, mientras que en la altitud 2332 m.s.n.m. se encuentra el valor menor, sin embargo esta variación no fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) (Figura 43).

El análisis de correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos y la riqueza de géneros descritos mostro que esta variación no fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) Tabla 7.

Descripciones de Familias.

Bryaceae

Plantas en racimo formando matas densas por innovaciones de tallos conectados por estolones, usualmente verdes o amarillo brillante, erectas (o raramente erectas desde un tallo estoloniforme) simple o ramificada por innovación subfloral, algunas veces presentan rizoides. Las hojas en muchas hileras (más o menos complanadas con hojas dimórficas en *Epipterygium*), usualmente las hojas de la parte superior son más densas y escasas hacia la parte basal, las superiores son más grandes y recurvadas, algunas veces comosos, cuando está húmedo usualmente erecto a erecto-extendido y cuando está seco no presenta esta forma. La hoja es lanceolada a ovada raramente oblonga, elíptica o redondeada, principalmente acuminada, algunas veces con arista o piliforme, frecuentemente bordeadas por una pared celular gruesa grande, presenta una costa simple bien desarrollada, con frecuencia excurrente. Las células superiores comúnmente transparentes relativamente grandes lisas, rombiformes a hexagonales o romboidales, con menor frecuencia lineares a vermiculares, las células de la base son rectangulares o algunas veces subcuadradas.

Algunas claves dividen *Bryacea* en 4 subfamilias donde el criterio principal es la variación de la forma y las células de la hoja.



Figura 8. *Bryum argenteum* (Tropicos, 2015).



Figura 9. *Bryum apiculatum* (Tropicos, 2015).



Figura 10. *Bryum capillare* (Asturnatura, 2015).

Fissidentaceae

Plantas de 1 a 2 mm de 8 a más cm de altura, tallo erecto a caído, simple a ramificado con o sin una banda central, nódulos hialinos axilares presentes en algunas especies. Hojas dísticas y estrechamente pegadas al tallo, diferenciadas en dos láminas serradas al tallo, la lámina dorsal (opuesta a la lámina vaginante), y una lámina ventral (sobre la lámina vaginante). Presenta costa simple (o cercanamente ausente en pocas especies), la costa percurrente o excurrente. Las células de uniestratosas a biestratosas o raramente multiestratosas, generalmente irregulares hexagonales a redondeadas, lisas, mamilosas, unipapilosas o pluripapilosas, a veces elongadas y con la pared delgada y los márgenes de la hoja formando uni a multiestratos alrededor de las hojas o en porciones.



Figura 11. *Fissidens crispus* (Tropicos, 2015).



Figura 12. *Fissidens rigidulus* (Tropicos, 2015).

Pottiaceae

Plantas pequeñas a robustas, usualmente cespitosas, formando cortos y densos mechones, color verde oscuro a café o negro; verde arriba, café amarillento o rojizas en la parte inferior. Tallo erecto, poco ramificado por innovaciones, ocasionalmente tomentoso, con pelos hialinos axilares a través o con 1 a 2 (o 3) células basales amarillas o café, banda central usualmente presente con hialodermis algunas veces diferenciada. Propágulos con frecuencia presentes en la axila de la hoja o en los rizoides. Hojas más grandes y recurvadas en la parte superior, se contorsionan secas y se extienden húmedas, son lanceoladas, ovaladas a liguladas, ápice agudo a acuminado ocasionalmente obtuso redondeado, la mayor parte de los márgenes son planos a más recurvados, enteros a crenulados o irregularmente serrados; limbado o más comúnmente elimbado, con costa simple subpercurrente a excurrente, hialina, con una o dos bandas estereidas, células epidérmicas, y algunos hidroides. Células laminares de la superficie ocasionalmente biestratosas, pequeñas, subcuadradas, usualmente papilosas, ocasionalmente mamilosas, las células medias y distales con frecuencia con paredes gruesas, células basales alargadas y con pared delgada y no tiene diferenciación alar.



Figura 13. *Aloina bifrons*(Hutten-Shevock, 2015).

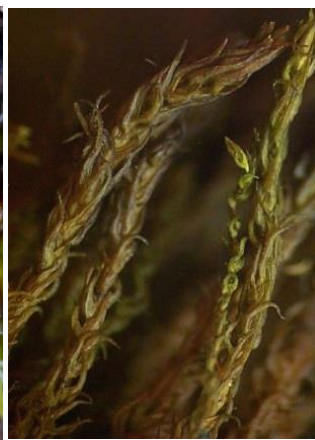


Figura 14. *Didymodon laevigatus* (Hutten-Shevock, 2015).



Figura15. *Pseudocrossidium replicatum* (Tropicos, 2015).

Descripciones por Género

Bryum

Cerca de 50 especies, se reportan para el Neotrópico, es el género más grande de la familia *Bryaceae*, se estima que *Bryum* tiene 445 especies cosmopolitas.

Hábitat: comunes en el suelo, humus, roca, los epifitos son raros, se pueden encontrar; en bosque de montaña, en tierras bajas, cerca del nivel del mar. Son comunes de 1000 a 4500 m.s.n.m.

Descripción: plantas pequeñas generalmente erectas, largas y robustas, formando almohadillas densas, pálidas a verde oscuro, pueden ser rojizas a cafés o de amarillas a dorado. Los tallos son poco ramificados, radiculosos, densamente tomentosos y presentan una banda central. Las hojas pueden ser recurvadas, planas, contorneadas, crispadas, de erecto adpresas a erectas, son ovadas lanceoladas, oblongo lanceoladas, de 0.5 a 6.5 mm de largo, ápice de agudo a acuminado, base decurrente, márgenes usualmente recurvados, serrados a la mitad o en la parte superior, costa subpercurrente o excurrente, las células laminares medias son romboides a hexagonales, las más bajas y basales son cortas a largas, oblongas o rectangulares, la pared puede ser delgada a más o menos gruesa, las células marginales usualmente forman un borde distinto de células lineares largas.

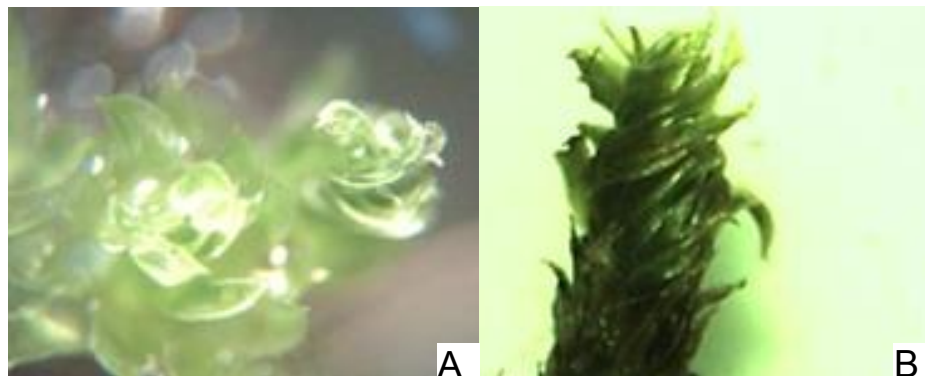


Figura 16. *Bryum* 10X. A) filidios de la parte superior de planta, B) filidios recurvados sobre el tallo.

Bryum

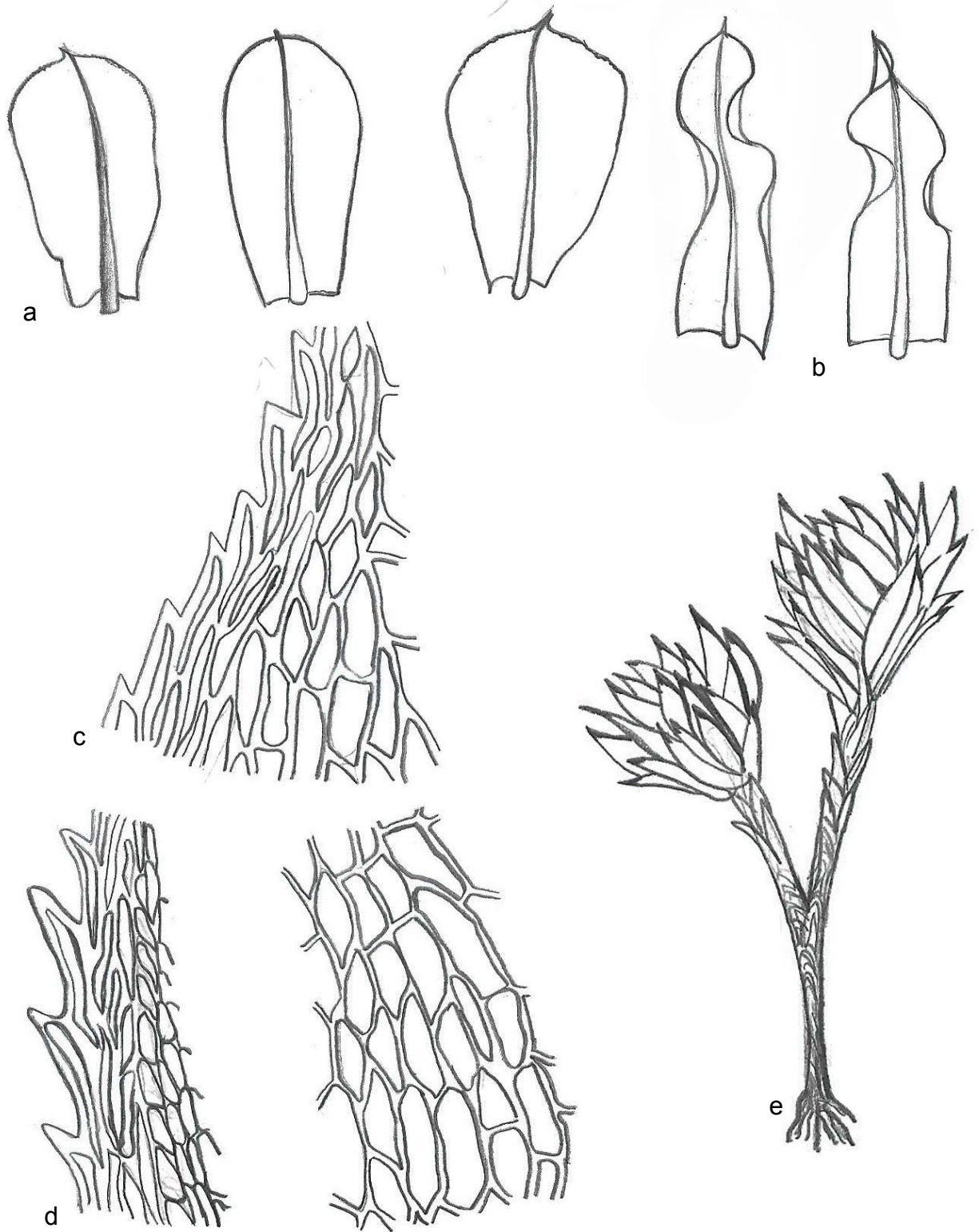


Figura 17. *Bryum*. Filidio; a) forma húmedo, b) forma en seco, c) células marginales apicales, d) células basales, e) Gametofitos.

Bryum

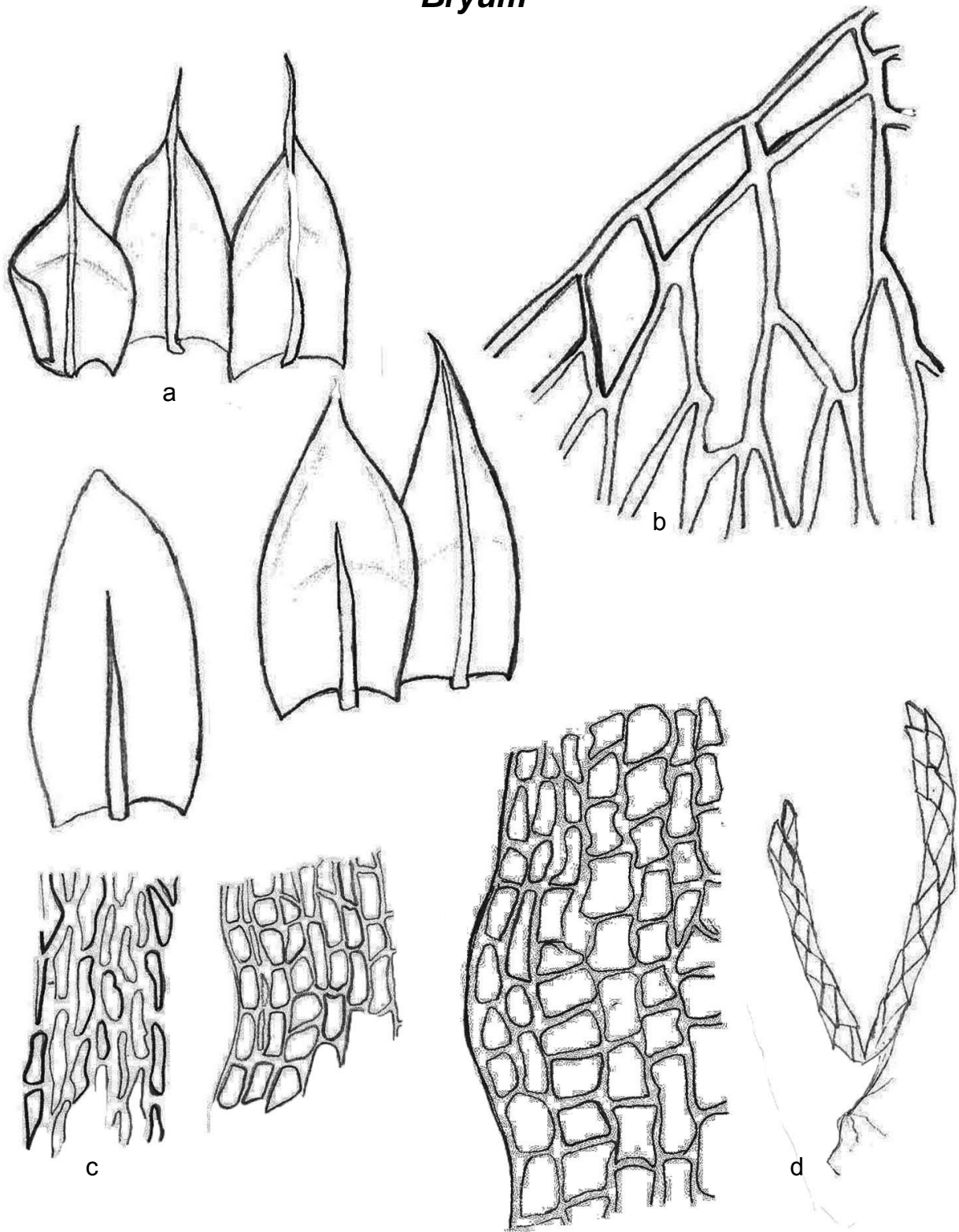


Figura 18. *Bryum*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) células medias, d) células basales, e) Gametofitos.

Fissidens

Cerca de 100 especies en el Neotrópico, estimado a 500 especies de distribución cosmopolita, ausentes en regiones áridas.

