

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN-León

Área de conocimiento de Ciencias y Tecnología

Área Específica de Biología

“Edgard Munguía Álvarez”



Trabajo monográfico para optar la licenciatura en Biología

Título:

Diversidad de musgos y afines de la Reserva natural “Complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita”, Chinandega julio-septiembre 2024.

Autores: Br. Jeyson David López Duarte

Br. José Esteban Duarte Narváez

Tutora: M.Sc. Indiana Coronado

Asesora de Tesis: Dra. María Eugenia Cerda Castillo

León, Nicaragua

“45/19: ¡La patria y la revolución!”

Dedicatoria

A aquel que mora en los cielos, por haberme ayudado de formas que no comprendo, pero que estás ahí presente guiándome en mi camino y protegiéndome de todo mal, a mi madre Margarita Núñez (q.e.p.d), si estuvieras aquí me verías lograr mis metas, a mi padre, hermanos, amigos, colegas y todos aquellos que me apoyaron a lo largo de mi carrera, a la Universidad UNAN-León por permitirme el privilegio de realizarme como profesional.

Br. Jeyson David López Duarte

Dedicatoria

La presente tesis se la dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no rendirme en los problemas que se presentaban y permitirme culminar mi carrera, a mis padres ya que sus consejos y sus bendiciones que me guían día a día por el camino del bien, en ofrenda de su amor y gratitud les ofrezco este trabajo este trabajo y a mis maestros por ser esa luz guía en el camino del conocimiento.

Br. José Esteban Duarte Narváez

Agradecimientos

A nuestra tutora M.Sc. Indiana Coronado, por permitirnos el uso del herbario y los libros concernientes al estudio de briofitos de Centroamérica.

A nuestra asesora Dra. Eugenia Cerda, por darnos conocimiento y asesoría en nuestro trabajo monográfico.

Al maestro M.Sc. Mauricio Prado Díaz, por habernos inspirado en conocer el maravilloso mundo de los briofitos.

Al Lic. Arturo Díaz Cano, por habernos brindado alojamiento y conocimiento sobre el volcán San Cristóbal.

A los habitantes de la comunidad "Versalles", por brindarnos información acerca del volcán Casita.

A nuestros compañeros de viaje Br. Luis Rojas Gamboa, Guillermo Santiago López Rivas, Michael Bucardo, Virginia Bucardo y Lic. Byron Rafael Rosales, por habernos acompañado en nuestras giras de campo a los diferentes volcanes de la Reserva.

Índice

Introducción	1
Objetivos	3
Marco teórico.....	4
Briofitas sensu lato	4
Características:	4
Clasificación	6
Briofitas sensu stricto (musgos)	7
Hepáticas	8
Antoceros	9
Hábitat	9
Filogenia	10
Ciclo biológico	10
Importancia ecológica	12
Formaciones vegetales de Nicaragua	13
Complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita	16
Reseña histórica	16
Geomorfología	16
Hidrografía	17
Ecosistemas	17
Flora y Fauna	18
Diseño Metodológico.....	20
Tipo de estudio	20
Área de estudio	20
Población	21
Muestra	21
Muestreo	21
Procedimiento de recolección de datos	21
Plan de análisis	22
VARIABLES A TOMAR EN CUENTA	22
Resultados y discusión	24
Conclusiones.....	32

Recomendaciones.....	33
Referencias.....	34
Anexos.....	39

Resumen

Nicaragua es el primer país de la región Iberoamericana en poseer un registro completo y modernizado de su flora, sin embargo, no se cuenta con documentación o referencia alguna sobre la brioflora nacional, salvo de una pequeña colección de musgos realizada por Alonso et al. (2017) y donada al herbario de la UNAN león (HULE). La presente investigación tiene como propósito la elaboración de un inventario de la brioflora de los volcanes Chonco, San Cristóbal y Casita. El enfoque de esta investigación es cuantitativo-descriptivo y de corte transversal. Se realizaron tres giras de campo en los meses de julio, agosto y septiembre, utilizando el muestreo por línea intercepto (MLI) propuesto por Moya et al. (2021). Se estimó la diversidad Alfa mediante la Riqueza específica, Diversidad de Shannon-Wiener y Dominancia de Simpson, y diversidad Beta por el índice de similitud de Jaccard. Se identificaron 26 especies pertenecientes a 19 géneros y 18 familias, divididas en musgos (23 sp.), hepáticas (2 sp.) y antoceros (1sp.), de estas, 10 especies son consideradas nuevos registros para el país. En el volcán Casita se encontró el mayor número de especies e individuos, pero con los mayores niveles de dominancia según el índice de Simpson (0.31), en comparación con los volcanes Chonco (0.28) y San Cristóbal (0.14). En el volcán San Cristóbal se registró la mayor diversidad de acuerdo con el índice de Shanon-Wiever (2.13), a diferencia de los volcanes Casita (1.58) y Chonco (1.61). El índice de similitud de Jaccard reveló que tanto los volcanes Chonco y San Cristóbal comparten una similitud del 25%. El sustrato de mayor preferencia por los briofitos se encontró en el sustrato roca con un 36%, seguido de los sustratos corteza con un 31% y suelo con 21%, el sustrato de menor preferencia fue el de tronco en descomposición con un 12%.

Palabras clave: Briofitas, Flora, Biodiversidad, Volcán San Cristóbal.

Introducción

La biodiversidad se define como la variedad de organismos presentes en una comunidad, abarcando desde las diferencias genéticas entre los individuos de una misma población hasta el conjunto de comunidades biológicas que interactúan con su medio físico (Solomon et al., 2013; Martínez et al 2001).

Nicaragua según datos del MARENA (2020), se registran alrededor de 20,485 especies, donde el 29.35 % (6,014 especies) corresponde a la Flora dividida en angiospermas, gimnospermas y pteridofitas (helechos y afines).

Concretamente en el área de la botánica es la mejor documentada en el país, Nicaragua es el primer país de la región iberoamericana en poseer un registro completo y modernizado de su flora, según el Missouri Botanical Garden (2022), se contabilizan 5,796 especies en 1,699 géneros pertenecientes a 225 familias de plantas vasculares con semillas adicionando a las pteridofitas como grupo aparte, referenciado en forma de colecciones en el Herbario UNAN-León y el Herbario Nacional administrado por la Universidad Casimiro Sotelo (Mijail, 2008). Sin embargo, no se cuenta con documentación o referencia alguna sobre la brioflora nacional (musgos, hepáticas y antoceros) salvo de una pequeña colección de musgos realizada por Alonso et al. (2017) donada al herbario HULE.

Las únicas investigaciones relacionadas a la brioflora nicaragüense, fueron realizadas por investigadores extranjeros como parte de estudios regionales, entre los que destacan: *Moss flora of Central América* de Bruce Allen, colección de cuatro volúmenes donde se registran las familias de musgos presentes en el istmo desde 1994-2018 y *Latmoss*, donde contabiliza para Nicaragua 132 especies de musgos (Delgadillo, 1999).

No obstante, los otros países de la región centroamericana han creado sus propios catálogos y colecciones brioflorísticas en países como Guatemala, Costa Rica y Panamá (Morales-Zurcher & Griffin, 1983; Allen et al., 2006; Pérez, 2006, Dauphin et al., 2015; Arrocha et al., 2021).

La última investigación realizada en el complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita concerniente al estudio de briofitos fue realizado por Alonso et al. (2017), lo que pone en

evidencia la necesidad de actualizar el listado sobre la brioflora dentro del área protegida para conocer el estado de vulnerabilidad ambiental de las especies que componen a este grupo y que medidas de protección pueden aplicarse para su conservación.

Es menester comprender más acerca de este tipo de organismos, debido a que son excelentes bioindicadores de calidad ambiental del suelo, agua y aire, lo que puede resultar ser muy eficaz para utilizarlos como herramientas de evaluación ambiental en investigaciones futuras.

Las briofitas desempeñan una enorme e importante función en los ecosistemas del mundo al ser las primeras plantas en colonizar suelos rocosos y pobres en nutrientes contribuyendo a su lenta pero constante transformación en suelos aptos para las demás plantas (Glime, 2007).

Poseer registros y colecciones sobre la diversidad biológica del país es una gran herramienta para establecer la distribución y ecología de las especies, por lo que permite conocer la situación actual de la biodiversidad ante un entorno cambiante y además que es la principal fuente de enseñanza y transferencia de conocimiento para futuras investigaciones relacionadas en el campo de las ciencias biológicas (Organización del Tratado de Cooperación Amazónica, [OTCA], 2020).

Comprendiendo nuestra biodiversidad podemos aprovechar las especies que tienen un enorme potencial en varios ámbitos de la sociedad, por otro lado, entenderemos el rol fundamental que tienen este tipo de organismos en los ecosistemas y como estos están ligados en la transformación y mantenimiento de los mismos.

Esta investigación aportará conocimiento sobre la flora del país, por lo que alentará a futuros investigadores a realizar colectas concernientes a plantas no vasculares de las cuales no hay referencia o colecciones conocidas, ayudando a completar nuestro panorama sobre la biodiversidad nacional.

Objetivos

General:

Elaborar un inventario de musgos y afines presentes en el Complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita, Chinandega.

Específicos:

Identificar taxonómicamente las especies de briofitos colectados en las tres zonas de estudio.

Estimar la diversidad alfa (Riqueza de especies, Shanon-Wiener, y Simpson) y beta (Jaccard) de las briofitas presentes en el complejo volcánico (Chonco-San Cristóbal-Casita).

Determinar el tipo de sustrato con que más frecuencia se encuentran las briofitas en la zona de estudio.

Marco teórico

Briofitas sensu lato

Las briofitas *sensu lato* (en sentido amplio) se refieren a las plantas terrestres no vasculares, su nombre proviene del latín *bryon* y griego βρύον *bruon*, musgo, y φυτόν *phyton*, en donde comprenden entre 13,000 y 20,000 especies, lo que las convierte en después de las Angiospermas, las plantas terrestres más diversas en el planeta (Judd et al, 2002).

Los briofitos aparecen por primera vez en el registro fósil en la era Devónica, hace más de 350 millones de años y estos fósiles antiguos permiten comprobar que los briofitos primitivos eran muy parecidos a las especies actuales. Se conocen restos fósiles de plantas vasculares que datan del Silúrico (hace 400 millones de años), con lo cual el antecesor común (hipotético) de las briofitas y de las plantas Cormophytas (un grupo de algas pertenecientes a las Charophyceas que quedaron atrapadas en pequeños charcos durante los períodos de sequía que se adaptaron a esas condiciones) invadió probablemente el medio terrestre hace unos 500 millones de años, quizás en el Ordovícico (Raven & Curtis, 1975).

