

Diversidad briológica en agroecosistemas al sur de las sierras de Nipe y del Cristal, Cuba

Bryological diversity in agroecosystems south of the Nipe and Cristal mountain ranges, Cuba

Yoira Rivera-Queralta^{1,*}, Ángel Motito Marín¹ y Kesia Mustelier Martínez¹

¹Departamento de Biología Vegetal, Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO), Agencia de Medio Ambiente, CITMA, José Antonio Saco N° 601, esq. Barnada, Santiago de Cuba, Cuba. C.P. 90100. *Autor para correspondencia (e-mail: yoira@bioeco.cu).

RESUMEN

Las plantas no vasculares (antoceros, musgos y hepáticas) representan un componente importante de la biodiversidad en los ecosistemas naturales cubanos; sin embargo, su presencia en los agroecosistemas de montaña ha sido poco explorada. El presente estudio caracterizó la diversidad briológica en sistemas agroforestales de la parte sur de las sierras de Nipe y del Cristal. El área de estudio abarcó seis fincas de la provincia Santiago de Cuba, municipios Mella (Pinalito y El Ocho de Mella) y Segundo Frente (El Guisaso, La Carolina, Las Mercedes y La Esperanza). En cada una se realizaron recolectas aleatorias en los diferentes hábitats encontrados. La flora briológica en los agroecosistemas estudiados estuvo representada por 37 especies, en 30 géneros y 21 familias, con el predominio de grupos generalistas y de amplia distribución geográfica. La mayor diversidad se registró entre los musgos (62 % del total). No se registraron antoceros ni endemismos. La mayor diversidad y exclusividad de taxones se registró en la finca El Ocho de Mella. Entre las formaciones boscosas evaluadas, el bosque siempreverde mesófilo y la vegetación secundaria registraron los valores más altos de diversidad. El 70 % de los taxones se recolectaron epífitos y los corticícolas fueron el grupo más representativo. El 62 % de los taxones registrados presentaron una categoría preliminar de amenaza. Los sistemas agroforestales, estructurados en áreas de cultivo y áreas de bosque, representan una alternativa para conservar relictos de la flora briológica en los ecosistemas montañosos cubanos.

Palabras clave: briófitos, *Bryophyta*, ecosistemas montañosos cubanos, *Marchantiophyta*, Santiago de Cuba

ABSTRACT

Nonvascular plants (hornworts, mosses and liverworts) represent an important component of biodiversity in Cuban natural ecosystems; however, their presence in mountain agroecosystems has been little explored. The present study characterized the bryological diversity in agroforestry systems of the southern part of the Nipe and Cristal mountain ranges. The study area included six farms in the Santiago de Cuba province, in the municipalities of Mella (Pinalito and El Ocho de Mella) and Segundo Frente (El Guisaso, La Carolina, Las Mercedes and La Esperanza). In each one, random collections were made in the different habitats found. The bryological flora in the agroecosystems studied was represented by 37 species, in 30 genera and 21 families, with a predominance of generalist groups with a wide geographic distribution. The highest diversity was recorded in mosses (62 % of the total). No hornworts or endemics were recorded. The greatest diversity and exclusivity of taxa was recorded at the El Ocho de Mella farm. Among the forest formations evaluated, the mesophytic evergreen forest and the secondary vegetation registered the highest values of diversity. The 70 % of the taxa were collected as epiphytes and the corticolous taxa were the most representative group. The 62 % of the registered taxa presented a preliminary category of threat. Agroforestry systems, structured in areas of crops and areas of forests, represent an alternative to conserve remnants of the bryological flora in Cuban mountainous ecosystems.

Keywords: bryophytes, *Bryophyta*, Cuban mountains ecosystems, *Marchantiophyta*, Santiago de Cuba

Citación: Rivera-Queralta, Y., Motito, M. & Mustelier, K. 2021. Diversidad briológica en agroecosistemas al sur de las sierras de Nipe y del Cristal, Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 42: 259-267.

Recibido: 7 de agosto de 2020. **Aceptado:** 14 de julio de 2020. **Publicado en línea:** 23 de diciembre de 2021. **Editor encargado:** José Angel García-Beltrán.