Hábitat: en lugares húmedos en el suelo, en rocas o asociados en la parte baja de los troncos, pocas especies son acuáticas; se encuentran en zonas húmedas hasta zonas montañosas y áreas abiertas, en zacatonales, páramos y punas, se encuentran cerca del nivel del mar hasta los 4450 m.s.n.m.

Descripción: plantas muy pequeñas a medianas de 0.3 a 8 cm en el tallo. Son erectos, formando agrupaciones o solitarios, de opacos a verde brillante, ocasionalmente oscuros, rojos a café verdoso. El tallo es simple o ramificado, en sección transversal la banda central está presente o ausente. Hojas dísticas, las superiores y medianas son oblongas a liguladas u oblongo lanceoladas, de 0.5 a 6 mm de largo, presentan una vaina, la base de la hoja esta plegada y abrazada al tallo, los márgenes son lisos, crenulados o distalmente serrados a fuertemente serrados, limbados, algunas veces intramarginalmente limbado o elimbado, cuando es limbado el limbido es de uni a pluriestratoso; costa simple, usualmente fuerte de un medio a dos tercios de la hoja o excurrente, células laminares lisas, mamilosas, uni o pluripapilosas, células del borde cuando están presentes son lineares y lisas.



Figura 19. Células marginales apicales de *Fissidens* 40X.

Fissidens

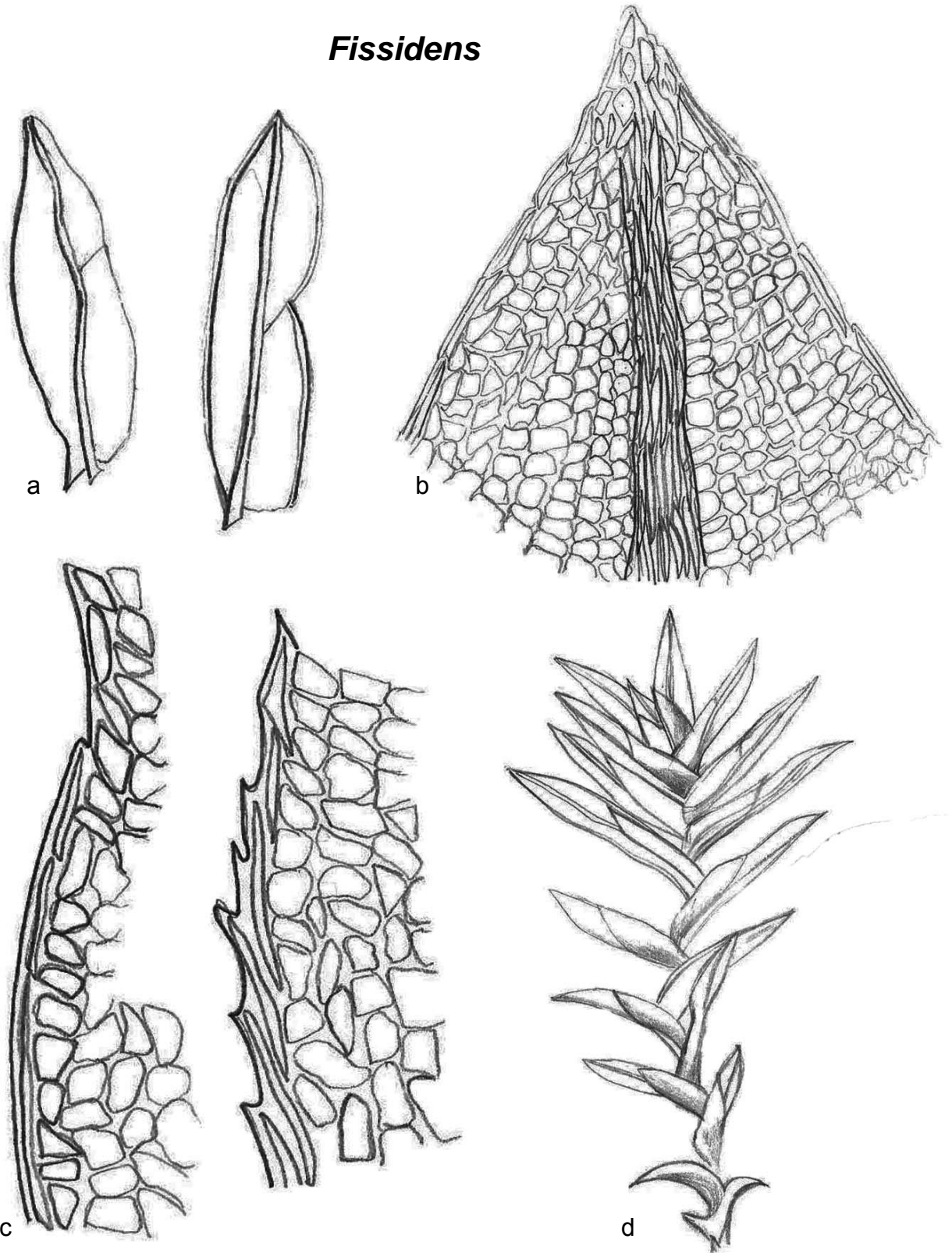


Figura 20. *Fissidens*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales c) células medias, d) Gametofitos.

Pseudocrossidium

Ocho especies en el Neotrópico, sólo *replicatum* es frecuente en esta área, las demás especies se encuentran ampliamente distribuidas en los Andes. El género contiene 16 especies distribuidas en regiones altas.

Hábitat: en suelo o en roca asociados con vegetación desértica, o en lugares más expuestos a montaña o zacatonales de montaña. Comúnmente de 1500 a 4550 m.s.n.m.

Descripción: plantas formando almohadillas poco densas son verde oscuro a café. Tallos erectos de 3 a 20 mm, altos poco ramificados, radiculosos, hialodermis ausente o tenue, con banda central presente. Hojas erectas a espirales, retorcidas cuando están secas, se abren cuando están húmedas, son oblongo liguladas a lanceoladas, de 0.5 a 3 mm de largo, ápice obtuso o agudo, márgenes curvados distales y planos abajo, o fuertemente revolutos, enteros, con costa fuerte subpercurrente o excurrente y mucronada o con una corta arista lisa, células superficiales cuadradas a rectangulares cortas, células superiores diferenciadas en un cojinete de papilas, las paredes delgadas filamentosas, en sección transversal reniformes a circulares, banda estereida dorsal fuerte, la ventral débil o ausente, células guía de 2 a 4 raramente más, células de la epidermis largas, células laminares subcuadradas a hexagonales, generalmente papilosas; dobladas, enroscadas, bífidas a múltiples, células basales diferenciadas medianamente o medianamente rectangulares, con paredes delgadas o gruesas. Las yemas infrecuentes, cuando se presentan se encuentran sobre la superficie de la costa o en las axilas, clavadas o esféricas.

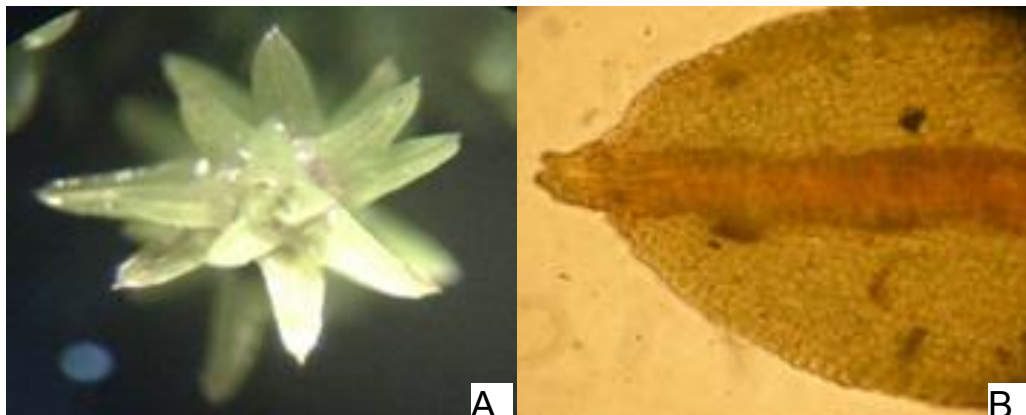


Figura 21. *Pseudocrossidium* A) Parte apical del gametófito 10X, B) células apicales del filidio40X.

Pseudocrossidium

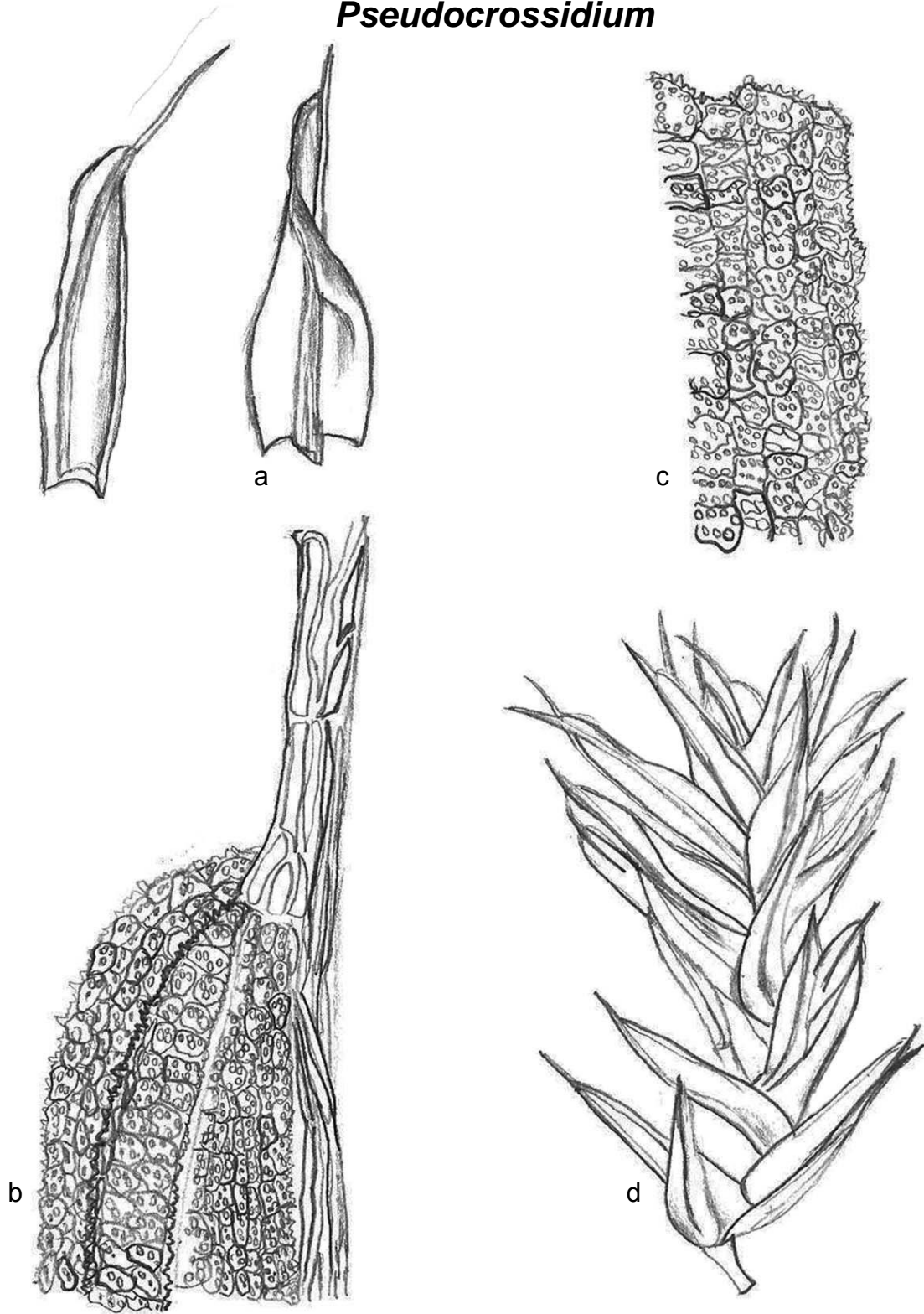


Figura 22. *Pseudocrossidium*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) células medias, d) Gametofito.

Pseudocrossidium

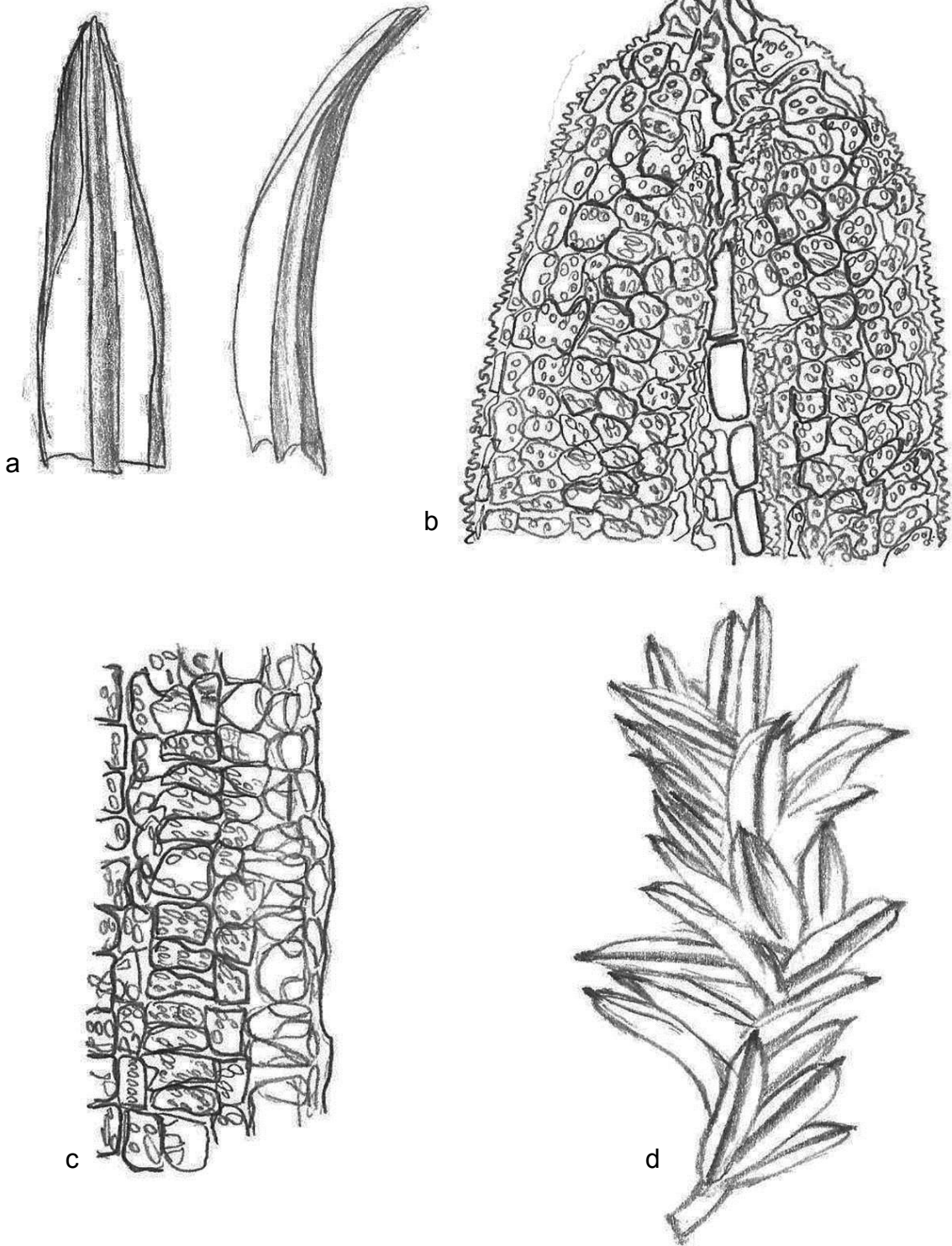


Figura 23. *Pseudocrossidium*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) células medias, d) Gametofito.