Las briofitas (*s.l.*) fueron reconocidas claramente como un grupo natural por el botánico británico Samuel Frederick Gray (1776-1828) en 1821, aunque el nombre formal de la división Bryophyta no fue propuesto sino hasta casi medio siglo después, los dos grupos de briofitas que reconoció Gray: Musci y Hepaticae ya habían sido establecidos por botánicos anteriores, no obstante, él contribuyó a reconocer la afinidad entre los dos grupos (Cronquist, 1982).

Características:

- Constituyen el principio de adaptación a la vida terrestre y ocupan una posición intermedia entre las Tallophyta (algas Charophyceas) y las restantes Cormophytas (Freire & Urtubey, 2019).
- Poseen estructuras análogas: rizoides, caudilios y filidios (pero no homólogas) a los órganos de las plantas cormofitas: raíces, tallos y hojas (Judd et al, 2002).

- El gametofito es dominante, mientras que el esporofito es dependiente totalmente del gametofito para su nutrición.
- El gametofito es siempre fotosintético y, por lo general, es más grande y conspicuo que el esporofito, el cual, a menudo, parece ser una fase o un estado en la reproducción del gametofito.
- Son siempre plantas pequeñas que rara vez miden más de unos centímetros de largo y nunca se elevan más de unos cuantos centímetros del substrato de donde viven.
- Carecen de un sistema vascular, por lo que toman agua a través de todo su cuerpo (Cronquist, 1982).
- Son plantas capaces de sobrevivir largos periodos de sequía (plantas reviviscentes).
- Absorben la humedad del exterior, pero no pueden retenerla si la atmosfera no está saturada de vapor, por lo que son denominadas plantas poiquilohídricas.
- Presentan órganos sexuales multicelulares: anteridios y arquegonios.
- Dependen totalmente del agua para realizar su reproducción (los anterozoides nadan hacia los óvulos).

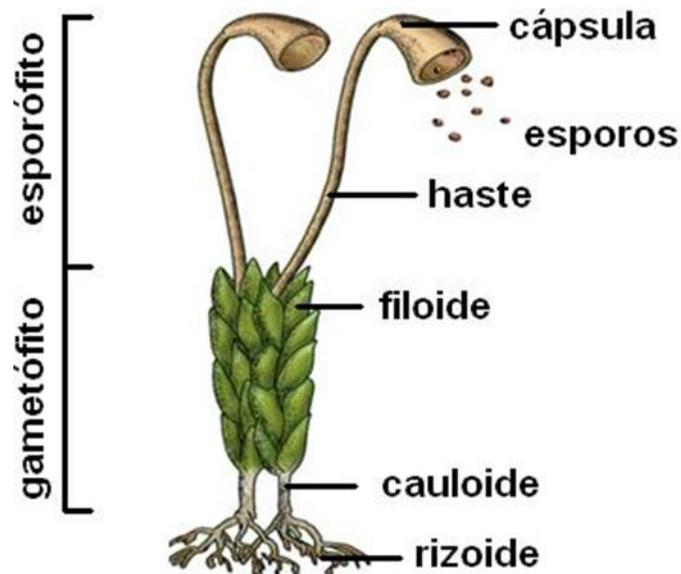


Fig.1: Partes típicas de una briofita (GreennGrowth ©, 2021).

Clasificación

Tradicionalmente las briofitas (*s.l.*) se agrupaban en una sola división con tres clases (Marchantiopsida, Bryopsida y Anthocerotopsida) (Judd et al, 2002), sin embargo, los briólogos elevaron a cada clase en un filo diferente (Hepatophyta, Bryophyta *sensu stricto* y Anthocerophyta), lo que refleja que cada grupo ha evolucionado independientemente en rutas separadas a partir de las algas verdes Charophyceas ancestrales (Nabors, 2006).

El nombre *Musci* está tomado directamente de la palabra latina utilizada para referirse a los musgos, *muscus* (pl., *musci*), en donde agrupaban a otros organismos como los licopodios dentro de este grupo, pero, no fue hasta 1872 que los musgos fueron delimitados por el botánico alemán Johann Hedwig (1730-1799), quien a menudo es considerado el padre de la briología.

Marchantiopsida fue establecida por primera vez como grupo (con el nombre Hepaticae) en 1789 por el botánico francés Antoine Laurent de Jussieu, por más de 100 años Jussieu y sus sucesores incluyeron a Anthocerotopsida entre las Hepaticae, pero no fue hasta en 1889 que el botánico estadounidense Marshal Avery Howe (1876-1936) lo estableció como una clase aparte (Cronquist, 1982).

Por lo que se puede plasmar en este cuadro el rumbo de la clasificación de las briofitas (*s.l.*):

Tabla No 1: Clasificación de las briofitas (s.l.) con el tiempo (Fundación Wikimedia, Inc., 2021)

Eichler 1883	Rothmaler 1951	G. Smith 1955	Bold 1956	Stotler 1977
Musci	Bryopsida	Musci	Bryophyta	Bryophyta
Hepaticae	Hepaticopsida	Hepaticae	Hepatophyta	Marchantiophyta
	Anthocerotopsida	Anthocerotae		Anthocerophyta

Briofitas *sensu stricto* (musgos)

La división *Bryophyta sensu stricto* contiene alrededor de 10,000 especies, se caracterizan por presentar un gametofito folioso, con simetría radial, diferenciado en un caudilio con filidios dispuestos en espiral o en dos o tres hileras y se adhieren al sustrato por medio de rizoides pluricelulares (Cronquist, 1982).

Poseen una diferenciación celular en el caudilio, en donde se encuentran las células periféricas (hialodermis), células recias con función mecánica (estereidas) y las más internas adecuadas para el traslado de agua (hidroides) y savia elaborada (leptoides) (Nabors, 2006).

Los musgos varían de tamaño desde unos pocos centímetros hasta 30 cm en especies acuáticas y tropicales, siendo *Dawsonia superba* Grev., 1847 con 60 cm. de alto el musgo de mayor tamaño que existe (Freire & Urtubey, 2019).

La división *Bryophyta* posee actualmente alrededor de 28 órdenes (Cole et al, 2021):

1. Takakiales
2. Sphagnales
3. Andreaeales
4. Andreaeobryales
5. Oedipodiales
6. Tetraphidales
7. Polytrichales
8. Buxbaumiales
9. Diphysciales
10. Gigaspermales
11. Funariales
12. Timmiales
13. Grimmiales
14. Dicranales
15. Pottiales
16. Splachnales
17. Hedwigiales

18. Bartramiales
19. Bryales
20. Rhizogoniales
21. Orthotrichales
22. Orthodontiales
23. Aulacomniales
24. Hypnodendrales
25. Ptychomniales
26. Hypopterygiales
27. Hookeriales
28. Hypnales

Hepáticas

Marchantiophyta reúne a 5,200 especies, estas plantas tienen la característica peculiar en que su gametofito es dorsiventral semejante a un hígado, por lo que comúnmente se les conoce como “hepáticas” ya que se creía que estas plantas podían curar males asociados al hígado (Freire & Urtubey, 2019).

Los rizoides de las hepáticas constan de una sola célula, en contraste con los musgos mencionados anteriormente, se dividen según la presencia o ausencia de filidios en sus gametofitos en:

Hepáticas foliosas: son las más numerosas, el cuerpo de la planta posee extensiones de filidios dispuestos en dos filas laterales y un tercero terminado en la superficie inferior denominado anfigastro. Al igual que los musgos los filidios constan de una célula, pero a estos pueden ser enteros o lobulados (siempre enteros en musgos) (Cronquist, 1982).

- Hepáticas talosas: estas hepáticas están desprovistas de “hojas”, su talo es grande y complejo, el cual posee varias células de grosor (aproximadamente 30 células en el nervio central y 10 en las partes delgadas) (Raven & Curtis, 1975), estas a su vez se subdividen en:
 - Talosas complejas: el talo está formado por varias capas de células diferenciadas en tejidos, presentando una capa superior rica en clorofila con cavidades subepidérmicas comunicadas con el exterior por poros aeríferos que realizan el intercambio gaseoso y una capa inferior sin clorofila que lleva los rizoides unicelulares.

- Talosas simples: el talo está formado por pocas células y tiene escasa diferenciación de sus tejidos (Freire & Urtubey, 2019).

Marchantiophyta actualmente posee 14 órdenes registrados (Cole et al, 2021):

1. Treubiales
2. Haplomitriales
3. Blasiales
4. Neohodgsoniales
5. Sphaerocarpaceles
6. Marchantiales
7. Pelliales
8. Fossombroniales
9. Pallaviciniales
10. Pleuroziales
11. Metzgeriales
12. Porellales
13. Ptilidiales
14. Jungermanniales

Antoceros

Anthocerophyta, antes incluido en la división Marchantiophyta abarca 300 especies, se les conoce comúnmente como “musgos con cuernos” por la forma de sus esporofitos, la característica más notoria es que posee un talo reducido poco diferenciado en forma de roseta adherido al sustrato por medio de rizoides unicelulares (Freire & Urtubey, 2019).

Anthocerophyta se divide actualmente en 5 órdenes (Cole et al, 2021):

1. Leiosporocerotales
2. Anthocerotales
3. Notothyladales
4. Phymatocerotales
5. Dendrocerotales

Hábitat

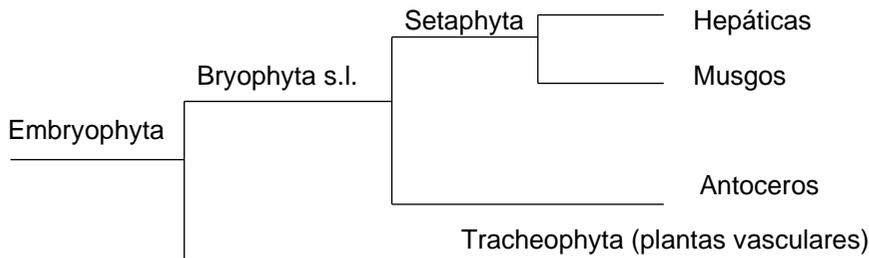
Las briofitas *sensu lato* se encuentran distribuidas en todo el mundo, frecuentemente se encuentran en ambientes tropicales y subtropicales, aunque muchas de ellas se encuentran en ambientes xerófitos sobre rocas y como epifitas, en regiones templadas o frías, algunas especies pueden llegar a ser acuáticas, pero no marinas (Freire & Urtubey, 2019).