Weissia

Cerca de 19 especies para el Neotrópico, posiblemente sólo 10 validadas, el género contiene 100 especies distribuidas en el mundo.

Hábitat: en zonas de submontaña y en alta montaña, distribuidos en sitios perturbados, en el suelo.

Descripción: plantas pequeñas y cespitosas, formando cortos y pequeñas almohadillas. Tallos erectos de 10 mm de altura, poco ramificado, la hialodermis está poco a bien diferenciada, banda central presente. Hojas tubulosas, contorneadas y dobladas cuando están secas, se extienden cuando están húmedas, estrechamente oblonga lanceolada de 2.5 mm. de largo, ápice agudo a subulado, mucronado; márgenes involutos a fuertemente incurvados, raramente erecto o plano, entero; costa corta, excurrente como una arista apiculada pelucida, células superficiales cuadradas a cortamente rectangulares de 4 a 8 (hasta 10), las células basales elongadas ovadas a semicirculares, con banda dorsal y ventral, las células guía son de 4 a 6 (hasta 8), las células laminares superiores son subcuadradas a hexagonales, pluripapilosas, papilas principalmente bífidas, las células basales diferenciadas son cortamente rectangulares lisas, de pared delgada a gruesa.



Figura 24. Muestra de musgo dominando *Weissia*.

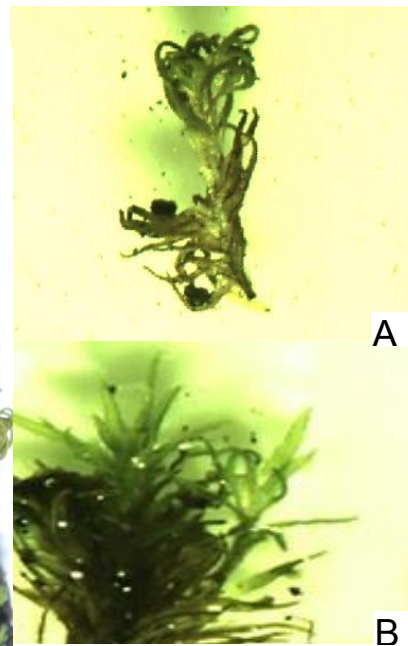


Figura 25. *Weissia* A) muestra seca de un gametófito y B) muestra húmeda de la planta, 10X.

Weissia

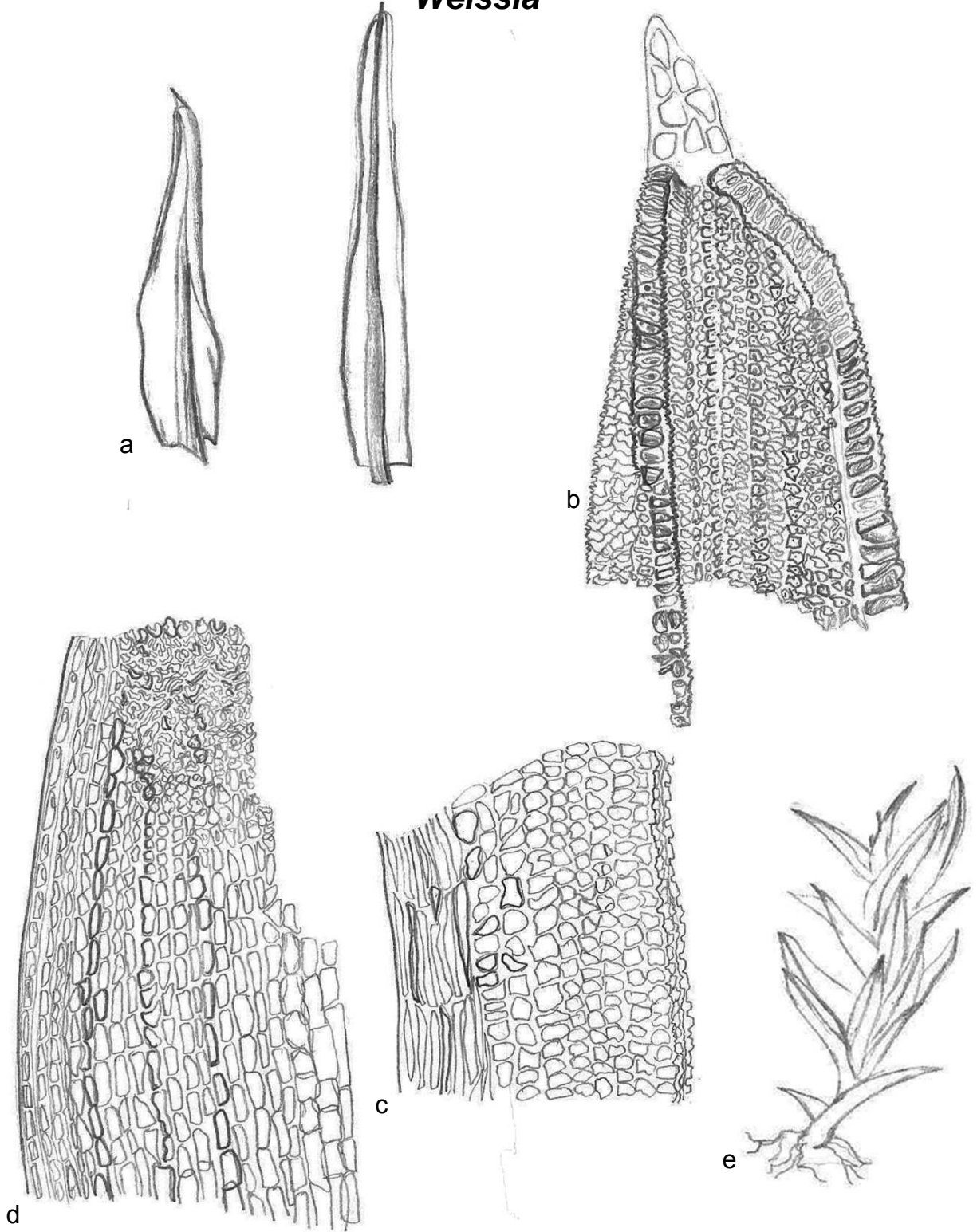


Figura 26. *Weissia*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) células medias, d) células basales, e) Gametofito.

Weissia

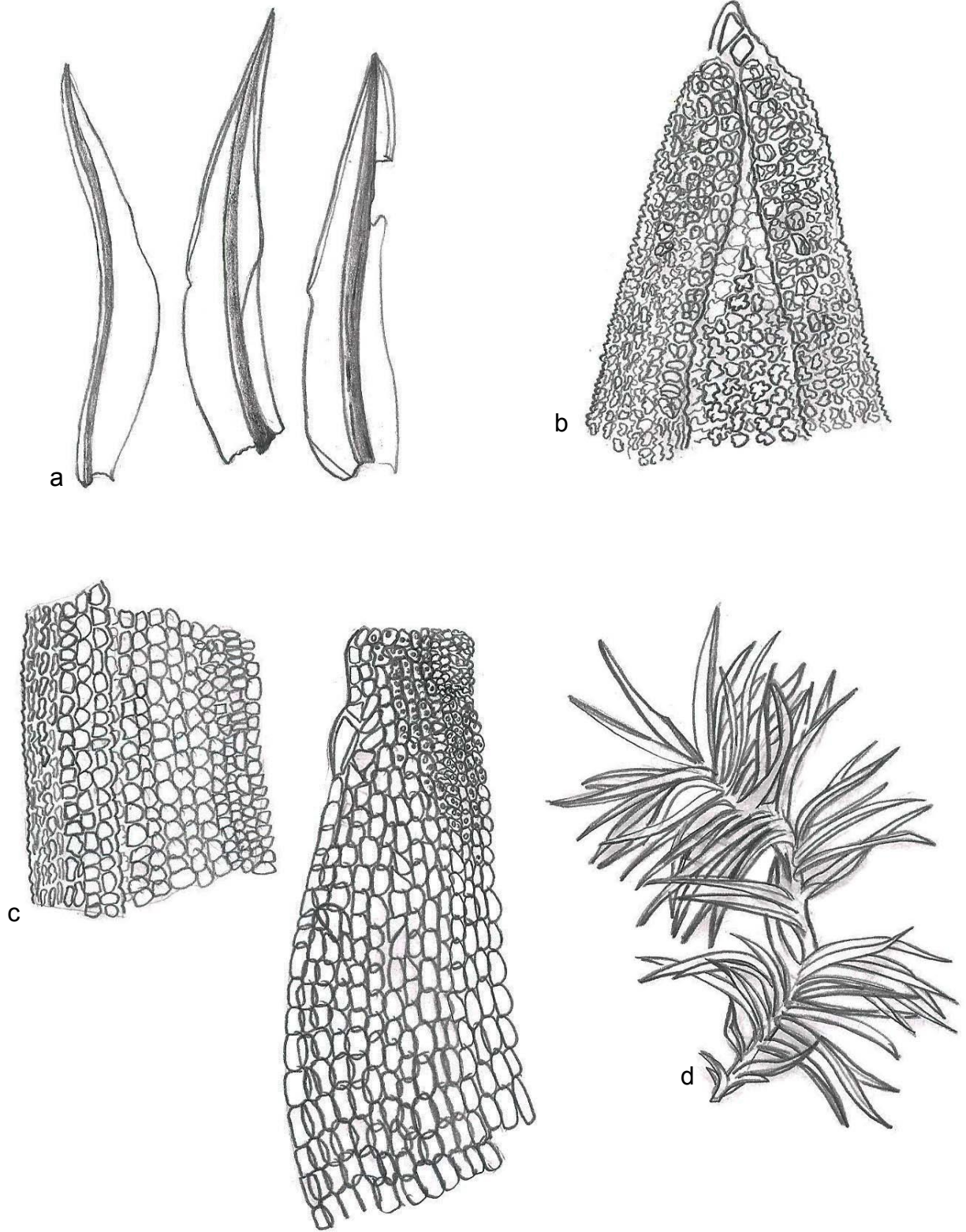


Figura 27. *Weissia*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) células medias, d) Gametofito.

Didymodon

Cerca de 37 especies registradas para el Neotrópico, uno de los géneros más grandes con 120 especies con distribución mundial, con diversificación primaria en regiones altas y templadas.

Hábitat: en suelo cubierto de rocas, suelo calcáreo, limoso y arenoso, expuestas o en lugares sombreados, de preferencia secos, en sitios frecuentemente perturbados, en montaña abierta, sin vegetación, en zacatonales, en paramos y puna, de 500 hasta los 4855 m.s.n.m.

Descripción: plantas formando pequeñas almohadillas color verde claras a oscuras o café en grupo. Tallos de 5 a 20 mm hasta los 60 mm de altura, poco ramificados las células externas son de pared gruesa de 2 a 3 células y las internas de pared delgada, con una banda central presente, los pelos axilares tienen de 1 a 2 células café, hialodermis ausente. Propágulos ocasionales globosos a elipsoidales de 1 a 10 células. Hojas cóncavas ocasionalmente acanaladas sobre la costa, largamente lanceolada o triangular, redondeadas a angostas en el ápice, oblongas a medio envainadas en la base; márgenes enteros ocasionalmente con dientes grandes a crenulados, planos o revolutos, la costa subpercurrente a excurrente, ambas superficies cubiertas por células papilosas o células lisas, la banda estereida dorsal usualmente bien definida, la banda ventral ausente o consiste de subestereidas muy luminosas, de 2 a 4 células guía, los hidroides están presentes casi

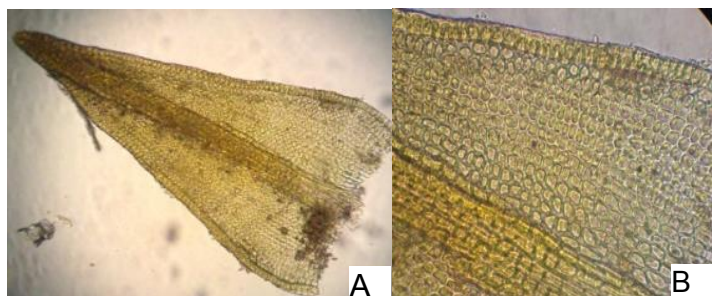


Figura 28. Filidion (A) v células basales (B) de *Didymodon* 40X.

siempre, las células superiores laminares son subcuadradas a redondeadas, ocasionalmente rectangulares o romboides, con pared delgada a gruesa, usualmente engrosada en ambas superficies, con papilas simples o bífidas, las células basales diferenciadas o no, de cuadradas a rectangulares, lisas o papilosas. Las células de la lámina uniestratosas a biestratosas o bien en parches.