Filogenia

La filogenia acerca de la relación entre los tres grupos de las Bryophytas (*s.l.*) ha sido un fuerte tema de debate, el cual se dividen en dos modelos:

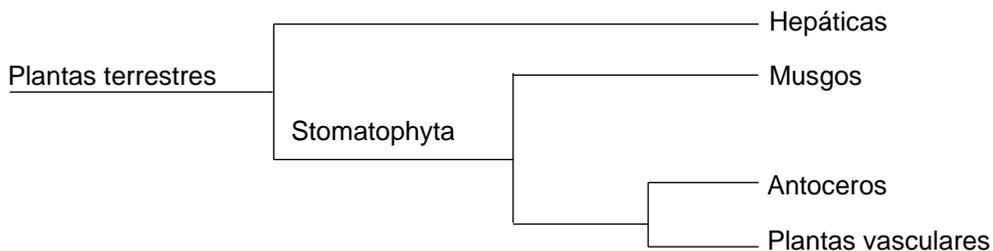
Modelo monofilético: Goremykin & Hellwig (2005) apoyaban la visión monofilética tradicional, pero Troitsky et al (2007), Konrat et al (2010) y Knoop (2010) habían sugerido que las briofitas en su conjunto no son un grupo natural, sin embargo, Cox (2014), concluyó que estas filogenias anteriores basadas en secuencias de ácidos nucleicos, estaban sujetas a sesgos de composición o artefactos filogenéticos y que además las filogenias basadas en secuencias de aminoácidos validaban que las briofitas son después de todo monofiléticas.

Este cladograma resume el parentesco de las briofitas como grupo monofilético:



(Fundación Wikimedia, Inc., 2021).

Modelo parafilético: Marchantiophyta constituye un grupo basal, se diferencia el clado Stomatophyta (Bryophyta *s.s.* + Tracheophyta) y las Anthocerophyta constituyen un grupo hermano de las Tracheophyta, según Cole & Hilger (2013):



(Freire & Urtubey, 2019).

Ciclo biológico

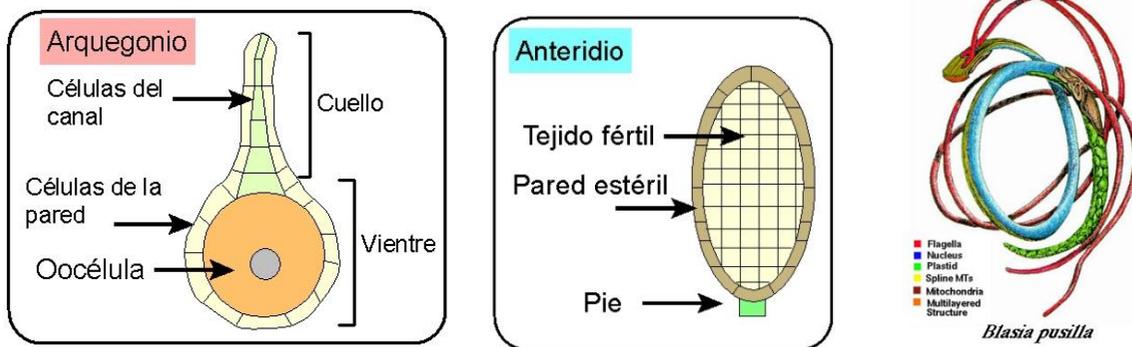
Al igual que las demás plantas, los briofitos (*s.l.*) presentan una alternancia de generaciones con un gametofito (n) y un esporofito ($2n$), como se mencionaba antes el

gametofito es independiente y predominante, mientras que el esporofito es más breve (sin ramificaciones, con un solo esporangio) unido al gametofito durante toda su vida (Freire & Urtubey, 2019).

Los gametofitos producen estructuras portadoras de gametos, denominadas gametangios, estos se dividen en anteridios y arquegonios, los cuales pueden ser microscópicos o escasamente visibles y estar situados en una posición terminal, entre los filidios superiores o en yemas situadas en cualquier punto de la planta, tanto los órganos sexuales masculinos o femeninos pueden estar en una misma planta o separadas con algunas diferencias (Raven & Curtis, 1975).

El arquegonio consiste en una estructura cerrada en forma de botella con una base hinchada denominada vientre y un cuello largo y delgado, en la matriz del arquegonio se encuentra el ovulo que es de gran tamaño y está desnudo.

El anteridio es una estructura elipsoidal o esférica de cubierta multicelular y que encierra una masa central de células llamadas androcitos, cada androcito se transforma en un anterozoide delgado, alargado y apicalmente biflagelado.



Figs. 2,3 y 4: Estructuras reproductoras de las briofitas (s.l.) y anterozoide (Romero, 2002; Bujalance, 2007).

Aunque la mayoría de las briofitas son terrestres y pocas son acuáticas, dependen del agua para la transferencia del anterozoide al ovulo, es suficiente una delgada película de agua del rocío o de la lluvia, cuando hay presencia de agua los anterozoides son atraídos a los arquegonios por estímulos químicos, estos penetran por la abertura del cuello hasta llegar a la matriz donde se encuentra el ovulo y se inicie la fecundación para así formar el esporofito (Cronquist, 1982).

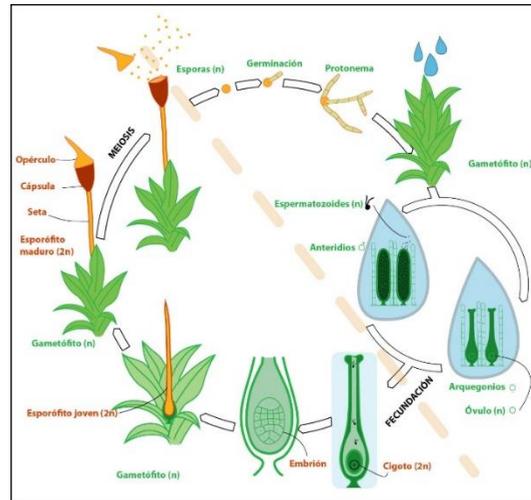


Fig. 5: Ciclo de vida típico de las briofitas (s.l.) (Galenao, 2017).

También, la reproducción asexual es otro método de propagación entre los briofitos, el cual puede tener varias formas diferentes:

A partir de un único protonema ramificado en donde se pueden originar numerosas yemas.

La fragmentación de los gametofitos, las cuales se denominan propágulos (Raven & Curtis, 1975).



Fig. 6: *Marchantia sp* con propágulos (Pilar, 2011).

Importancia ecológica

A pesar de ser de tamaño minúsculo, las briofitas tienen una enorme relevancia en la función de los ecosistemas, ecológicamente hablando son las primeras junto con los

líquenes en la colonizar suelos jóvenes (rocosos), el cual, descomponen para formar los suelos (Nabors, 2006).

Son uno de los mejores indicadores de contaminación ambiental, al carecer de una epidermis que evite la transferencia de contaminantes del suelo, aire y agua por lo que su ausencia determina el grado de contaminación de una zona (Glime, 2007).

Por otro lado, retienen mucha humedad, lo que evita la erosión de los suelos y el caudal de los ríos, también que le proporcionan un lugar idóneo para la germinación de semillas de las plantas y ser hogar de animales invertebrados como insectos, tardígrados o moluscos (Salazar, 2011).

Formaciones vegetales de Nicaragua

Nicaragua posee la privilegiada posición de estar en el centro del continente americano, donde lo convierte en un puente biológicos de especies que provienen de Norteamérica hacia Sudamérica y viceversa.

El país posee 68 tipos de ecosistemas que conforman el 60% de la biodiversidad de Centroamérica, de los cuales muchos de estos ecosistemas se encuentran en categorías de protección a nivel nacional a través del SINAP con 74 AP (Áreas Protegidas) públicas (66 terrestres y 8 marino-costeras) y 84 RSP (Reservas Silvestres Privadas) (MARENA, 2020).

Entre las principales formaciones vegetales que se encuentran en el país destacan las siguientes según Prado (2015), Barquero & Terán (1964) y Missouri Botanical Garden (2022).

- Bosque seco: fue la vegetación más abundante en todo el Pacífico nicaragüense, pero debido a las actividades humanas durante la época virreinal e independiente (más específicamente en la primera mitad del siglo XX por el boom del algodón) ha sido drásticamente reducido a parches dispersos, se caracteriza por poseer árboles de hoja caduca.
- Sabana de jícara: asociado comúnmente al bosque seco, este tipo de vegetación también se encuentra en áreas secas de la zona norcentral, las especies más

comunes de encontrar son generalmente herbáceas, pero se pueden hallar árboles y arbustos como por ejemplo *Crescentia alata* Kunth, 1819.

- Zonzocuitales: también asociados al bosque seco, se encuentran por lo general en los márgenes de los grandes y viejos lechos de las lagunas, aunque también se pueden encontrar en zonas del interior del pacífico y centro-norte del país, tiene la característica peculiar de que sus suelos son arcillosos y de drenaje pobre.
- Sabana de Pino: es la vegetación que más se pueden encontrar en la región del Atlántico en forma de dispersos parches y a veces extensos, a menudo mezclada con bosques de galería y siempre verdes, la especie dominante de estas formaciones vegetales es el pino caribeño (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*), acompañada de especies leñosas como *Byrsonima crassifolia* y *Curatella americana* en forma de arbustos.
- Bosque de pino y pino-encino: se encuentra en las zonas altas del país (a partir de los 650 msnm), generalmente en la zona norcentral, pero también se pueden encontrar en los volcanes más septentrionales del Pacífico como rodales, *Pinus oocarpa*, *P. maximinoi* y *P. tecunumanii* son las especies más comunes de encontrar en este tipo de vegetación, aunque se les puede encontrar asociados a especies de *Quercus*.
- Pluvioselva: restringida a la esquina suroriental del país incluyendo a la parte oriental de Río San Juan y Zelaya la pluvioselva se caracteriza por tener una precipitación muy alta (4,000-6,000 mm) donde la estación seca es casi inexistente, se encuentra a elevaciones de 100 msnm, pero en algunos picos aislados alcanza hasta los 300 msnm, la diversidad es alta por lo que es raro encontrar especies dominantes.

- Bosque muy húmedo: el bosque muy húmedo posee la vegetación nativa del Atlántico, no hay límites marcados entre este bosque con la pluvioselva, nebliselva o el bosque seco, por lo que se puede encontrar en las zonas húmedas del pacífico como las serranías de Managua, vertientes del volcán Mombacho y Maderas, la elevación es muy variable encontrándose desde el nivel del mar hasta los 800 msnm, la precipitación comprende los 2,000-4,000 mm y las plantas son siempreverdes.

- Bosque nublado o nebliselva: el bosque de nebliselva se encuentra en elevaciones superiores a la del bosque muy húmedo y del pino-encino, generalmente comienza a partir de los 600 msnm, por lo general se encuentra en la zona norcentral y lo más característico de este tipo de vegetación es que está cubierto de una capa de nubes que lo mantiene húmedo.

- Bosque enano: forma parte de la nebliselva, a partir de los 800 msnm en donde la vegetación es arbustiva, densa y enmarañada adaptada a las cumbres más altas donde los vientos son muy fuertes.

- Pantanos y bosques de galería: los bosques de galería son frecuentemente encontrados en los cauces de agua, donde la vegetación es distintiva en las áreas de sabana y los bosques caducifolios, debido a que hay especies compartidas de distintos bosques comúnmente las siempreverdes y caducifolios.

En cambio, en los bosques pantanosos se asocian frecuentemente a las tierras costeras y alrededores de los grandes lagos donde los suelos están siempre inundados y saturados.

- Manglares: situados en ambas costas del país, los bosques de manglar poseen la misma estructura y especies (salvo en el Atlántico, que posee una especie adicional) donde estas especies están adaptadas y restringidas a este tipo de ambiente.

- Playas: tanto marinas como la de los grandes lagos, la vegetación es típica de las playas tropicales en donde las perturbaciones continuas y los efectos de la salinidad son elementos claves que determina la presencia de estas especies en este hábitat.

Complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita

Reseña histórica

En sus inicios las planicies que rodean la Cordillera de los Maribios (donde el complejo volcánico forma parte), fue una zona muy explotada por la fertilidad de los suelos y su clima por agricultores y empresarios agrícolas en todo el siglo XX (específicamente entre los años 50 y 80) hasta la actualidad (Barahona, 1999).

El Complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita fue elevado a categoría de Reserva Natural oficialmente el 8 de septiembre de 1983 por medio del decreto no 1320 “Creación de Reservas Naturales en el Pacífico de Nicaragua” por medio de la junta de gobierno de reconstrucción nacional y publicado en la Gaceta Diario oficial No. 213, el 19 de septiembre de 1983, con el fin de proteger los remanentes de bosques existentes en las zonas altas y alrededores de los edificios volcánicos más importantes (MARENA, 2018).

Hasta el día de hoy la Reserva Natural está controlada en su totalidad (85%) por manos privadas donde se dividen en: grandes y medianos productores, campesinos individuales u organizados en cooperativas, mientras que el 15% lo posee el control del Estado a través del MARENA y las autoridades municipales (Barahona, 2002).

Geomorfología

El complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita forma parte de la Cordillera de los Maribios, originada en el periodo Cuaternario debido a la intensa actividad volcánica producto de la interacción de las placas Coco y Caribe. Esta conformada por cinco edificios volcánicos dispuestos de Noreste a Sureste, en donde el más importante es el San Cristóbal al ser el más activo y alto (1745 msnm) de todo el complejo y del país, los otros dos volcanes Chonco (1105 msnm) y Casita (1405 msnm) son los segundos más importantes de la reserva, caracterizados por ser inactivos y cubiertos de vegetación, los otros dos de menor importancia son el Moyotepe y La Pelona, estructuras volcánicas derruidas y de menor tamaño, el cual se presume que son los más antiguos por los

depositos de roca basáltica y andesítica (Cisne et al., 2016; Comisión Nacional de Energía, [CNE], 2001).

Hidrografía

No existen cuerpos de agua permanentes dentro de la reserva debido a la permeabilidad de sus suelos, no obstante se conoce la existencia de agua subterránea que drenan en dos cuencas de drenaje: la cuenca sur hacia los acuíferos de las llanuras de occidente y la Bahía de Corinto, mientras que la cuenca norte drena hacia los humedales del Estero Real y el Golfo de Fonseca (Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Sostenible, [FUNDENIC], 2013).

De esta Reserva nace el río Olomega, uno de las cabeceras del Estero Real, originándose en los pies de la loma de San Lucas, situada en el noreste del cono La Pelona hasta desembocar a la Reserva del mismo nombre (Osiris, 2011).

También se ha confirmado la existencia de fuentes hidrotermales, especialmente en el cráter del volcán Casita (CNE, 2001; Cisne et al., 2016).

Ecosistemas

Dentro del Complejo volcánico albergan 4 tipos de ecosistemas según Osiris (2011) y FUNDENIC (2013):

- **Bosque seco:** es el mayor ecosistema que existe dentro de la reserva (42.34%), siendo junto con las Reservas Naturales de Cosiguüina y Chacocente en poseer los remanentes más grandes de bosque seco en el país.
- **Rodales de Pino:** se localizan principalmente por encima de los 1000 msnm en las laderas del volcán San Cristóbal y en la arista oeste del Casita, constituye el límite máximo de las poblaciones de pinos en el continente americano, posee una extensión de 70.4 ha.
- **Sabana de pasto natural:** constituye el tercer ecosistema natural dentro de la reserva ocupando un 11.36%, localizándose en las cumbres de los volcanes San Cristóbal, Casita, Moyotepe y La Pelona en alturas superiores a los 600 msnm, se

caracteriza por tener a especies herbáceas como grupo dominante, especialmente de Poaceae.

- Cafetales: los cafetales forman un hábitat de gran valor ecológico dentro del complejo, distribuidos entre una media docena de fincas cafetaleras representa nunas 678.79 ha, las plantaciones de café están situadas en las partes más altas en alturas entre los 600-1000 msnm donde hay mayor erosión, donde actúan como barrera de conservacion de suelo y agua, debido a que son plantadas en las sombras de los árboles con el fin de crear un microclima favorable para las plantaciones de café.

Flora y Fauna

Se han hecho pocos estudios sobre la flora y fauna del complejo, la informacion disponible arrojan los siguientes resultados:

De la flora se han registrado 64 especies de árboles y 61 de arbustos agrupadas en 30 familias, según FUNDENIC (2013), mientras que Coronado et al. (2002) y Castillo & Altamirano (2003), reportaron 61 y 80 especies vegetales respectivamente en el volcán Casita.

Mientras que la fauna se reportan 41 especies de aves, entre las que destacan la presencia de lapa roja (*Ara macao*) en el área del Chonco-San Cristóbal, lo que sugiere que el complejo sirva de corredor de esta especie de ave con el volcán Cosigüina, además que se reportan tres subespecies de aves restringidas a hábitats o poblaciones naturales, las cuales son: el sabanero dorsilistado (*Aimophila botteri vulcani*), charralero de las rocas (*Salpinctes obsoletus fasciatus*) y el charralero cejiblanco (*Thryothorus ludovicianus albinucha*) (Osiris, 2011).

Se contabilizan 23 especies de mamíferos, entre las que destaca la presencia de tigrillos (*Leopardus wiedii*), sahinós (*Tayasu tajacu*), venados (*Odocoileus virginianus*), guatusas (*Dasiprocta punctata*), guardatinajas (*Agouti paca*) y una poblacion pequeña de monos cara blanca (*Cebus capuccinus*) (FUNDENIC, 2013).

De entomofauna solo se sabe que Maes (1999), identificó 79 especies de mariposas en el volcán Casita.

En la herpetofauna se conocen 10 especies de reptiles por parte de FUNDENIC (2013), y de Pravia y Juárez (2005), 22 especies repartidas entre 11 lacertilios y 11 ofidios, mientras que Santamaría (2006), reportó 7 especies de anfibios, estos dos últimos realizadas en el Casita.

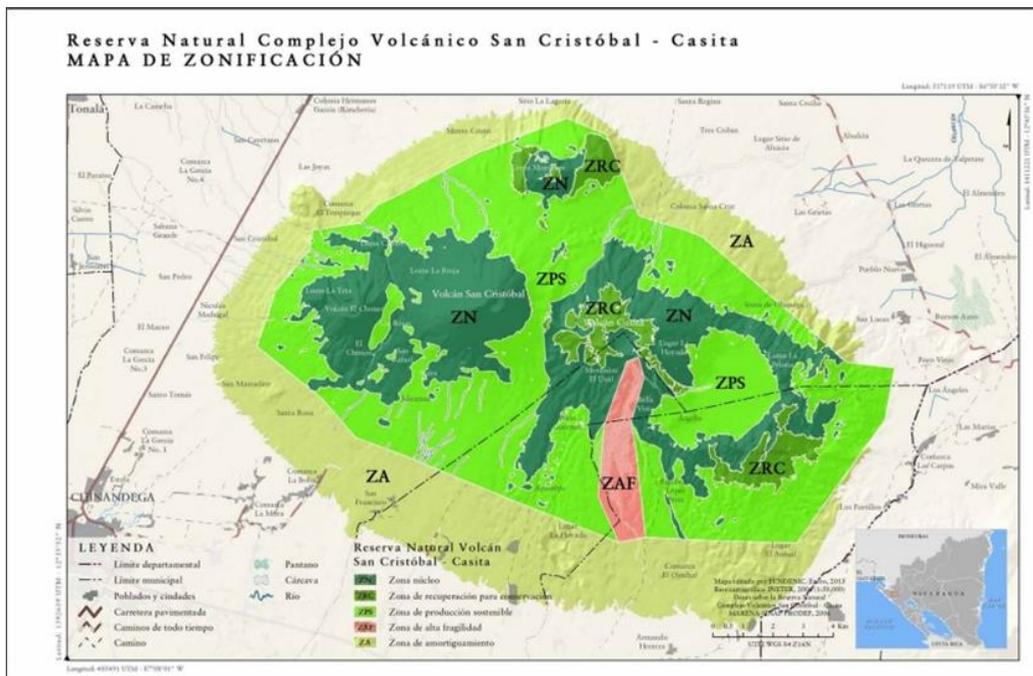
Diseño Metodológico

Tipo de estudio

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo-descriptivo y de corte transversal, según Sampieri et al. (2010), debido a que tiene como principal objetivo la realización de un inventario de las especies de briofitos, en los tres edificios volcánicos más importantes (Chonco, San Cristóbal y Casita) de la reserva, durante tres meses de lluvia (julio, agosto y septiembre) para determinar su diversidad.