Didymodon

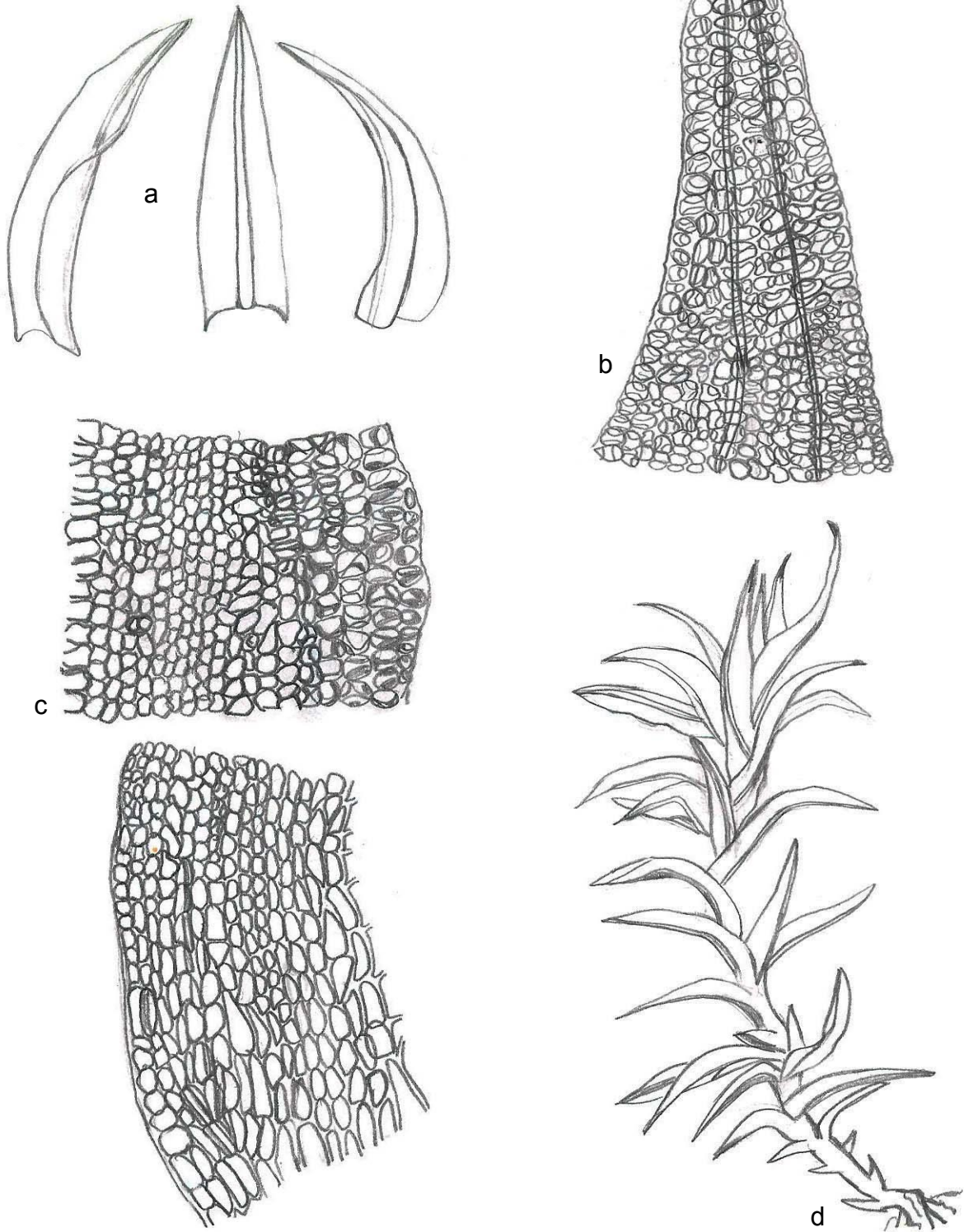


Figura 29. *Didymodon*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) células medias, d) Gametofito.

Didymodon

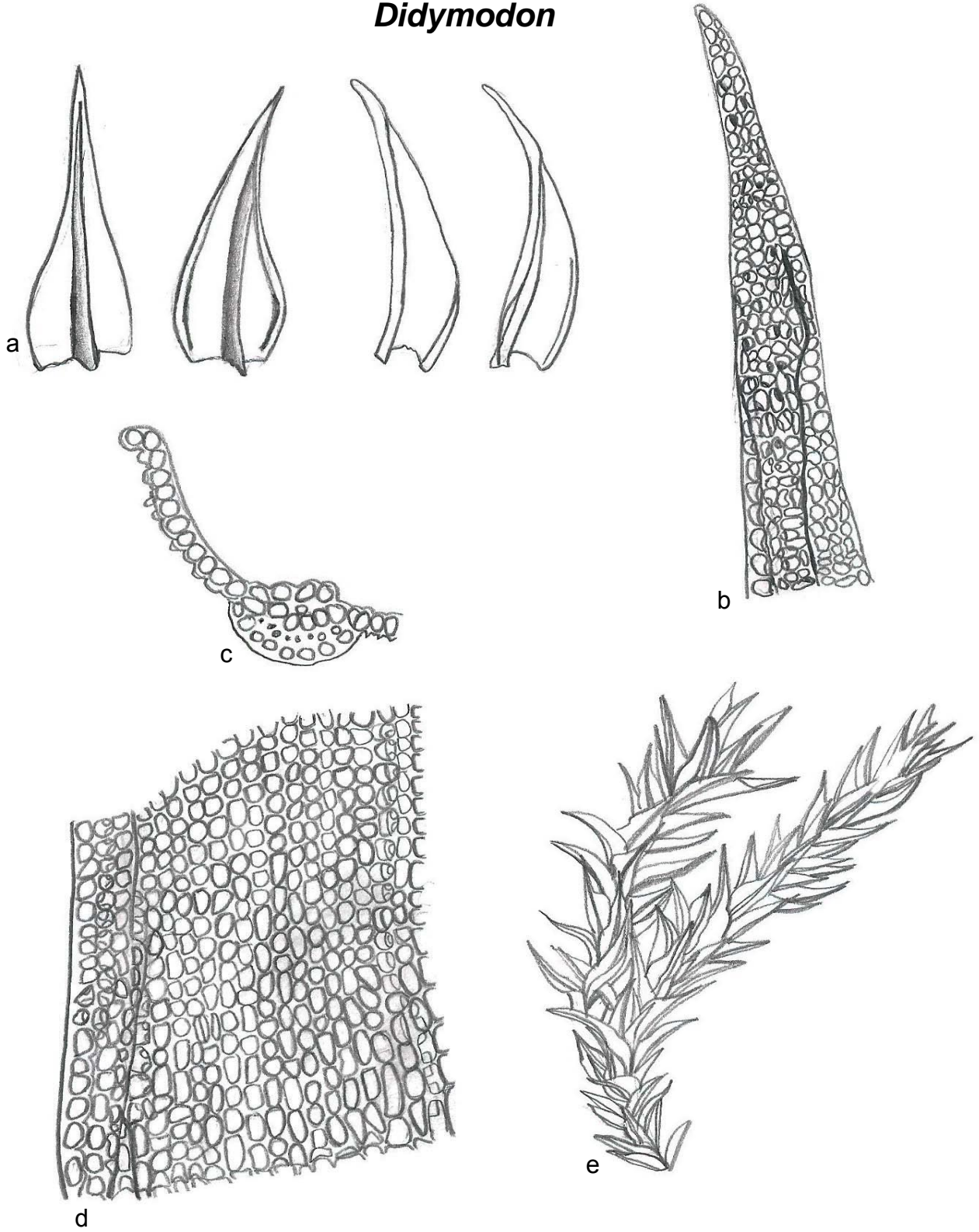


Figura 30. *Didymodon*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) corte transversal d) células basales, e) Gametofito.

Neohyophila

Descripción: plantas muy pequeñas. Las hojas a veces son largas y más encorvadas hacia la punta del tallo, onduladas obtusas y con frecuencia apiculadas en el ápice; márgenes incurvados y ocasionalmente planos, enteros a distalmente con dientes; costa percurrente o terminal de 1 a 2 (o hasta 4) células debajo del ápice, presenta de 1 a 2 bandas estereidas; en la banda ventral presenta de 2 a 4 células parenquimatosas, presenta de 2 a 4 células guía, las células superiores son hexagonalmente redondeadas, a veces papilosas.

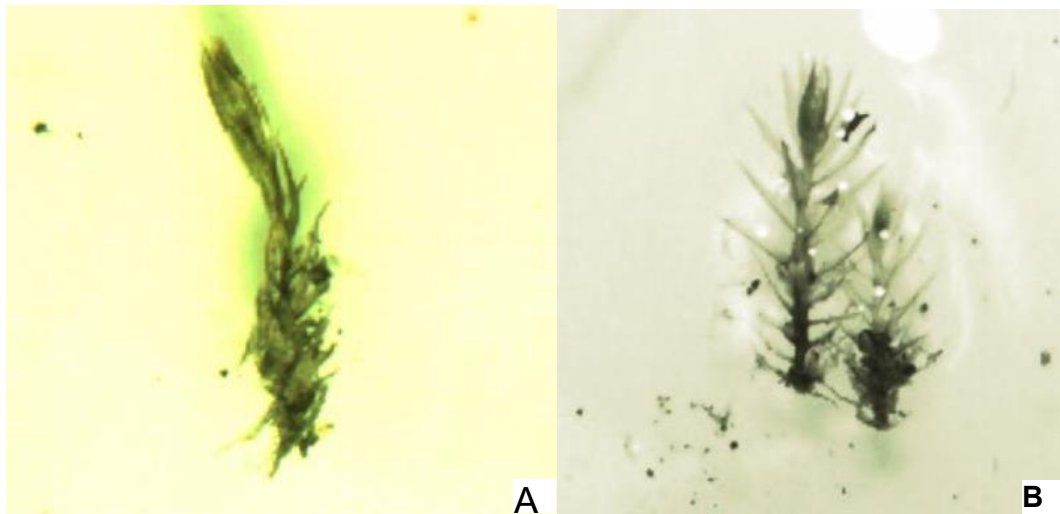


Figura 31. Gametófito seco (A) y Gametófitos húmedos (B) de *Neohyophila* 10X.

Neohyophila

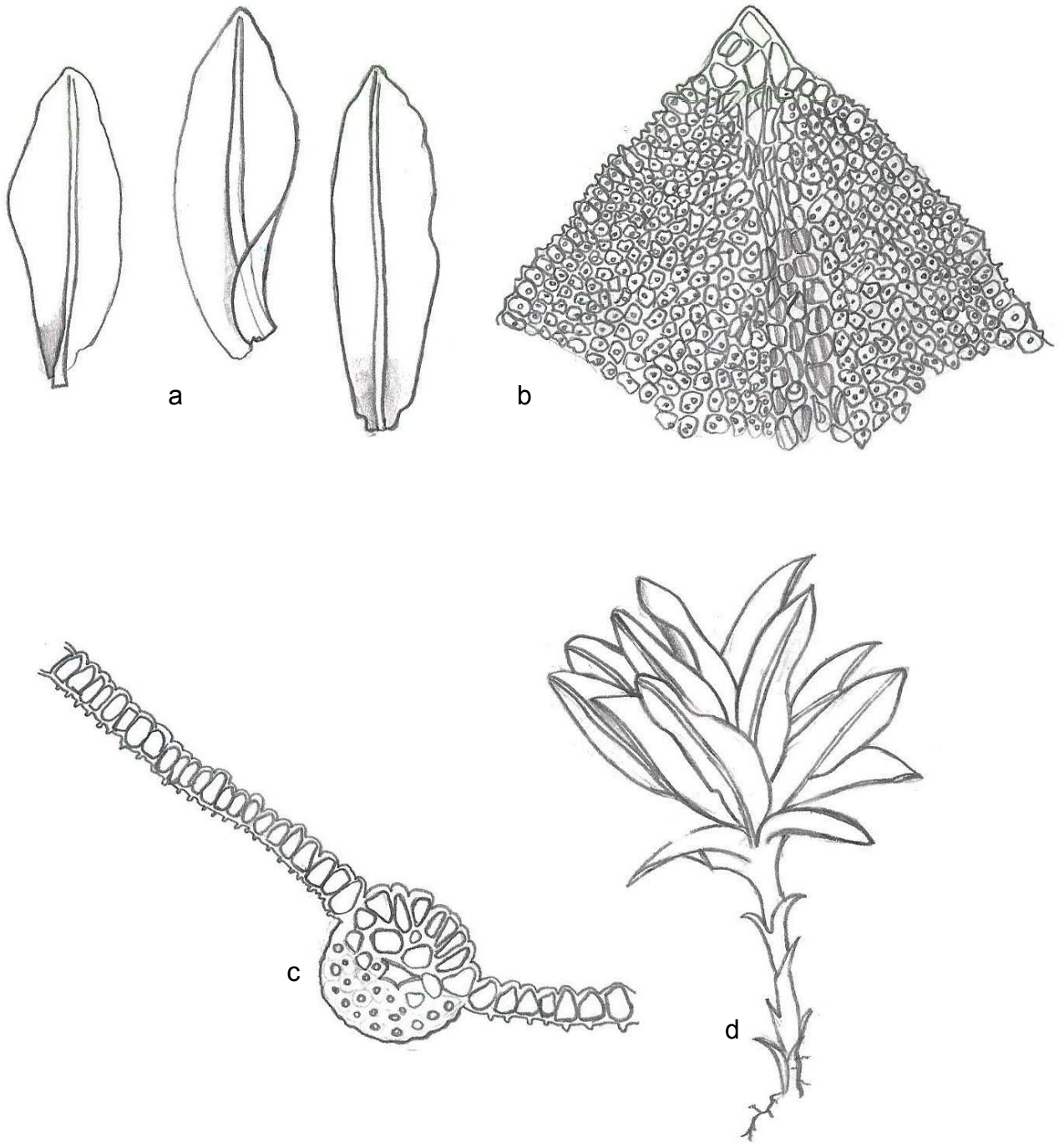


Figura 32. *Neohyophila*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) corte transversal, d) Gametofito.

Neohyophila

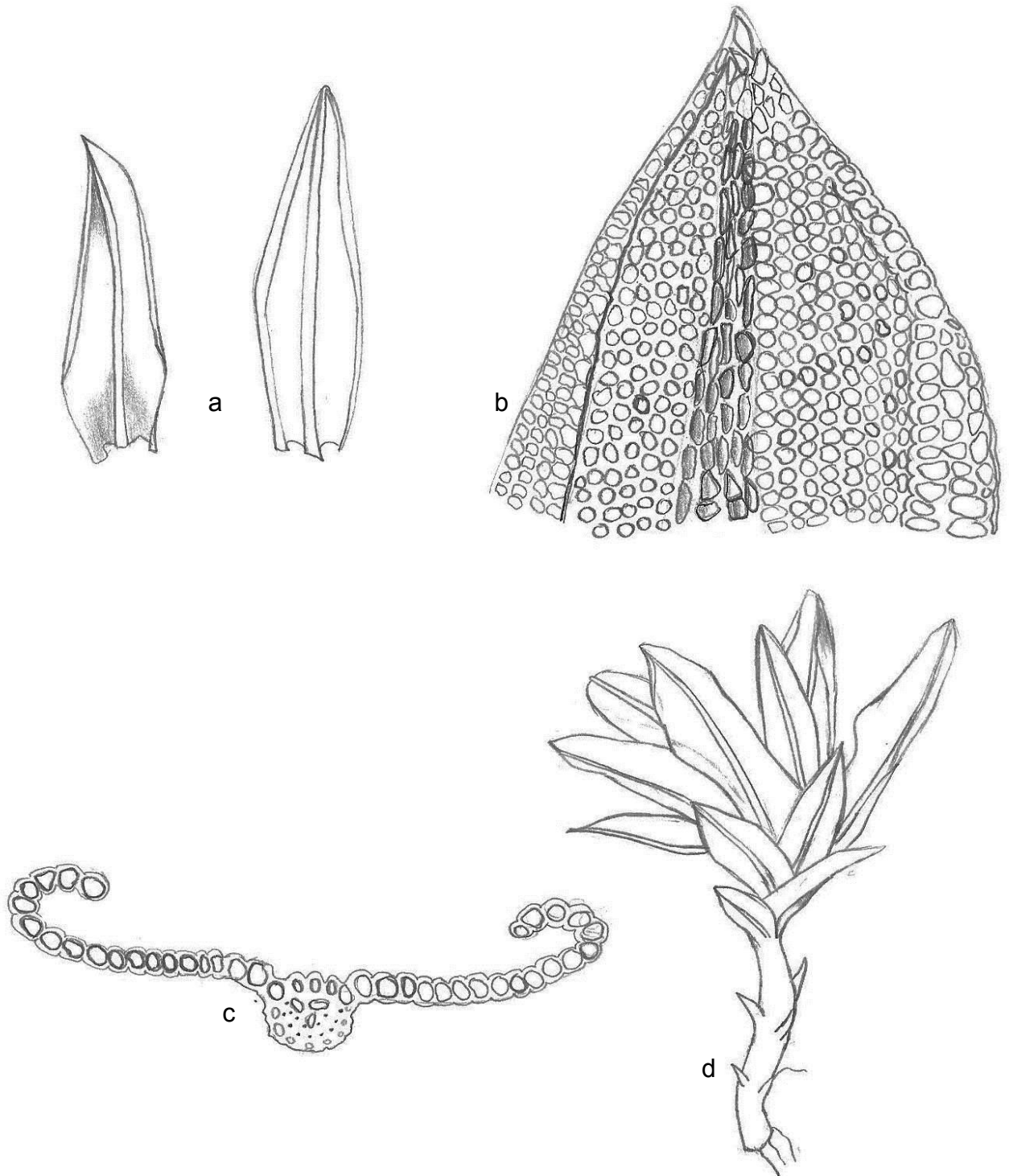


Figura 33. *Neohyophila*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales c) corte transversal, d) Gametofito.