Área de estudio

La reserva natural Complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita se encuentra ubicada entre los municipios de Chinandega, Chichigalpa y Posoltega, del departamento de Chinandega, este complejo está conformado por tres aparatos volcánicos superpuestos y orientados de noreste a sureste formando parte de la cordillera de los Maribios. La extensión territorial de la reserva es de unas 17,964 ha. (179.64 km²) delimitada por la curva de 300 msnm (FUNDENIC, 2013).



Mapa 1: Mapa del complejo Volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita (FUNDENIC, 2013).

Población

Las poblaciones de briofitas que se encuentran en los tres principales volcanes del complejo.

Muestra

Las briofitas colectadas durante los muestreos en los meses de julio, agosto y septiembre del año 2024.

Muestreo

Probabilístico sistemático.

Procedimiento de recolección de datos

Se realizaron tres giras de campo previas en el mes de junio del 2024 en los tres principales volcanes (Chonco, San Cristóbal y Casita), con el fin de ubicar áreas con los requerimientos mínimos para el crecimiento de las poblaciones de briofitos (sombra, humedad, sustrato, etc.).

En los meses de julio-septiembre del 2024, se procedió a utilizar el método de colecta MLI (muestreo por línea-intercepto) propuesto por Delgadillo-Moya et al. (2022). Todos los especímenes colectados se les tomaron los datos (altura, coordenadas geográficas, sustrato en que crece, grupo, etc.) en un cuaderno de apuntes, fueron removidos del sustrato con un cuchillo y puestos en sobres de papel y bolsas ½ libra con agua debidamente etiquetadas para su posterior herborización e identificación en el laboratorio.

Los especímenes guardados en las bolsas de ½ libra, se identificaron en el laboratorio 1 de zoología de la UNAN-León con el uso de microscopio óptico y estereoscópico para la observación de caracteres morfológicos y reproductivos (si hay presencia). Por medio de las guías de identificación de Parra et al. (1999), Campos et al. (2008), Huerta et al. (2008) y Churchil et al. (2020). Para conocer la distribución de las especies, se usó el sitio web GBIF, sobre reportes de briofitos en el país, se usó la base de datos Trópicos.org y la consulta de muestras en el Herbario HULE de la UNAN-León.

Plan de análisis

Las especies identificadas se almacenaron en una base de datos en el programa Excel 2019 para su posterior análisis en el programa estadístico Past ver. 4.03 con el fin de estimar la diversidad Alfa y Beta de los tres volcanes muestreados.

Variables a tomar en cuenta

Las variables a tomar en cuenta durante la investigación fueron las siguientes:

Rasgos taxonómicos: incluye atributos o rasgos observables a simple vista o por medio de aparatos especiales (lupa, microscopio óptico o estereoscópico) para la diferenciación de grupos taxonómicos, esta identificación se hace con base en la ausencia o presencia de dichos caracteres (Solomon et al, 2013).

Diversidad Alfa

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una muestra territorial asociada a los factores ambientales locales y las interacciones poblacionales, en donde da eventos de colonización-recolonización y las extinciones locales de la riqueza (Suri, 2013).

Los métodos más usados para medir la diversidad alfa según Moreno (2001) son:

- Riqueza específica (S): es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas.

Donde:

S= número de especies.

- Índice de dominancia de Simpson: manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, en donde influye la importancia de las especies más dominantes:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

P_i= abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

- Índice de equidad de Shannon-Wiener: expresa la uniformidad de los valores a través de todas las especies de la muestra:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Diversidad Beta

La diversidad beta es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales, a diferencia de la alfa, la diversidad beta se basa en la similitud/disimilitud de especies que se pueden encontrar en diferentes hábitats (Moreno, 2001).

Los métodos más usados para determinar la diversidad beta son los índices de similitud, entre el más utilizado según Moreno (2001):

- Coeficiente de similitud de Jaccard: el intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

A= número de especies presentes en el sitio a.

B= número de especies presentes en el sitio b.

C= número de especies presentes en los sitios a y b.

Resultados y discusión

Tabla No 2. Familias y especies identificadas durante las giras de campo en los volcanes Chonco, San Cristóbal y Casita, julio-septiembre 2024.

Familia	Especie	Cs.	Sn. Cr.	Ch.
Musgos				
Bryaceae	<i>Bryum andicola</i> Hook, 1822*	+	-	-
	<i>Bryum limbatum</i> Müller, C. 1851*	-	+	-
Calymperaceae	<i>Syrrhopodon lycopodioides</i> Müller, C. 1849*	-	+	-
Cryphaeaceae	<i>Schoenobryum concavifolium</i> Gangulee, H. C. 1976	-	+	-
Dicranaceae	<i>Dicranella</i> sp. Schimper, W. P. 1856	-	+	+
	<i>Dicranella heteromalla</i> (Hedw.) Schimp., 1856*	+	-	-
	<i>Dicranella hilariana</i> Mitten, W. 1869	+	-	-
Entodontaceae	<i>Erythrodontium longisetum</i> (Hook.) Paris, 1896	+	-	-
Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i> (Brid.) Bridel 1827	+	+	+
Fissidentaceae	<i>Fissidens</i> sp. Hedwig, J. 1801	-	+	-
	<i>Fissidens crispus</i> Mont. 1838	+	-	-
	<i>Fissidens intramarginatus</i> (Hampe) A. Jaeger, 1869	-	-	+
	<i>Fissidens taxifolius</i> Hedwig, J. 1801*	-	+	-
Hypnaceae	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedwig, J. 1801*	+	-	-
Leucobryaceae	<i>Bryohumbertia filifolia</i> Frahm, J.-P. 1982	-	+	-
	<i>Leucobryum crispum</i> Müller, C. 1848	-	+	+
	<i>Leucobryum javense</i> Mitten, W. 1859*	-	+	-
Neckeraceae	<i>Porotrichum mutabile</i> Hampe, 1862	+	-	-
Octoblepharaceae	<i>Octoblepharum albidum</i> Hedwig, J. 1801	+	+	+
Orthodontiaceae	<i>Hymenodon aeruginosus</i> (Hook. & Wilson) Müller, C. 1847*	-	-	+
Orthotrichaceae	<i>Macromitrium richardii</i> Schwägrichen, C. F. 1826	+	-	-
Pilotrichaceae	<i>Lepidopilum</i> sp. Bridel, 1827	-	-	+
Pottiaceae	<i>Dolotortula mniifolia</i> (Sull.) R.H. Zander, 1989	+	-	-
Hepáticas				
Lejeuneaceae	<i>Lejeunea flava</i> Nees von Esenbeck, C. G. D. 1838	+	-	+
Pallavinaceae	<i>Symphyogyna aspera</i> Steph. ex F.A.McCormick*	+	-	+
Antoceros				
Notothyladaceae	<i>Phaeoceros laevis</i> Proskauer, J. M. 1951*	+	-	-

Nota: Cs. (Casita), Sn. Cr. (San Cristóbal), Ch. (Chonco), + (Presente), - (Ausente), * (Nuevo registro para el país)

Se registraron en total 26 especies pertenecientes a 19 géneros y 18 familias, de las cuales se agrupan en musgos (23 sp.), hepáticas (2 sp.) y antoceros (1sp.) durante las giras de campo a los principales edificios volcánicos de la reserva, 10 especies son nuevos registros para el país (Tabla 2).

Los musgos constituyen el grupo dominante dentro de los briofitos con aproximadamente 10,000 especies registradas, explotando la mayoría de hábitats disponibles del planeta incluyendo ambientes extremos como desiertos (fríos y cálidos), tundras y lugares de alta montaña debido a que la mayoría de las especies son más tolerantes a la desecación que las hepáticas y antoceros, las cuales son más sensibles a los cambios de humedad ambiental (Pérez et al, 2011), esto coincide con los resultados obtenidos en la investigación (Tabla 2).

Las especies *S. aspera* y *L. flava* corresponden al grupo de las hepáticas, este grupo se caracteriza por estar presentes en sitios con mayor presencia de humedad y sombra. Durante los muestreos solo se encontraron estas especies en el bosque seco de los volcanes Chonco y Casita, únicamente en días nublados y de mayor precipitación, lo que pone en evidencia su sensibilidad a los cambios ambientales a través del tiempo.

Por su parte, *P. laevis* es una especie perteneciente al grupo de los antoceros, este grupo es el de menor especies registradas dentro de los briofitos (200-400 sp) y únicamente están restringidos a ambientes de gran altura y bastante húmedos, solo se logró coleccionar esta especie en el bosque de pino del volcán Casita. Especies del mismo género se reportaron en las Sierras de Managua y el volcán Mombacho en alturas de 800-1,400 msnm (Missouri Botanical Garden, 2024), lo cual confirma la presencia de esta especie en dicho sitio.

Las familias con mayor cantidad de especies fueron: Fissidentaceae (4 sp), Dicranaceae (3 sp), Leucobryaceae (3 sp) y Bryaceae (2 sp). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Alonso et al. (2017), en cuya investigación fueron los que más figuraron en los cuatro complejos volcánicos de los departamentos de Chinandega y León, incluyendo el de este estudio. Según Allen et al. (2006), estas familias son las mejor posicionadas en el Neotrópico en cuanto a número de especies registrados hasta la fecha.

Las especies del género *Fissidens* estuvieron presentes en los tres principales volcanes de la reserva, esto se debe a que las especies de este género poseen la cualidad de modificar sus filidios permitiéndoles acumular agua en lugares donde es un recurso limitante (García et al., 2015).

Gradstein (2002), considera al Neotrópico como una de las regiones con mayor diversidad de briofitas en el mundo, especialmente en los ecosistemas de bosque húmedo y de nebliselva, por su parte Aguirre & Avendaño (2008), afirman que el bosque seco alberga una menor diversidad de briofitas debido a la variabilidad climática y pocas precipitaciones que esta presenta.

En contraste, Dauphin & Grayum (2005), reportaron 53 especies de briofitas (31 musgos y 22 hepáticas) en Costa Rica y Padilla et al. (2018), 75 especies de musgos en Colombia, ambas investigaciones se realizaron en ecosistemas de bosque seco, lo que demuestra que este ecosistema puede albergar una diversidad considerable de briofitos teniendo en cuenta las características geofísicas del sitio de estudio y el acceso al recurso agua, vital para los ciclos biológicos y reproductivos de estos organismos.

Riqueza específica (S)

Tabla No 3. Muestra los valores de diversidad Alfa obtenido durante las giras de campo a los principales edificios volcánicos de la reserva complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita, período julio-septiembre del 2024.