Aloina

El nombre del género refiere a que las hojas frescas se parecen a la planta de *Aloe* en apariencia suculenta, 12 especies distribuidas en el mundo seis en el Neotrópico.

Hábitat: en el suelo calcáreo o cubriendo rocas, en lugares abiertos o parcialmente sombreados, en sitios secos; en lugares planos o debajo de elevaciones, o en montañas abiertas de 300 a 4570 m.s.n.m.

Descripción: plantas muy pequeñas, gregarios o formando almohadillas delgadas, de color verde oscuro a tallo café, tallo erecto, con frecuencia postrado en el suelo con solo las puntas expuestas, el tallo de 2 a 6 mm simple o muy poco ramificado, radiculoso abajo con rizoides pálidos, la hialodermis es ausente, paredes de la epidermis algunas veces engrosadas, las células internas uniformes con pared delgada o tenue, banda central presente o ausente. Las hojas con frecuencia acanaladas o bien cóncavas en el ápice y redondeadas, obtusas o redondeadas, cuculadas, pilíferos o no, base subauriculada, los márgenes están fuertemente doblados entero o distalmente crenulado denticulado, costa indiferenciada (no hay diferenciación celular) o simple, percurrente, células superficiales ventralmente representadas en la porción distal media por filamentos fotosintéticos que se extienden más allá de la porción de la costa (transversalmente), de 4 a 8 células de alto, células marginales distales engrosadas, dorsalmente rectangulares o cuadrada, en sección transversal son reniformes, las estereidas están debajo de las células guía, la epidermis dorsal bien diferenciada, células guía de 6 a 12, lamina parcialmente biestratos, las células superficiales a nivel transversal son oblongo rectangulares o elípticas, la pared es gruesa, las células basales son rectangulares de pared delgada.

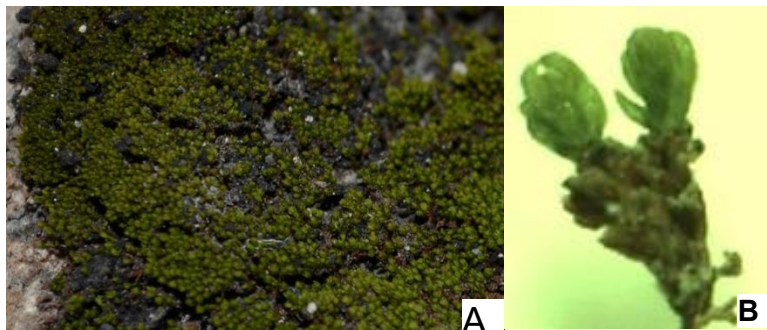


Figura 34. Muestra de musgo (A) y gametófitos 10X (B) de *Aloina*.

Aloina

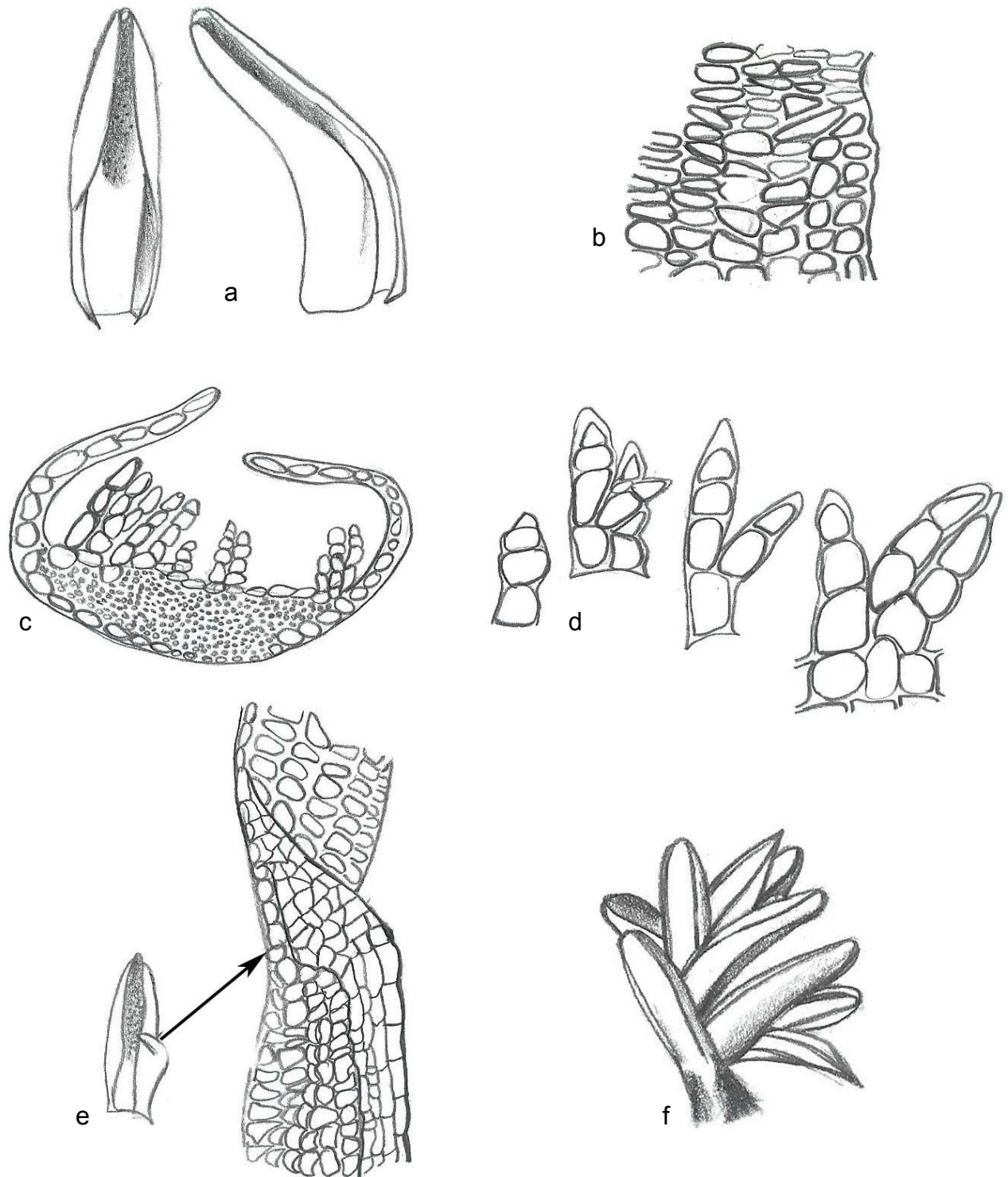


Figura 35. *Aloina*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) corte transversal, d) filamentos de la costa, e) células marginales medias, f) Gametofito.

Aloina

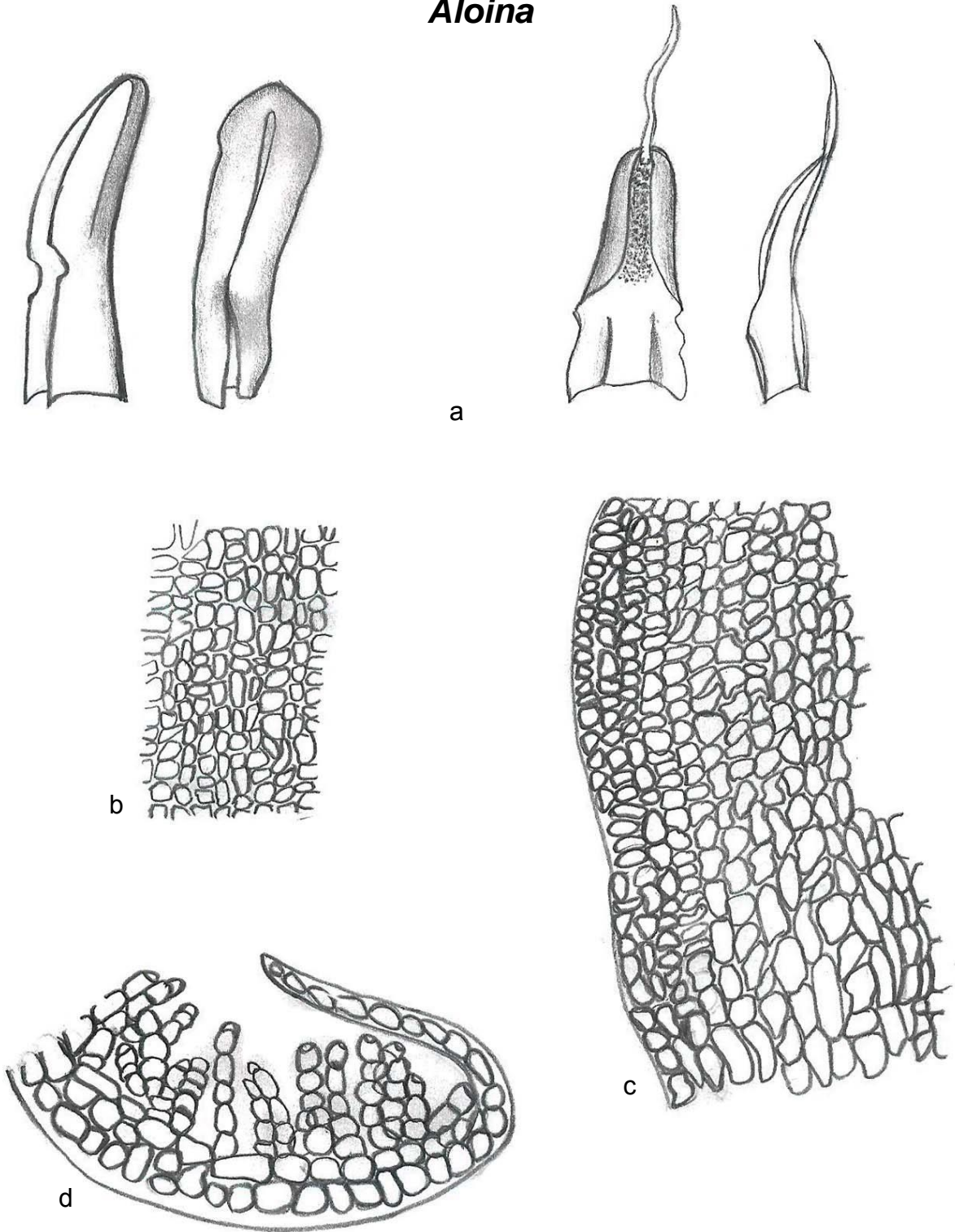


Figura 36. *Aloina*. Filidio; a) forma, b) células marginales apicales, c) células basales, d) corte transversal.

Tabla 3. Familias y Géneros de Musgos encontrados en las 27 muestras.

Altitud	Familia	Género
2032	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
2031	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2032	<i>Bryaceae Schwägr.</i>	<i>Bryum Hedw.</i>
	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Weissia Hedw.</i>
2067	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2070	<i>Bryaceae Schwägr.</i>	<i>Bryum Hedw.</i>
	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Weissia Hedw.</i>
2068	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Neohyophila H.A. Crum</i>
		<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2141	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Weissia Hedw.</i>
2140	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
2138	<i>Bryaceae Schwägr.</i>	<i>Bryum Hedw.</i>
	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Didymodon Hedw.</i>
2188	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2188	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2188	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Didymodon Hedw.</i>
2219	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Didymodon Hedw.</i>
2221	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Aloina Kindb.</i>
		<i>Didymodon Hedw.</i>
		<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
2220	<i>Bryaceae Schwägr.</i>	<i>Bryum Hedw.</i>
2220	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
2248	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
2248	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2253	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2298	<i>Bryaceae Schwägr.</i>	<i>Bryum Hedw.</i>
	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Weissia Hedw.</i>
		<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>

2299	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Weissia Hedw.</i>
2300	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2334	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2335	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Didymodon Hedw.</i>
		<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
		<i>Weissia Hedw.</i>
2330	<i>Fissidentaceae Schimp.</i>	<i>Fissidens Hedw.</i>
	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Didymodon Hedw.</i>
		<i>Pseudocrossidium R.S. Williams</i>
2360	<i>Bryaceae Schwägr.</i>	<i>Bryum Hedw.</i>
2361	<i>Bryaceae Schwägr.</i>	<i>Bryum Hedw.</i>
	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Didymodon Hedw.</i>
2359	<i>Pottiaceae Schimp.</i>	<i>Weissia Hedw.</i>

Tabla 4. Distribución por familia en las tres réplicas por piso altitudinal.

Pisos m s. n. m.	Familia		
	<i>Pottiaceae</i>	<i>Bryaceae</i>	<i>Fissidentaceae</i>
2030	3	1	0
2067	3	1	0
2140	3	1	0
2186	3	0	0
2221	3	1	0
2248	3	0	0
2300	3	1	0
2332	3	0	1
2360	2	2	0
Total de muestras=27	26	7	1
%	96.3	25.9	3.7

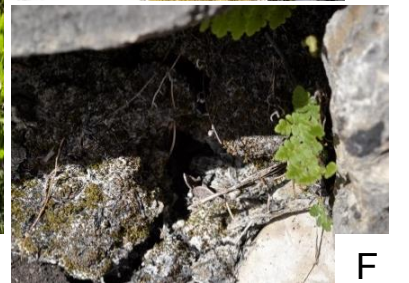
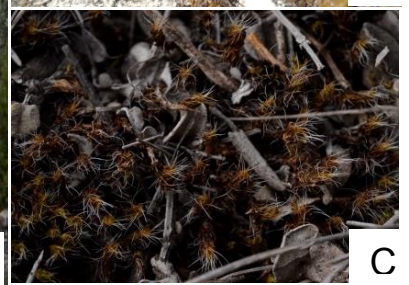
Tabla 5. Distribución por género en las tres réplicas por piso altitudinal.

Pisos m s. n. m.	Género						
	<i>Pseudocrossidium</i>	<i>Weissia</i>	<i>Bryum</i>	<i>Didymodon</i>	<i>Neohyophila</i>	<i>Aloina</i>	<i>Fissidens</i>
2030	3	2	1	0	0	0	0
2067	2	3	1	0	1	0	0
2140	3	1	1	1	0	0	0
2186	2	2	0	1	0	0	0
2221	2	0	1	2	0	1	0
2248	3	2	0	0	0	0	0
2300	2	3	1	0	0	0	0
2332	3	2	0	2	0	0	1
2360	0	1	2	1	0	0	0
Total de muestras =27	21	16	7	7	1	1	1
%	77.7	59.2	25.9	25.9	3.7	3.7	3.7

Tabla 6. Descripción del Microhábitat de las muestras colectadas por cada piso.