Parámetros	Casita	San Cristóbal	Chonco
Riqueza específica (S)	14	11	9
Dominancia (D)	0.3151	0.1422	0.2878
Shannon (H)	1.58	2.133	1.617

En la Tabla No. 3 se muestra que el volcán Casita registró una mayor riqueza específica (14 sp), seguido del volcán San Cristóbal (11 sp) y por último el Chonco (9 sp).

La variedad de ecosistemas que presenta cada volcán permite albergar especies únicas en cada sitio:

El volcán San Cristóbal se caracteriza por ser un volcán activo con una altura de 1745 msnm y poseer tres ecosistemas: un bosque seco primario que empieza desde su base seguido de las sábanas de pastos naturales que crecen a partir de los 800 msnm y los remanentes de bosques de pino situados en su parte este (Martínez, 2004), lo que le permite albergar solo especies de musgos capaces de resistir los efectos de la desecación por la actividad volcánica como por ejemplo *S. lycopodioides* y *S. comcavifolium*.

Por su parte, el volcán Casita es un volcán inactivo, pero con actividad hidrotermal, posee una altura de 1405 msnm y tiene un bosque seco que crece en la base del volcán hasta los 900 msnm, los pastizales que inician a los 900 msnm y los bosques de pino que se desarrollan en los suelos arcillosos a partir de los 1,200 msnm (FUNDENIC, 2013). Los grandes depósitos de rocas lo convierten en un sitio con mayor presencia de especies tanto dominantes como *F. ciliaris* y raras como es el caso de *H. cupressiforme* y *P. laevis*.

Por último, el volcán Chonco es el volcán más pequeño y antiguo con respecto a los otros dos principales volcanes del complejo, con una altura de 1,105 msnm y con un único ecosistema: un bosque seco secundario que se extiende desde su base hasta su cúspide (Barahona, 1999), albergando grandes poblaciones de hepáticas de la especie *S. aspera* en la base de las raíces de los árboles y en las laderas de cortes de camino donde aprovechan mejor el agua durante las lluvias.

Los briofitos son muy selectivos a la hora de buscar sitios con los requerimientos mínimos para su crecimiento y desarrollo: un sustrato al que anclarse, suficiente cobertura que evite la incidencia de los rayos solares y sobre todo la humedad, por ende, se puede observar que la riqueza específica de briofitos varía en mayor o menor proporción en cada volcán por las características particulares que cada uno posee.

Índice de Shannon (H)

De acuerdo con el gráfico No. 1 San Cristóbal obtuvo el valor de 2.13 en diversidad siendo el mayor registrado durante el análisis según el índice de Shannon-Weiner, seguidos de Chonco con 1.61 y por último Casita con 1.58, siendo este el de menor diversidad registrado a pesar de poseer la mayor riqueza específica durante el estudio.

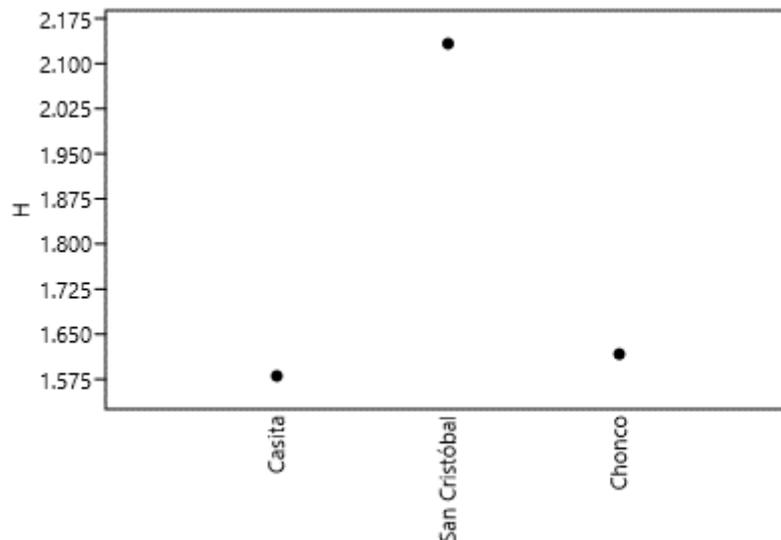


Gráfico 1. Valores del índice de diversidad de Shannon-Weiner en los volcanes Chonco, San Cristóbal y Casita, julio-septiembre 2024.

Moreno (2001), explica que el índice de Shannon-Weiner se especializa en medir la diversidad alfa en base a la uniformidad de las especies de la muestra, lo que significa que San Cristóbal es el sitio con mayor equilibrio ecológico, por lo que puede albergar una mayor diversidad de briofitos que los encontrados en los volcanes Chonco y Casita.

El bosque seco de San Cristóbal situado en la base del volcán, presentó escasos depósitos de roca durante los recorridos en este estudio, se observaron un limitado número de hábitats vacantes y por ende una menor cantidad de poblaciones de briofitos colectados, pero una mayor diversidad comparándolos con los sitios del Casita y Chonco, en donde el posible y principal factor que influye en la diversidad de briofitos existentes en esta zona se debe a la actividad volcánica.

Segovia (2015) y Torres y Oliva (2016), postulan que los efectos del vulcanismo: emisión de gases, caída de cenizas y energía emitida en forma de calor influyen de manera negativa en el comportamiento poblacional de las especies en ecosistemas cercanos a un volcán, especialmente en las especies vegetales que debido a su fisiología no tienen

la capacidad de huida como lo hacen las especies faunísticas provocando reducción o eliminación completa de tales poblaciones vegetales afectadas.

De acuerdo a dicha hipótesis las especies vegetales cuya fisiología es más susceptible a los cambios bruscos ambientales y tienen una mayor dependencia del agua para sus ciclos vitales como es en el caso de los briofitos, en consecuencia, dichas poblaciones están sometidas a un continuo recambio de especies impidiendo que una especie sea dominante sobre otras por los pocos espacios disponibles para colonizar en el sitio San Cristóbal.

Índice de Simpson (D)

Los niveles de dominancia presentes en Casita son los mayores registrados en la investigación como lo indica el gráfico No 2 con 0.3, a pesar de poseer una mayor riqueza específica como se expone en la tabla No 3, seguido de Chonco con 0.28, el cual posee la menor riqueza de especies de los tres sitios estudiados.

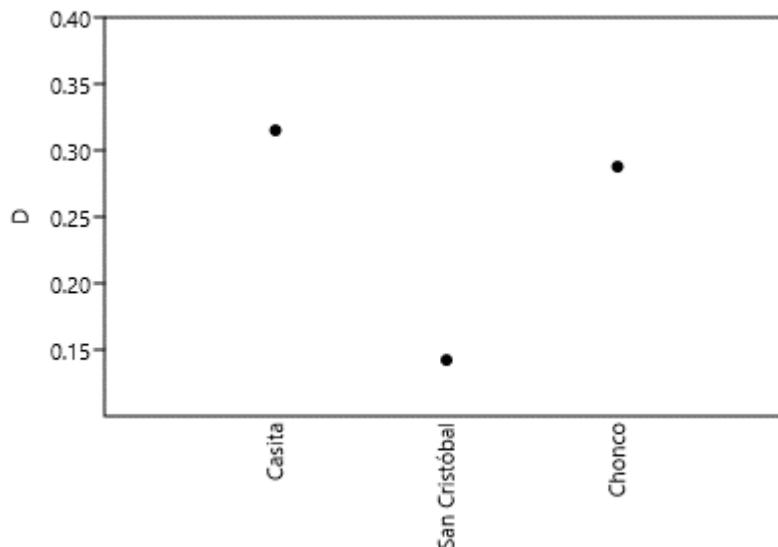


Gráfico 2. Valores del índice de Simpson en los volcanes Chonco, San Cristóbal y Casita, julio-septiembre 2024.

La diversidad de ecosistemas que ofrece el volcán Casita sumado a los grandes depósitos de rocas basálticas lo convierten en un área de mayor riqueza de especies, sin embargo, estos factores son propicios para que especies generalistas predominen sobre especies selectivas según el sustrato que colonizan.

Una gran parte de las especies encontradas en el volcán Casita se encontraban colonizando un sustrato en específico, mientras que una pequeña minoría colonizaba más de un sustrato. La especie que tuvo mayor presencia en los muestreos de los tres sitios fue: *Fabronia ciliaris*, esta especie se caracteriza por ser cosmopolita y bastante adaptativa a ambientes con disponibilidad hídrica mínima, pero cuando las condiciones son favorables tiende a incrementar sus poblaciones y ocupar nichos vacantes por

musgos menos adaptados a tiempos prolongados de escasez de agua (Evangelista & Santos de Almeida, 2017).

Caso contrario ocurre con el sitio Chonco, no se encontraron grandes depósitos de roca dacítica como en su parte norte (Barahona, 2002), lo que resultó en un bajo número de especies encontradas y una alta presencia de especies generalistas entre la que destacaba *Fabronia ciliaris* como en el caso del Casita.

Índice de Similitud/Disimilitud de Jaccard (J)

El volcán Chonco comparte una similitud de especies del 25% con el volcán San Cristóbal como se puede apreciar en el gráfico No 3, esto tiene su origen en el surgimiento del San Cristóbal durante el período Cuaternario abriéndose paso entre los volcanes Chonco y Casita (Hazlett, 1987; Comisión Nacional de Energía [CNE], 2001).

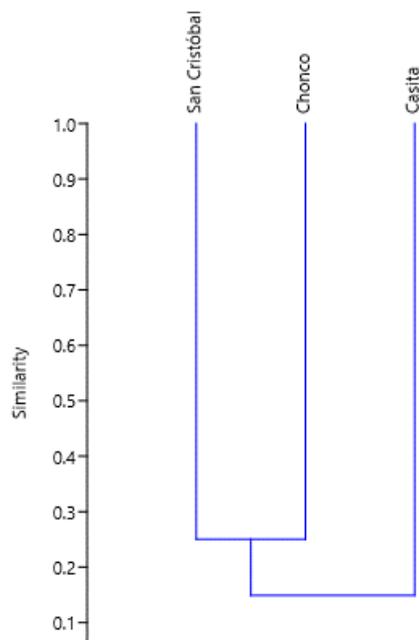


Gráfico 3. Dendrograma de similitud/disimilitud de los tres principales volcanes del Complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita, julio-septiembre 2024.

En medio de los volcanes (Chonco y San Cristóbal) se formó una zona denominada por los locales como “El mancuerno”, esta zona se caracteriza por ser un bosque seco muy conservado con forma de “cuello” limitando con ambos volcanes a 750 msnm, convirtiendo a esta zona en un importante corredor de especies, cabe aclarar que tanto el volcán Chonco y San Cristóbal también poseen grandes extensiones de bosque seco

lo que contribuye a una continua distribución de las briofitas entre ambos edificios volcánicos.