Altitud	Descripción del Microhábitat
2032	Se encontró debajo de un arbusto de plantas suculentas, asociada a musgos, se observaron pastos, vegetación anual y presencia roca calcárea (Figura 37. A).
2031	Se encontró bajo una roca y algunas plantas, cerca de una bajada de agua, se observó el sitio ligeramente perturbado (Figura 37. B).
2032	Se encontró asociado a vegetación, suelo oscuro cubierto principalmente por musgo, raíces abundantes pequeñas, pedregosidad superficial de aproximadamente 1 cm de diámetro, presencia de agave y copal (Figura 37. C).
2067	Área de escorrentía, sitio ligeramente perturbado, bajo arbustos y el suelo presento color blanco (Figura 37. D).
2070	Zona muy pedregosa, la profundidad del suelo de 1 a 5 cm, el suelo oscuro, se encontró asociada a arbustos de más o menos 50 cm de altura, se observó pasto en el suelo, presencia de nódulos y raíces abundantes, presencia de <i>Prosopis</i> pequeños, helechos y agaves en descomposición (Figura 37. E).
2068	Se encontró entre rocas sedimentarias, sin presencia de arbustos, asociada a un helecho y a una planta suculenta (Figura 37. F).
2141	Se observaron raíces pequeñas, presencia de líquenes y musgos, se observó en el suelo en demasiadas cantidades carbonato de calcio, también la presencia de pequeñas cactáceas (Figura 37. G).
2140	Se encontró bajo una roca, presencia de helechos, el suelo es de color negro, escasas herbáceas y agaváceas (Figura 37. H).

2138	Se encontró asociada al tronco de una Yuca (Figura 37. I).
2188	Se encontró bajo una roca con escasa cubierta de herbáceas pero abundantes rocas, escasas agaváceas y poca materia orgánica visible (Figura 37. J).
2188	Se encontró asociada a una Roca, además de la presencia de pastos (Figura 37. K).
2188	Se encontró debajo de una roca, con presencia de pequeñas cactáceas, el suelo oscuro y con poca profundidad, el musgo predominante (Figura 37. L).
2219	Se encontró cerca de las rocas, el suelo suelto y con poca materia orgánica, presencia de helechos, pocas herbáceas alrededor y cerca de heces de caballo (Figura 37. M).
2221	Se encontró asociada a helechos y entre rocas sedimentarias (Figura 37. N).
2220	Se encontró asociada a rocas, en presencia de líquenes, musgos, helechos, el suelo oscuro, mayor pedregosidad, zona donde las costras son casi nulas, presencia de raíces pequeñas (Figura 37. Ñ).
2248	Se encontró asociada a roca, arbustos y cactáceas, el suelo más profundo y raíces pequeñas (Figura 37. O).
2248	Se encontró cerca de las rocas, se nota de color verde muy intenso, en este sitio la vegetación más espesa, se observaron abundantes herbáceas y algunas espinosas, el suelo negro y ligeramente suelto (Figura 37. P).
2253	Se encontró debajo de una roca asociada a una Yuca y a arbustos (Figura 37. Q).
2298	Se encontró bajo las rocas, se observó presencia de helechos, algunos pastos, piedras y poca materia orgánica (Figura 37. R).
2299	Se encontró debajo de una roca, zona de poco suelo color oscuro, menos presencia de raíces pequeñas, asociada a pastos (Figura 37. S).
2300	Se encontró asociada al suelo y a la roca (Figura 37. T).
2334	Se encontró asociada a rocas, se observó mucha pedregosidad, el suelo poco profundo con presencia de carbonato de calcio, presencia de raíces mínima (Figura 37. U).
2335	Se encontró en el suelo, en zona de matorral xerófilo (Figura 37. V).
2330	Se encontró entre una roca y una agavácea seca, se observó el suelo suelto con piedras y algunas herbáceas y plantas rastreras (Figura 37. W).
2360	Se encontró asociada a vegetación como arbustos y Yucas (Figura 37. X).
2361	Se encontró asociada a roca y arbustos, presencia de hormigueros, abundantes raíces finas. Se observaron cianobacterias, el color del suelo café con textura fina, el suelo formando agregados (Figura 37. Y).
2359	Se encontró bajo un grupo de plantas muy espesas donde el suelo era muy húmedo y había poca presencia de rocas (Figura 37. Z).





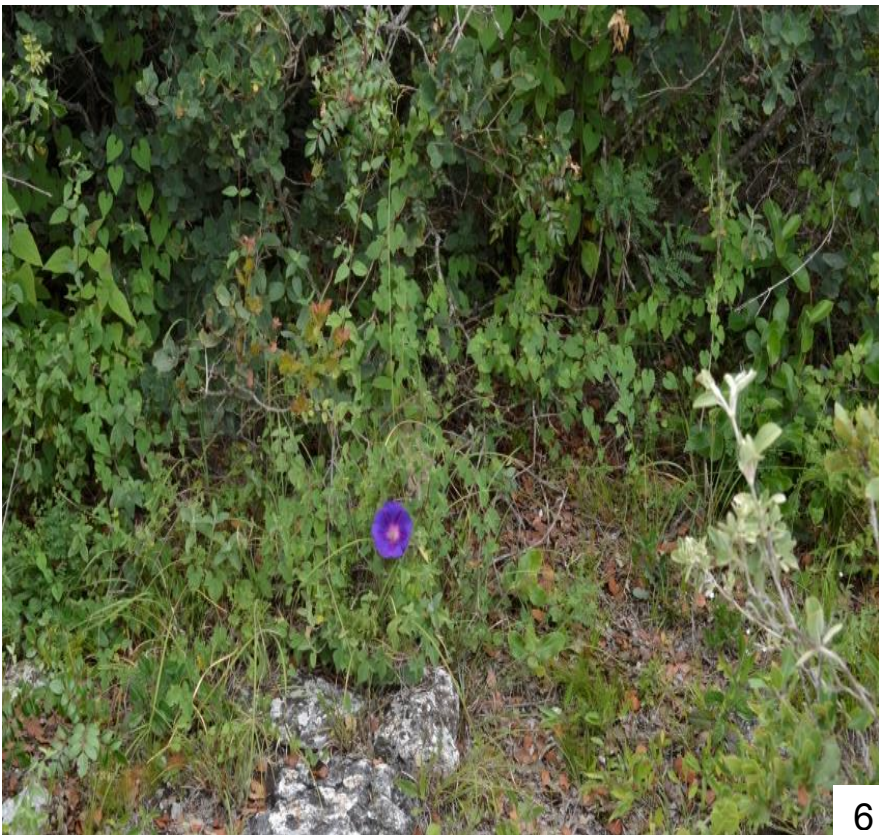






Figura 37. Fotografías de la vegetación del Cerro Manrubio por cada piso en el gradiente altitudinal: **1**: 2030 m s. n. m., **2**: 2067 m s. n. m., **3**: 2140 m s. n. m., **4**: 2186 m s. n. m., **5**: 2221 m s. n. m., **6**: 2248 m s. n. m., **7**: 2300 m s. n. m., **8**: 2332 m s. n. m., **9**: 2360 m s. n. m. y de la **A-Z** son los tres microhábitats colectados por cada piso.

Variación en la composición de musgos a lo largo del gradiente altitudinal.

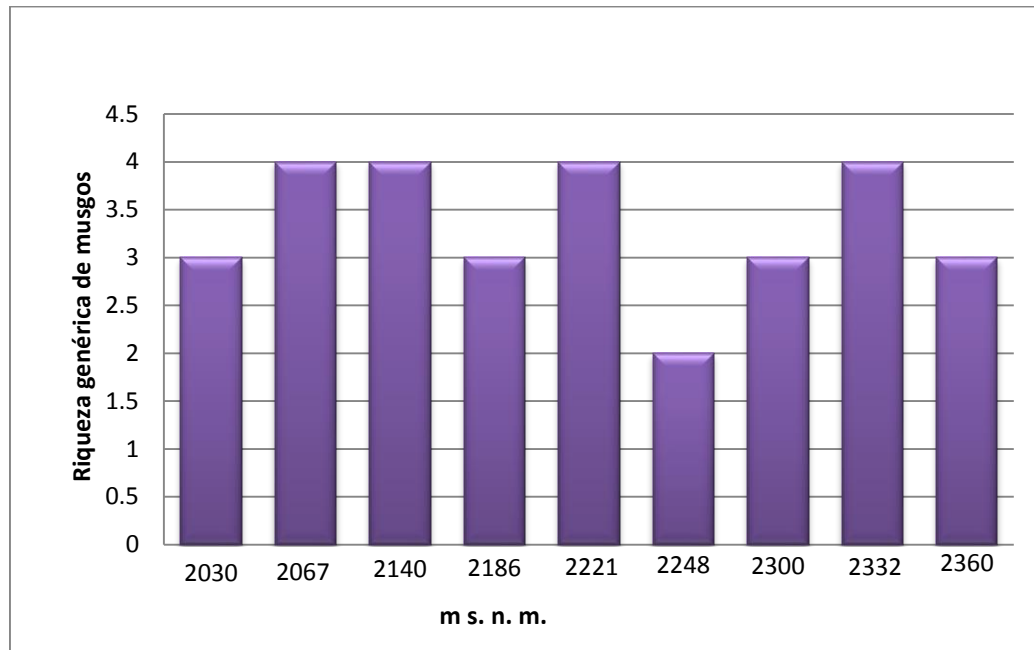


Figura 38. Gráfica acumulativa de los géneros de musgo de las costras biológicas del suelo a lo largo del gradiente altitudinal.

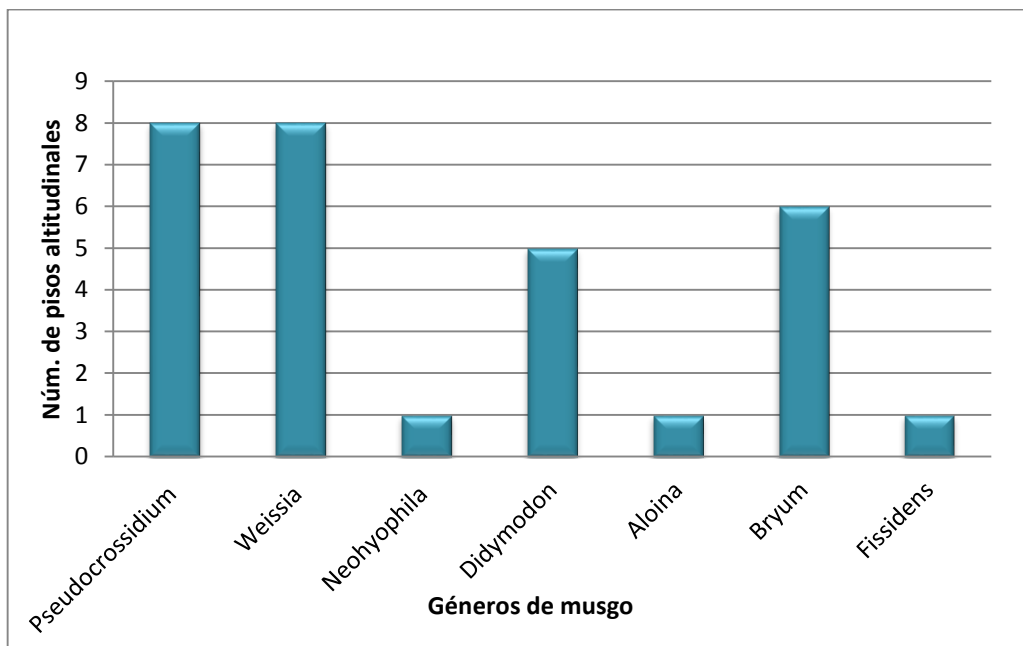


Figura 39. Gráfica de frecuencia de los géneros de musgo asociados a costras biológicas del suelo a lo largo del gradiente altitudinal.

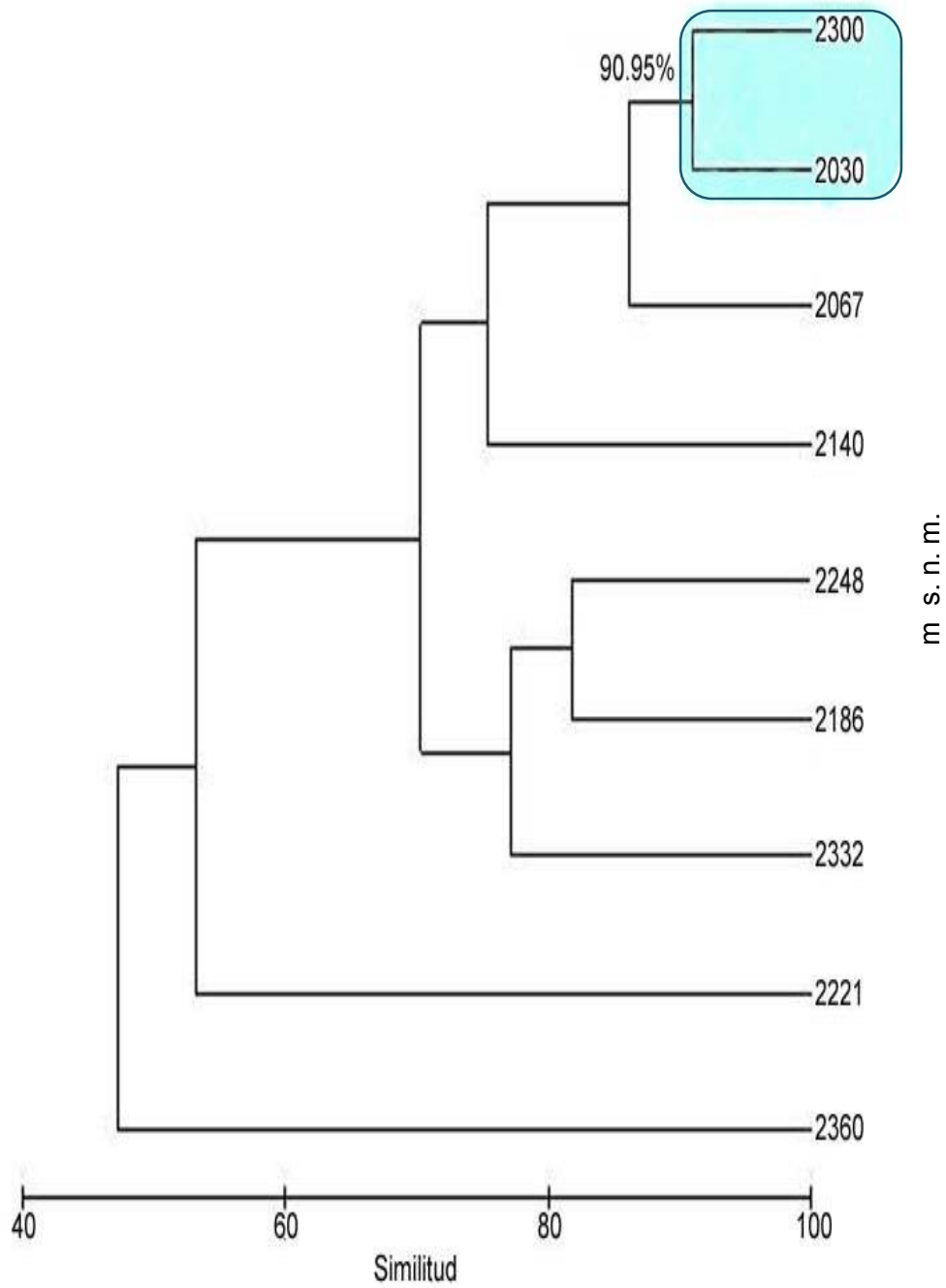


Figura 40. Análisis de similitud de los géneros de musgo asociados a costras biológicas del suelo por cada piso altitudinal.