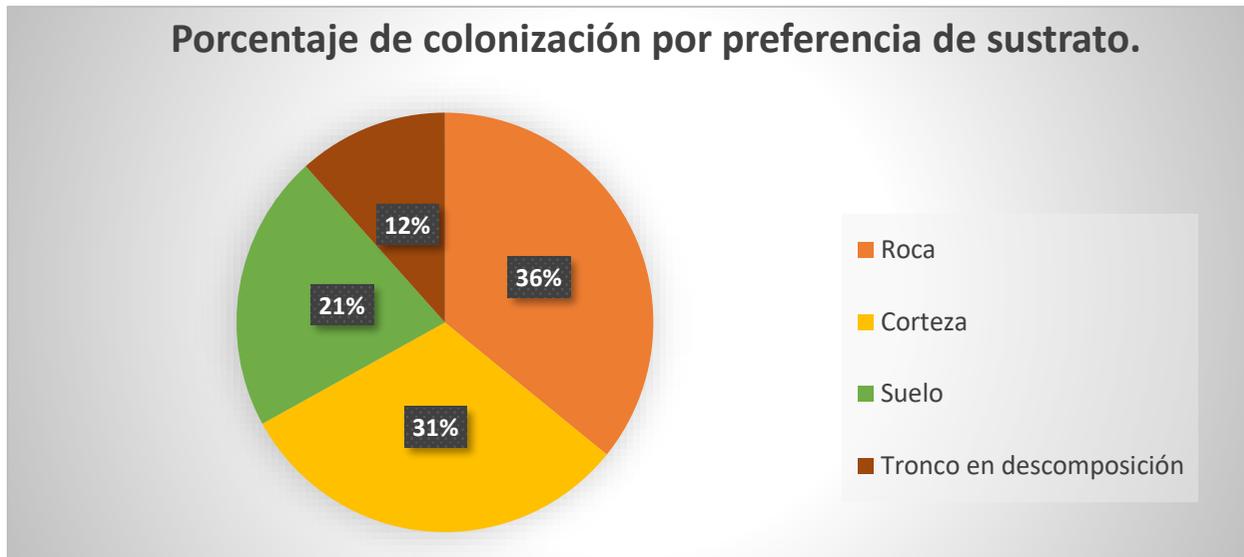


Gráfico 4. Porcentaje de preferencia de los sustratos colonizados por los briofitos corresponden a roca (36 %), corteza (31 %), suelo (21 %) y tronco en descomposición (12 %), durante el desarrollo de la investigación en el Complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita, julio-septiembre 2024.

Las rocas del complejo volcánico Chonco-San Cristóbal-Casita son en su mayoría de composición basáltica y andesítica (Cisne et al, 2016), este tipo de rocas tienen la propiedad de permitir el flujo hídrico durante las lluvias sumado a que poseen una porosidad de entre el 5-20% (Carolina & Isabel, 2001), lo que les hace un sustrato idóneo para la colonización por parte de los briofitos.

El segundo sustrato mayormente utilizado fue el de tipo corteza, Dauphin & Grayum, (2005), observaron que la mayor parte de especies de briofitos registrados eran cortícolas lo que los llevo a suponer que este hábito es un mecanismo de adaptación ante la desecación. Motito-Marín et al., (2019) y Ríos et al., (2020), reportaron este mismo comportamiento en sus investigaciones al encontrarlos en las partes más bajas de las plantas como en la base troncos o raíces, lo que los llevo a la conclusión de que este método les ayuda a protegerse de la radiación UV y aprovechar la humedad relativa presente en las partes más bajas de la planta huésped.

Los sustratos con menor presencia de briofitos fueron los de tipo suelo y tronco en descomposición. FUNDENIC (2013), clasificó la mayoría de los suelos del complejo de textura franco-arenosa. Este tipo de suelos se caracterizan por ser suelos muy permeables y el material es fácilmente transportado durante las escorrentías (Hudiel, 2012), lo que representa dificultades para las briofitas en anclarse por medio de los rizoides a este tipo de sustrato.

Por otro lado, los troncos en descomposición ofrecen una importante fuente de abastecimiento hídrico y de anclaje a los briofitos, Díaz (2018), reportó alrededor de 120

especies (81 hepáticas y 39 musgos) presentes en este tipo de sustrato en la Amazonia colombiana, sin embargo, en ambientes donde la humedad relativa es variable y las precipitaciones son estacionales, los troncos en descomposición no representan una buena opción como sustrato, adicionando que este tipo de hábitat es demandado por el taxón hongos (Benítez et al, 2021; Cottet, 2023).

Conclusiones

Se registraron 26 especies de briofitos *sensu lato* pertenecientes a 19 géneros y 18 familias, divididas en musgos (23 sp.), hepáticas (2 sp.), antoceros (1sp.) y 10 especies son consideradas nuevos registros para el país.

En el volcán Casita se encontró el mayor número de especies e individuos registrados durante el tiempo de investigación, pero con los mayores niveles de dominancia según el índice de Simpson (0.31) en comparación con los volcanes Chonco (0.28) y San Cristóbal (0.14).

El volcán San Cristóbal presento la mayor diversidad de acuerdo con el índice de Shanon-Wiever (2.13) a diferencia de los volcanes Casita (1.58) y Chonco (1.61).

El índice de similitud de Jaccard reveló que tanto los volcanes Chonco y San Cristóbal comparten una similitud del 25%.

El sustrato de mayor preferencia por los briofitos se encontró en el sustrato roca con un 36%, seguido de los sustratos corteza con un 31% y suelo con 21%, el sustrato de menor preferencia fue el de tronco en descomposición con un 12%.

Recomendaciones

- Ampliar otras zonas a parte de los edificios volcánicos dentro de la reserva para el estudio de las briofitas.
- Incluir variables en otros trabajos concernientes tales como Luminosidad, Humedad relativa, pH.
- Utilizar a los briofitos como bioindicadores de perturbación ambiental.
- Dar a conocer el rol que desempeñan este tipo de organismos dentro de los ecosistemas.
- Crear colecciones y listados a nivel local, regional y nacional.
- Inducir a las futuras generaciones de estudiantes de la carrera de Biología de la UNAN-León en profundizar más acerca de este taxon poco estudiado.

Referencias

- Aguirre, J., & Avendaño, K. (2008). Musgos de la región Caribe. *Colombia Diversidad Biótica VI: riqueza y diversidad de musgos y líquenes de Colombia*, 55-59.
- Allen, N., Gracia, J. d., & Chung, C. (2006). Aporte al catálogo de musgos de Guatemala. *Biodiversidad de Guatemala*, 1-52.
- Alonso, M., Cano, M., Jiménez, J., & Coronado, I. (Marzo de 2017). Briófitos de los afloramientos volcánicos de Nicaragua: datos preliminares para los departamentos de León y Chinandega. León, Nicaragua.
- Arrocha, C., Guerra, G., Batista, N., Benítez, Á. (2021). Contribución a la diversidad de hepáticas neotropicales: nuevos registros para Panamá. *Neotropical Biodiversity*, 217-223.
- Barahona, T. (1999). *El papel de los Gobiernos municipales en la Gestión de los Recursos Naturales: Chinandega: El manejo de una reserva natural en un mundo de agricultores/ Túpac Barahona y René Mendoza*. NITLAPÁN-UCA-CIFOR-PROTIERRA-INIFOM.
- Barahona, T. (2002). *El bosque y la gente, ¿pueden coexistir?/ Túpac Barahona Najilis*. Instituto de Investigación y Desarrollo Nitlapán-UCA.
- Benítez, Á., Cruz, D., Vega, M., González, L., Jaramillo, N., López, F., & Aguirre, Z. (2021). Briofitos y hongos (liquenizados y no liquenizados) del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja. *Bosques Latitud Cero*, 1-18.
- Bujalance, R. (13 de Septiembre de 2007). *Diario de un copépodo*. Obtenido de ¡Anterozoides vivos!: <https://copepodo.wordpress.com/2007/09/13/%C2%A1anterozoides-vivos/>.
- Campos, L., Uribe, J., & Aguirre, J. (2008). *Santa María, Líquenes, Hepáticas y Musgos Guía de Campo*. Serie de Guías de Campo del Instituto de Ciencias Naturales No. 3.
- Carolina, T., & Isabel, L. (2001). *Diagnosis e inventario de la susceptibilidad a las inestabilidades en las áreas afectadas por los terremotos del 2001 en el volcán de Usulután*. SNET.
- Churchill, S., Aldana, C., Opisso, J., & Morales, T. (2020). *Familias y géneros de los musgos de los Andes Tropicales*. Santa Cruz de la Sierra, La Rosa.
- Cisne, J., Ferrufino, A., Escoto, H., Álvarez, J., & Ibarra, M. (2016). Composición química y propiedades físicas de los fluidos geotermales del complejo volcánico San Cristóbal-Casita, Nicaragua. *Universitas*, 7(1), 11-22.
- Comisión Nacional de Energía. (2001). *Plan maestro geotérmico de Nicaragua vol. III: Evaluación del área de volcán San Cristóbal-Casita*. Comisión Nacional de Energía.
- Cole, T., Hilger, H., Goffinet, B., Medina, R. (05 de Mayo de 2021). *Research Gate*. Obtenido de Filogenia de las Briófitas (BPP 2021, español): https://www.researchgate.net/publication/331569140_Filogenia_de_las_Briofitas_BPP_2021_espanol.
- Cole, T., & Hilger, H. (2013). Bryophyte Phylogeny. *Bryophyte Phylogeny Poster*. Freie Universität.