Variación en las propiedades del suelo a lo largo del gradiente altitudinal.

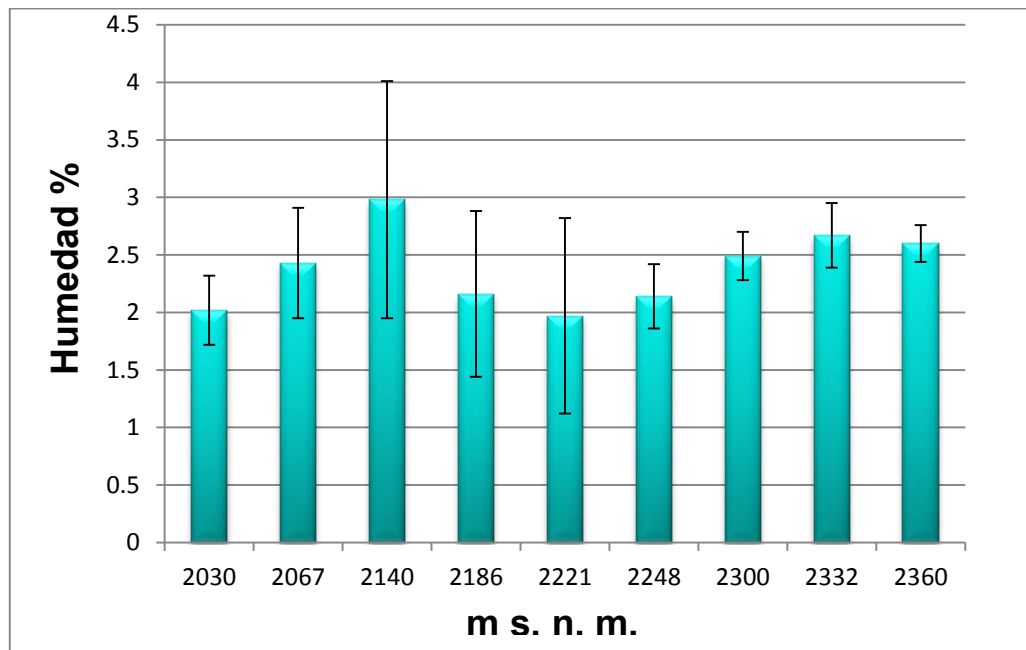


Figura 41. Gráfica de valores promedio de humedad a lo largo del gradiente altitudinal.

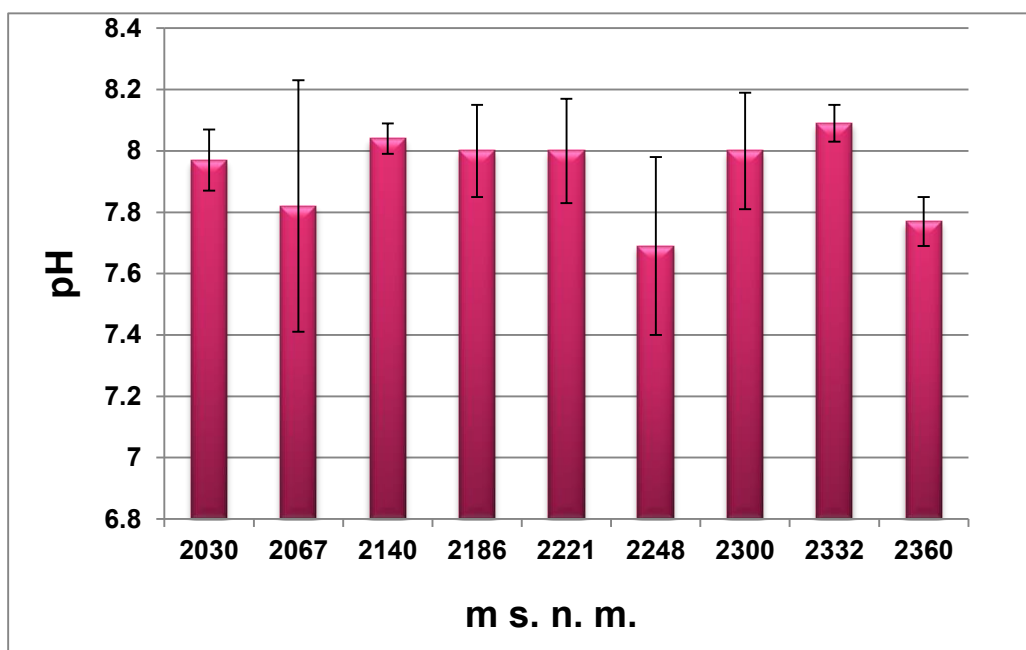


Figura 42. Gráfica de valores promedio de pH a lo largo del gradiente altitudinal.

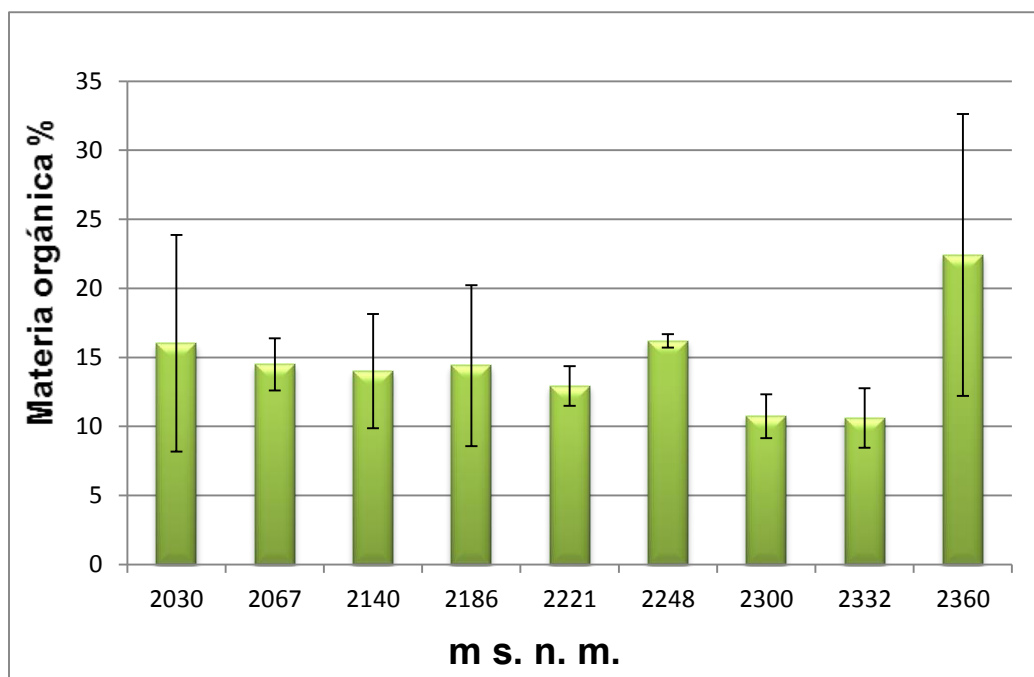


Figura 43. Gráfica de valores promedio de materia orgánica lo largo del gradiente altitudinal.

Tabla 7. Análisis de correlación de Pearson de los factores fisicoquímicos y la riqueza de Géneros.

	Humedad		pH		Materia orgánica	
	R	P	R	P	R	P
pH	0.045	0.824				
Materia orgánica	-0.052	0.798	-0.354	0.070		
Riqueza de Géneros	-0.111	0.581	0.051	0.799	-0.204	0.308

DISCUSIÓN

Descripción de la comunidad de musgos

Sólo tres familias de musgos se encontraron en el área de estudio esto puede deberse a la etapa sucesional de la CBS. Langhans *et al.* (2009) encontró que en etapas iniciales de la sucesión existen más especies mientras que en las etapas finales, la cantidad de especies es menor.

Bryaceae que comprende 20 géneros a nivel mundial, para la parte del Neotrópico donde se encuentra la Reserva de la Biosfera de Tehuacán, se presentan 15 géneros (Sharp *et al.*, 1994). La familia es notoriamente difícil para la región de Texcala debido a que predominan los organismos de tipo estéril lo que dificulta su determinación, ante la ausencia del esporófito. Se determinó el género *Bryum* que es ampliamente variable, se admite que es uno de los géneros más difíciles de los musgos, la revisión mundial probablemente es sólo la mitad de las especies reconocidas (Gradstein *et al.*, 2001). El género se encuentra dentro de los musgos capaces de sobrevivir en ambientes desérticos debido a la formación de pelos hialinos (Glime, 2007), además Langhans *et al.*, (2009) menciona el género *Bryum* presente en CBS estables en los ecosistemas de arena de Darmstadt, en Hesse, Alemania. En el Valle de Tehuacán Delgadillo-Zander (1984) determinan cuatro especies de este género en todos los tipos de ambiente mientras que para las CBS Rivera *et al.* (2006) determino sólo a *Bryum argenteum* Tabla 1.

También se encontró la familia *Fissidentaceae* que está conformada de un género, *Fissidens* es una familia monotípica, acomodada en el orden de los Fissidentales. Se reportan cerca de 100 especies en el Neotrópico y alrededor de 900 especies en el mundo (Sharp *et al.*, 1994). En *Fissidens* es característico el arreglo de los dos filidios dísticos a lo largo del tallo con los filidios claramente modificados exhibiendo lámina vaginante dorsal y ventral (Gradstein *et al.*, 2001). En el Valle Delgadillo-Zander (1984) determinan a *Fissidens repandus* considerando todos los

ambientes mientras que Rivera *et al.* (2006) determina a *Fissidens crispus* como componente de CBS Tabla 1.

Además se reportó la familia *Pottiaceae* que es de distribución mundial, contiene siete subfamilias y seis tribus, 77 géneros y 1457 especies: en el Neotrópico se encuentran 55 géneros y 361 especies con 250 especies validadas. Las células de las hojas son oscurecidas por papilas. La costa es una característica taxonómica importante, es probable que varias especies aún no se hayan descrito para la flora de México y sobre todo para una región desértica como el cerro Manrubio en Texcala. Delgadillo-Zander (1984) reportan 18 géneros para el Valle considerando todos los ambientes mientras que Rivera *et al.* (2006) reporta seis géneros asociados a CBS Tabla 1.

El género *Pseudocrossidium* ha sido modificado considerablemente por Zander en 1993 ya que se incluyen especies de este género en *Barbula*, esto se debe al parecido morfológico con este. *Didymodon* fue definido por Zander en 1993 y también requiere una revisión crítica por el parecido con *Barbula* para el Neotrópico (Sharp *et al.*, 1994). Delgadillo-Zander (1984) no reportan el género *Pseudocrossidium* mientras que Rivera *et al.* (2006) reporta tres especies asociadas a CBS Tabla 1, por lo que se considera que este organismo se restringe a las etapas finales de la sucesión de las CBS del Cerro Manrubio. Por los reportes que existen en la literatura (Delgadillo-Zander, 1984) es necesaria una reconsideración taxonómica de la familia *Pottiaceae*.

Distribución altitudinal de los musgos.

Los musgos se presentaron en las 27 muestras colectadas en los nueve pisos altitudinales lo que refleja la presencia de CBS bien desarrolladas que se caracterizan por la presencia de cianobacterias, líquenes y musgos (Chamizo *et al.*, 2012), esto tal vez debido a la estabilidad de los agregados del suelo lo que permite la presencia de por lo menos un género de musgo por muestra. Büdel *et al.*, (2008) menciona que los musgos ocurren en CBS con baja frecuencia de

perturbación sin embargo a pesar de que en los nueve pisos altitudinales ocurre pastoreo se presentan estos organismos que además contribuyen principalmente a la composición de la CBS. En todos los casos se observó (Figura 37 A-Z) que no existen costras físicas. Largos periodos de sequía parecen frenar la sucesión de CBS, reducir la ganancia de biomasa y eliminar a los organismos más sensibles como los musgos (Büdel *et al.*, 2008). Sin embargo en el caso del cerro Manrubio sólo se encontró presencia de musgos de tipo xerófilo que son mucho más resistentes al calor que los musgos de tipo efímero encontrados en las CBS en otras regiones del Valle (Rivera *et al.*, 2006). Los musgos xerófilos son capaces de sobrevivir en sustratos de poca profundidad, con poca agua, absorben agua del rocío del aire activando los mecanismos de fotosíntesis por períodos muy cortos y exhiben un rápido retorno de actividad metabólica después del periodo de sequía prolongado (Glime, 2007).

La amplia distribución de la familia *Pottiaceae* con el 96.3% de presencia, se puede explicar debido a que presentan características fenotípicas que les permiten sobrevivir en condiciones de temperatura y humedad extremas. Entre estas características se encuentran, la contorsión de los filidios cuando están secos (Rivera *et al.*, 2006). La presencia de papilas en la familia ayuda a evitar la pérdida de agua, estas proporcionan un canal para absorción de agua, también ayudan a dispersar la luz para la protección de clorofila ya que durante periodos de sequía los rayos UV son muy fuertes. Estructuras como las papilas aseguran que el musgo no pase por un largo periodo en estado seco donde es probable perder más carbono por respiración de lo que gana por fotosíntesis (Glime, 2007). Los sistemas papilares se separan por regiones laminares donde la continuidad capilar se modula en altos potenciales de agua lo que provoca que la planta tenga un abundante abastecimiento de agua o bien ninguno. Esta configuración espacial se presenta como contorsiones en las filidios del musgo (Delgadillo, 1992). Respecto a la similitud los musgos presenten en el piso 2030 m s.n. m. y 2300 m s. n. m. es de 90.95% sin embargo no son idénticos puede deberse a factores macroclimáticos que alteran las condiciones de cada piso. Büdel *et al.* (2008)

considera que no se muestra una clara distribución en los musgos para la región de África debido a que se ven afectados por factores macroclimáticos.

Relación de los musgos con los parámetros fisicoquímicos.