- Cottet, A. (2023). Briofitas de la Patagonia: musgos, parientes y asociados. *Desde la Patagonia difundiendo saberes*, 46-52.
- Cox, C. (2014). Conflicting Phylogenies for Early Land Plants are Caused by Composition Biases among Synonymous Substitutions. *Systematic Biology* 63 (2), 272-279.
- Cronquist, A. (1982). *Introducción a la botánica (2nd Ed.)*. Continental, S.A. de C.V., México.
- Dauphin, G., Allen, N., Gudiño, J., Sierra, A. (2015). Nuevas adiciones de especies de hepáticas (Marchantiophyta) para la flora de Panamá II. *BRENESIA*, 16-21.
- Dauphin, G., & Grayum, M. (2005). Bryophytes of Santa Elena Península and Islas Murciélago, Guanacaste, Costa Rica with special attention to Neotropical dry forest habitats. *Lankesteriana*, 53-61.
- Delgadillo, C. (1999). Distribución geográfica y diversidad de los musgos neotropicales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 63-70.
- Delgadillo-Moya, C., Escolástico, D., Hernández-Rodríguez, E., Herrera-Paniagua, P., Peña-Retes, P., & Juárez-Martínez, C. (2022). *Manual de briofitas (3th Ed.)*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Díaz, E. (2018). *Diversidad de musgos y hepáticas en troncos en descomposición en el departamento del Amazonas, Colombia [Tesis de Magister, Universidad Nacional de Colombia]*. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Colombia <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69203>.
- Evangelista, M., & Santos de Almeida, G. (2017). Brioflora do centro urbano do Município de Alagoinhas-bahia, Brasil. *Revista Diálogos & Ciência (D&C)*, 132-140.
- Freire, S., & Urtubey, E. (2019). *Sistemática de Embryophyta*. Universidad de La Plata.
- Fundación Wikimedia, Inc. (18 de Septiembre de 2021). *Wikipedia la enciclopedia libre*. Obtenido de Bryophyta sensu lato: https://es.wikipedia.org/wiki/Bryophyta_sensu_lato.
- Fundacion Nicaragüense para el Desarrollo Sostenible. (2013). *Áreas protegidas de Nicaragua, primer tomo: Región del Pacífico*. Complejo Gráfico TMC.
- Galena, J. (2017). *Slide Player*. Obtenido de Reproducción sexual en plantas. 1. Reproducción sexual en plantas sin flores. La reproducción sexual en plantas sin flores, como los musgos y los helechos.: <https://slideplayer.es/slide/12784166/>.
- García, S., Basilio, H. d., Vitola, F., Mercado, J., Morales, & María. (2015). Diversidad de briofitos en los Montes de María, Colosó (Sucre, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(1), 41-52.
- Glime, J. (2007). Economic and Ethnic Uses of Bryophytes. *Flora of North America*, 14-41.
- Goremykin, V., & Hellwig, F. (2005). Evidence for the most basal split in land plants dividing bryophyte and tracheophyte lineages. *Plant Systematics and Evolution* 254 (1–2), 93-103.
- Gradstein, S. (2002). Estudio sobre biodiversidad de las briofitas en las selvas tropicales. *VIII Congreso Latinoamericano de Botánica* (p.p. 2-10). Conferencia magistral.

- GreenGrowth ©. (28 de Septiembre de 2021). *GreenGrowth*. Obtenido de las plantas briofitas y sus beneficios en el paisaje: <https://greenngrowth.com/las-plantas-briofitas-y-sus-beneficios-en-el-paisaje/>.
- Hazlett, R. (1987). Geology of San Cristobal volcanic complex, Nicaragua. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 223-230.
- Hudiel, S. (2012). *Tipos de suelo en Nicaragua, química y formación de suelos*. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- Huerta, V., Santoni, J., & Zúñiga, F. (2008). *Briófitas de los bosques templados australes de Chile: Una introducción al mundo de los Musgos, Hepáticas y Antocerotes que*. Concepción, Corporación Chilena de la Madera.
- Judd, W. S. Campbell, C. S. Kellogg, E. A. Stevens, P.F. Donoghue, M. J. (2002). *Plant systematics: a phylogenetic approach*, (2nd Ed.). Sinauer Associates, Inc.
- Knoop, V. (2010). Looking for sense in the nonsense: a short review of non-coding organellar DNA elucidating the phylogeny of bryophytes. *Bryophyte Diversity and Evolution* 31 (1), 51-60.
- Konrat, M., Shaw, A., & Renzaglia, K. (2010). A special issue of Phytotaxa dedicated to Bryophytes: The closest living relatives of early land plants. *Phytotaxa* 9, 5-10.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2018). *Plan de Manejo Reserva Natural Complejo volcánico San Cristóbal Casitas Chonco*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2020). *Guía para el manejo de la biodiversidad*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Martínez, C. (2004). Potencial para el ecoturismo de la Finca Las Rojas, Departamento de Chinandega, Nicaragua. *Cámara nicaragüense de la pequeña y mediana industria turística (CANTUR)*, 2-35.
- Martínez, J., Maes, J., Berghe, E., Morales, S., & Castañeda, E. (2001). *Diversidad zoológica en Nicaragua*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales/Pograma de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Mijail, A. (2008). Biodiversidad en Nicaragua: contexto y estado actual. *Encuentro*, XL(79), 96-104.
- Missouri Botanical Garden. (2022). *Flora de Nicaragua*. Obtenido de Flora de Nicaragua: <http://legacy.tropicos.org/Project/FN>.
- Missouri Botanical Garden. (2024). Tropicos [Conjunto de datos]. Tropicos. <https://tropicos.org/name/35185700>.
- Morales-Zurcher, M. I., & Griffin, D. (1983). Briofitos del Parque Nacional Volcán Poás, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 113-123.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. GORFI, S.A.
- Motito-Marín, Á., Rivera-Queralta, Y., & Mustelier-Martínez, K. (2019). Caracterización de la brioflora en la reserva natural El Retiro, Santiago de Cuba, Cuba. *Ciencia en su PC*, 15-26.

- Nabors, M. (2006). *Introducción a la Botánica*. Pearson Educación, S. A.
- Osiris, M. (18 de Julio de 2011). *Nicho de información relativo a la naturaleza de nuestra patria Nicaragua*. Obtenido de Reserva Natural Complejo Volcánico San Cristóbal-Casita: <http://osirismelisanicaragua.blogspot.com/2011/07/reserva-natural-complejo-volcanico-san.html>
- Organización del Tratado de Cooperación Amazónica. (18 de Febrero de 2020). *OTCA*. Obtenido de La importancia de las colecciones biológicas para la conservación de la biodiversidad: <http://otca.org/la-importancia-de-las-colecciones-biologicas-para-la-conservacion-de-la-biodiversidad-2/>.
- Padilla, B., Solarte, V., & Burbano, P. (2018). Musgos del valle seco del Patía, suroccidente de Colombia: riqueza, ecología y biogeografía. *Biota colombiana*, 2-11.
- Parra, J., Posada, J., & Callejas, R. (1999). *Guía Ilustrada de los briofitos del Parque ARVÍ (Piedras Blancas)*. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.
- Peréz, M. (2006). *Composición de la hepatoflora en tres estados de sucesión vegetal: bosque, guamil y cultivo, en las comunidades de Chelemá I y II, Tukurú, Alta Verapaz, Guatemala [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]*. Repositorio institucional de la Universidad de San Carlos de Guatemala http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2486.pdf
- Pérez, B., Draper, I., & Bujalance, R., (2011). Brióitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 19-73.
- Pilar, A. (29 de Julio de 2011). *Alseides*. Obtenido de *Marchantia polymorpha* L: <http://alseides.com/flowers/1155>.
- Prado, M. (2015). *Folleto de botánica general*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Pravia, O., Juárez, M. (2005). *Diversidad y distribución de las especies de lacertilios y ofidios en la ladera sur del Volcán Casita Chinandega-Nicaragua (Tesis de Licenciatura, UNAN-León)*. Repositorio Institucional de la UNAN-León <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/1280>.
- Raven, P., & Curtis, H. (1975). *Biología vegetal*. Omega, S.A.
- Ríos, J., Ochoa, K., Quiroga, K., & Montoya, D. (2020). Distribution altitudinal of the mosses in the town of Tipacoque, Boyacá. *Academia Edu*, 1-8. Obtenido de https://www.academia.edu/25530314/Distribution_altitudinal_of_the_mosses_in_the_town_of_Tipacoque_Boyac%C3%A1.
- Romero, C. (2002). *Personal*. Obtenido de Tema 21.- Briofitas A) Caracteres generales y ciclo de vida: https://personal.us.es/zarco/carromzar/Botanica_I/Temas_Botanica_I/T21_Briofitas.html
- Salazar, N. (2011). *El mundo de las plantas pequeñas: las briofitas*. Novo Art, S.A.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación (5th Ed.)*. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

- Santamaría, R. (2006). *Estimación de distribución y diversidad de las especies de la clase Amphibia en la ladera sur del volcán Casita, Chinandega-Nicaragua (Tesis de Licenciatura, UNAN-León)*. Repositorio Institucional de la UNAN-León <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/1319>.
- Segovia, P. (11 de Mayo de 2015). Posibles efectos de la ceniza volcánica en el suelo y en la vegetación. *Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales*. Obtenido de <https://www.forestal.uach.cl/noticias/post.php?s=2015-05-11-posibles-efectos-de-la-ceniza-volcanica-en-el-suelo-y-en-la-vegetacion>.
- Solomon, E., Berg, L., & Martin, D. (2013). *Biología (9th Ed.)*. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Suri, R. (2013). *Estudio de la diversidad alfa y beta en tres localidades de un bosque montano en la región de Madidi, La Paz-Bolivia (Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés)*. Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés <http://hdl.handle.net/123456789/4225>.
- Torres, R., & Oliva, A. (2016). Los efectos de los sismos y eventos volcánicos en los ecosistemas y sus consecuencias en la biodiversidad: Entrevista al Dr. Theofilos Toulkeridis. *Ecociencia Verde*, 6-17.
- Troitsky, A., Ignatov, M., Bobrova, B., Milyutina, I. (2007). Contribution of genosystematics to current concepts of phylogeny and classification of bryophytes. *Biochemistry (Moscow)* 72 (12), 1368-1376.

Anexos

Briofitas y afines de la Reserva Natural “Complejo Volcánico Chonco-San Cristóbal- Casita” julio-septiembre 2024

Musgos



Familia: Dicranaceae

Especie: *Dicranella heteromalla*
(Hedw.) Schimp., 1856



Familia: Fabroniaceae

Especie: *Fabronia ciliaris* (Brid.)
Bridel 1827



Familia: Hypnaceae

Especie: *Hypnum cupressiforme*
Hedwig, J. 1801



Familia: Orthotrichaceae

Especie: *Macromitrium richardii*
Schwägrichen, C. F. 1826



Familia: Neckeraceae

Especie: *Porotrichum mutabile*
Hampe, 1862

Hepáticas



Familia: Lejeuneaceae

Especie: *Lejeunea flava* Nees von
Esenbeck, C. G. D. 1838



Familia: Pallavinaceae

Especie: *Symphyogyna aspera*
Steph. ex F.A.McCormick