La correlación que se da entre los parámetros fisicoquímicos, con la riqueza de géneros de musgos presentes en las 27 muestras no mostraron ninguna diferencia significativa, sin embargo algunos autores como Stevens (1992) y Zubiri *et al.*,(2013) mencionan la influencia de las costras sobre la química del suelo al exudar componentes orgánicos como exopolisacáridos, quelar compuestos, lixiviar nutrientes inorgánicos e incrementar el Carbono orgánico al producir rizinas, rizoides, hifas y polisacáridos. En Llanos de Ojuelos Jalisco, México es uno de los pocos reportes donde se menciona que la dominancia de *Bryum argenteum* en las CBS baja el pH y que la presencia de líquenes foliosos eleva concentraciones de Nitrógeno y Cobre. En el caso del Cerro Manrubio se observó que al no presentarse una clara dominancia de un género el efecto especie específico de un factor fisicoquímico no se observó. En el estudio se presentaron piedades físicas y químicas homogéneas a lo largo del gradiente altitudinal que son favorables para que existan solamente siete géneros lo que indica que la sucesión que presentan las CBS se encuentran en una etapa avanzada.

Rivera *et al.*(2009) para el Valle de Tehuacán- Cuicatlán reporta la materia orgánica en un intervalo de 9 a 13% y en el Cerro Manrubio es de 10.61% a 22.21% esto puede influir en que los géneros encontrados son similares (*Pseudocrossidium* 77.7%) Tabla 5. Para el pH Rivera *et al.* (2009) reporta un valor de 7.14 a 8.11 mientras en el Cerro Manrubio el pH tiene valores de 7.69 a 8.09. Respecto al porcentaje de humedad se encontró un intervalo de 1.97 a 2.98% característico de las diferentes zonas que presenta el Valle (López *et al.*, 2003).

CONCLUSIÓN

La presencia de musgos en todas las CBS colectadas en los pisos altitudinales indica la estabilidad en la sucesión de estas comunidades edáficas en el Cerro Manrubio. La distribución altitudinal de las poblaciones de musgos asociadas a CBS fue en forma de parches, debido principalmente a las condiciones del microhábitat descrito para cada piso altitudinal. Por otro lado la altitud, y los factores fisicoquímicos analizados, no influyeron en la composición de géneros de musgos a lo largo del gradiente.

Algunas problemáticas que se presentan en San Antonio Texcala son: la degradación de los recursos locales, alta vulnerabilidad ambiental, pérdida de la diversidad biológica, agrícola y cultural, alta dependencia de insumos y recursos externos, falta de empleo y alta migración. Por lo que el estudio busca contribuir al conocimiento de la biodiversidad del suelo, mostrando que en el Cerro Manrubio las condiciones permiten la presencia de CBS en etapas sucesionales finales.

El trabajo permitió involucrarse con las comunidades del núcleo agrario de San Antonio Texcala, Puebla y puede ser utilizado como parte del posible manejo de la conservación de los recursos naturales de la región, en particular los relacionados con el suelo y así contribuir con el avance social de los habitantes del lugar, es decir usar la biodiversidad como mecanismo de sustentabilidad y mejoría de quienes son dueños de estos sistemas.

BIBLIOGRAFIA

Asturnatura, 2015. *Bryum capillare*. Recuperado 2015/03/11 de www.asturnatura.com.

Belnap, J., 1995. Surface disturbances: their role in accelerating desertification. *Environmental Monitoring & Assessment*.37: 39-57.

Belnap J., Hawkes C., Firestone M. 2003. Boundaries in miniature: two examples from soil. *BioScience*. 53: 739-749.

Belnap J., Lange O. 2001. Biological soil crust: structure, function, and management. Springer. Berlin.

Belnap J., Weber B. 2013. Biological soil crust as an integral component of desert environments. *Ecological Processes*. 2: 11.

Büdel B., Darienko T., Deutschewitz K., Dojani S., Friedl T., Mohr K., Salisch M., Reisser W., Weber B. 2008. Southern African biological soil crusts are ubiquitous and highly diverse in drylands, being restricted by rainfall frequency. *Microbial Ecology*.57: 229-247.

Chamizo S., Cantón Y., Domingo F., Belnap, J. Evaporative losses from soils covered by physical and different types of biological soil crusts. *Hydrological Processes*. in press.

Chamizo S., Cantón Y., Miralles I., Domingo F. 2012. Biological soil crust development affects physicochemical characteristics of soil surface in semiarid ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry*. 49: 96-105.

Dávila P., Arizmendi M., Valiente M., Villaseñor A., Casas A., Lira R. 2002. Biological diversity in Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Biodiversity and Conservation*. 11: 421-442.

Delgadillo C., Zander R. 1984. The Mosses of the Tehuacán Valley, México, and Notes on their Distribution. *The Bryologist*. Vol. 87, No. 4: 319-322.

Delgadillo C. 1992. Los musgos y la fitogeografía de México. *Ciencias*. No. especial 6: 35-40.

Delgadillo C., Moya C. 2014. Biodiversidad de Bryophyta (musgos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 100-105.

Eldridge D., Tozer M. 1996. Distribution and floristic of bryophytes in soil crusts in semi-arid and arid eastern Australia. *Australian Journal of Botany*. 44:223-247.

Glime J. 2007. Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology. Michigan Technological University, Botanical Society of America, International Association of Bryologists. Recuperado 2015/03/19 de www.bryoecol.mtu.edu.

Gradstein R., Churchill S., Salazar-Allen N. 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. Vol. 86. Memoirs of The New York Botanical Garden. New York.

Hutten-Shevock field guide to bryophytes, 2015. *Aloina bifrons*, *Didymodon laevigatus*. Recuperado 2015/05/14 de olympicbotanist.com.

Langhans T., Storm C., Schwabe A. 2009. Community assembly of biological soil crusts of different successional stages in a temperate sand ecosystem, as assessed by direct determination and enrichment techniques. *Microbial Ecology*. 58: 394-407.

López F., Muñoz D., Hernández M., Soler A., Castillo M., Hernández, I. 2003. Análisis integral de la toposecuencia y su influencia en la distribución de la vegetación y la degradación del suelo en la subcuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 56: 19-41.

Maestre F., Bowker M., Cantón Y., Castillo-Monroy A., Cortina J., Escolar C., Escudero A., Lázaro R., Martínez I. 2011. Ecology and functional roles of biological soil crusts in semi-arid ecosystems of Spain. *Journal of Arid Environments*. 75: 1282-1291.

Miralles I., Cantón Y., Solé-Benet A. 2011. Two-dimensional porosity of crusted silty soils: indicators of soil quality in semiarid rangelands? *Soil Science Society of America Journal*. 75: 1289-1301.

Molina F., Van T. 2010. Situación del conocimiento sobre los musgos de Sonora. *Diversidad Biológica de Sonora*. Edición Mora-Cantúa. México.

Raven P., Curtis H. 1975. *Biología Vegetal*. Ediciones Omega. Barcelona.

Rivera V., Manuell I., Godínez H. 2004. Las costras biológicas del suelo y las zonas aridas. *Ciencias*. 75: 24-27.

Rivera V., Godínez H., Manuell I., Rodríguez S. 2005. Physical effects of biological soil crusts on seed germination of two desert plants under laboratory conditions. *Journal of Arid Environments*. 63: 344-352.

Rivera V., Montejano G., Rodriguez-Zaragoza S., Durán-Díaz A. 2006. Distribution and composition of cyanobacteria, mosses, and lichens of the biological soil crust of the Tehuacán Valley, Puebla México. *Journal of Arid Environments*. 67: 208-225.

Rivera V., Godínez H., Moreno R., Rodríguez S. 2009. Soil physic-chemical properties affecting the distribution of biological soil crusts along an environmental transect at Zapotitlán drylands, Mexico. *Journal of Arid Environments*. 73: 1023-1028.

SEMARNAT. 2013. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán*. Primera edición. México.

Sharp A., Crum H., Eckel P. 1994. The Moss Flora of Mexico. Vol. 69. *Memoirs of The New York Botanical Garden*. New York.

Sociedad Latinoamericana de Briología, 2015. Ciclo de vida de musgos. Recuperado 2015/03/15 de www.briolat.org.

Stevens, G. 1992. The elevational gradient in latitudinal range: An extensión of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist*. 40 (6): 893-911.

Tropicos. 2015. *Bryum argenteum*, *Bryum apiculatum*, *Fissidens crispus*, *Fissidens rigidulus*, *Pseudocrossidium replicatum*, Recuperado 2015/05/15 de www.tropicos.org.

Verrecchia, E., Yair, A., Kidron, G., Verrecchia, K. 1995. Physical properties of the psammophile cryptogamic crust and their consequences to the water regime of sandy soils, northwestern Negev Desert, Israel. *Journal of Arid Environments*. 29: 427-437.

Zubiri L., Sannwald E., Martínez I., Flores J., Escudero A. 2013. Biological soil crust greatly contribute to small-scale soil heterogeneity along a grazing gradient. *Soil Biology & Biochemistry*. 64: 28-36.

GLOSARIO

Abaxial: Superficie alejada del eje; también llamada dorsal en las hojas.

Acuminado: Cuando la hoja termina en punta en el ápice.

Adaxial: Lado o superficie más cercana al centro de un eje; a veces se usa como ventral en las hojas.

Adpresa: Aplanado o planchado contra el tallo.

Apiculado: Provisto de una punta corta, órgano vegetal terminado en punta no espinosa.

Arista: Pelo grueso, cerda en la punta de la hoja, usualmente hialino, es una proyección de la costa en la parte terminal de la hoja.

Banda central: También llamado banda axial o cilindro central, es una columna delgada o cilindro de células elongadas al centro del tallo de algunos musgos.

Barbada: Barbudo con mechones de cabellos largos (peludo).

Basal: Localizadas al fondo a lo cerca (proximal) del fin de la estructura (abajo, en medio) (opuesto a terminal o distal).

Cancelina: Sinónimo de endohyalocisto, larga dentro usualmente, células hialinas en la base de las hojas de las células.

Caulidio: Está formado por una pseudoepidermis (sin estomas), corteza parenquimatosa (con células periféricas ocasionalmente esclerosadas), equivalente a un tallo.

Células guía: En algunos musgos, grandes y vacías células de pared delgada extendiéndose a través de la costa.

Cespitoso: Que crece en parches densos, como cojines o céspedes.

Clorocistos: En los filidios de los musgos células que contienen clorofila, con coloración verde.

Comoso: Con presencia de pelos, proyecciones hialinas en las hojas.

Complanada: Se le dice a una hoja frondosa que esta aplanada en un plano.

Contorneado: Irregularmente torcido.

Crenulado: Con dientes pequeños y redondeados; diente esférico o festón a lo largo del margen, que son usualmente paredes abultadas de las células individuales.

Crispadas: Forma de las hojas parecidas a un tocino.

Cuculado: Que tiene forma de capucha.

Cuspidado: Acabado en punta o cúspide.

Dehiscencia: Proceso de madurez del esporofito de liberación de esporas.

Dístico: Arreglo de filidios en dos filas simétricas.

Ectohídrico: Mecanismo de los musgos para la circulación de agua debido al déficit de circulación interna.

Elimbado: Que no tiene borde.

Esporangio: Sitio donde se producen esporas.

Estereidas: Células (endurecidas) que soportan las hojas y tallos de algunos musgos. Largas delgadas y de pared gruesa (como fibra), con lumen pequeño y aparecen en paquetes en la costa o bordeando las hojas o en el cilindro central y hasta afuera de tallos.

Estolón: Brote lateral, normalmente delgado, que nace en la base del tallo, crece horizontalmente con respecto al suelo.

Excrecencias: Prominencia o abultamiento que crece anormalmente alterando su textura y superficie naturales.

Festón: Contorno de una superficie, en el cual se ven alternadamente partes cóncavas y convexas.

Filidio: Principales órganos fotosintetizadores presentan un arreglo helicoidal (en algunos en forma dística) y muy variable, equivalente a una hoja.

Gametangio: estructuras donde se forman los gametos; arquegonio y anteridio.

Gametóforo: Es la parte más obvia de los musgos constituido por un eje central o caulidio y estructuras laminares o filidios que se insertan transversales al caulidio.

Gregario: formando grupos laxos.

Hialodermis: Epidermis caulinar diferenciada, en los tallos de la hoja en un corte transversal compuesto de células grandes, vacías y sin color.

Hidroide: Célula alargada, especializada en conducción de agua y sales.

Intramarginal: Se refiere a en el borde de la hoja; a una o más filas de células especializadas descansando a una corta distancia hacia el borde de la hoja.

Involucro: Estructura envolvente que rodea al esporofito, gametangios o esporangios.

Isodiamétricas: Células con el mismo diámetro a todas direcciones.

Lamelas: Células parecidas, muy próximas y con clorofilas dentro, varias células verdes formando un cordón como una pared o faldilla corriendo longitudinalmente por abajo de las hojas en algunos de los talos.

Laxo: Flojo, suelto; se refiere a las células grandes de pared delgada o a la disposición y separación de tallos o a las hojas sobre el tallo.

Leptoide: Célula alargada que conduce sustancias de la fotosíntesis.

Leucocistos: Clula hialina, grande, vacía y alargada que se encuentra en los filidios.

Limbado: Que esta bordeado.

Limbido: Es un margen de células alargadas uni o pluriestratosas.

Mamila: Es una protuberancia, un engrosamiento uniforme en una pared celular.

Membrana basal: Delicado cilindro o membrana tubular, membrana en la base del peristoma interior (endostoma) de la cápsula de muchos musgos.

Mucronado: Hoja, lámina con una punta corta y aguda en su extremo, que termina abruptamente en un punto corto.

Neotrópico: Es un término para identificar la región tropical del continente americano; que incluye casi toda América del sur, Centroamérica, Antillas, una parte de Estados Unidos y una parte de México.

Obtuso: Que no tiene punta, o bien despuntado.

Papilas: Protuberancia local sólida en una superficie celular que forma estructuras de diferentes forma como; verruga, espinosa, bifurcada, ramificada o en forma de letra "C".

Páramo: Ecosistema montano intertropical con predominio de vegetación tipo matorral, se ubican de 3000 m.s.n.m. hasta los 4000 o 5000 m.s.n.m. El más conocido es el páramo andino de Sudamérica, pero también hay páramo en Centroamérica, África Oriental y Nueva Guinea.

Pilífero: Con pelo.

Poiquilohidro: Que presenta poiquilohidría o ausencia de mecanismos para regular el contenido hídrico por lo que es muy dependiente de su disponibilidad para desarrollarse.

Propágulo: Estructura de reproducción asexual, de formas diferentes.

Protonema: Primer filamento con estructura fotosintetizadora, a partir del cual se forman las yemas que al madurar darán origen a gametófitos.

Puna: Ecorregión altiplánica, o meseta de alta montaña, propia del área central de la cordillera de los Andes. Constituye un bioma neotropical de tipo herbazal de montaña, llamado a veces tundra altoandina.

Radiculoso: En musgos, cubierta con alta visibilidad de rizoides.

Recurvada: Cualquier cosa que sea curvada hacia atrás, hacia abajo, o debajo de las puntas de las hojas donde los márgenes se curvan.

Reniforme: Que tiene forma de riñón.

Revoluto: Fuertemente recurvado.

Zacatonal: Ecorregión que consiste en praderas alpinas y pocos matorrales en volcanes del centro de México y Guatemala, compuesto de herbazales, se encuentran a una altitud de entre 3800 y 4500 m.s.n.m.