INTRODUCCIÓN

Los briófitos o plantas no vasculares comprenden los antoceros (*Anthocerotophyta*), musgos (*Bryophyta*) y hepáticas (*Marchantiophyta*), que representan el linaje más antiguo de las plantas terrestres, derivados de un ancestro común con las algas verdes (Goffinet & Shaw 2009). Los representantes de estos grupos comparten características similares en sus ciclos de vida con dos formas: una dominante, perenne y fotosintetizadora denominada gametófito, y otra efímera y dependiente denominada esporófito, que completa todo su desarrollo unido al gametófito. La presencia de anterozoides flagelados condiciona su dependencia del agua para lograr la fertilización y completar su ciclo de vida (Gradstein & al. 2001, Gradstein & Costa 2003, Goffinet & Shaw 2009).

Estas plantas colonizan una amplia variedad de sustratos, tales como rocas, suelos, cortezas, raíces expuestas, hojas, hojarasca y madera putrefacta (Gradstein & al. 2001). Los briófitos habitan en todos los ecosistemas, aunque la mayor riqueza de taxones se encuentra en los bosques lluviosos tropicales (Gradstein & al. 2001, Söderström & al. 2016). Estos organismos poseen una significativa importancia desde los puntos de vista biológico, ecológico y filogenético, pues son indicadores ambientales, intervienen en el ciclo del carbono, de los nutrientes, en la retención de agua y representan un elemento clave para comprender la evolución del reino *Plantae*. Han sido utilizados para estimar las variaciones del cambio climático y como potencial indicador del calentamiento global (Söderström & al. 2016).

Para Cuba, Motito & Rivera-Queralta (2017) reconocen 924 taxones infragenéricos distribuidos en todo el archipiélago. Diferentes estudios (Reyes & al. 1991, Motito & Potrony 2010, Potrony & al. 2011, Motito 2012, Mustelier 2012) coinciden en que el sector Cuba oriental (Samek 1973) posee la mayor diversidad de especies y endemismos del grupo, a la vez que es centro de convergencia de las principales vías de migración externa y el punto de partida de la migración interna.

En los ecosistemas cubanos, el papel de los hábitats modificados en el mantenimiento de la biodiversidad local ha sido poco explorado (Mancina & Cruz 2017). A pesar de reconocerse la capacidad de los briófitos de crecer en condiciones de estrés, su presencia en los sistemas agroforestales cubanos es un tema insuficientemente tratado. En este sentido, el presente estudio caracteriza la diversidad biológica en los sistemas agroforestales al sur de las sierras de Nipe y del Cristal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se enmarcó en el área geográfica del corredor biológico del proyecto GEF/PNUD “Un enfoque paisajístico para conservar ecosistemas montañosos amenazados” y el nacional “Diversidad biológica y cultural de las reservas florísticas manejadas La Caoba, Charrascales de Mícara y el

Parque Nacional Pico Cristal: vulnerabilidades y amenazas, en el macizo Nipe-Sagua-Baracoa, provincia Santiago de Cuba”. Esta comprendió seis fincas agroforestales (Figura 1): en el municipio Mella: Pinalito (20°24'52.60824" lat. N y -75° 52'32.0988" long. W) y El Ocho de Mella (20°25'16.75308" lat. N y -75°53'57.67008" long. W); en el municipio Segundo Frente: El Guisaso (20°26'54.9996" lat. N y -75°30'26.8776" long. W), La Carolina (20°25'49.38384" lat. N y -75°29'29.48064" long. W), Las Mercedes (20°26'0.9492" lat. N y -75°27' 46.9476" long. W) y La Esperanza (20°28'10.236" lat. N y -75°29'9.4164" long. W).

Para la caracterización de los sistemas agroforestales, se utilizó la información referida en los expedientes de los proyectos técnicos forestales de cada una de las fincas, respaldados por la Ley Forestal 85 (1998), Resolución Conjunta 1/2012 y depositado en los Departamentos del Servicio Estatal Forestal de los municipios Mella y Segundo Frente (Tabla I). Para la clasificación de la vegetación se siguieron los criterios de Capote & Berazaín (1984) (Tabla I).

Muestreo y procesamiento de la información

Durante 2017-2019 se efectuaron nueve viajes a las fincas agroforestales mencionadas. Para el inventario de los taxones se recolectaron de forma aleatoria e intensiva los briófitos presentes en orillas de ríos, arroyos, caminos, cañadas y en el

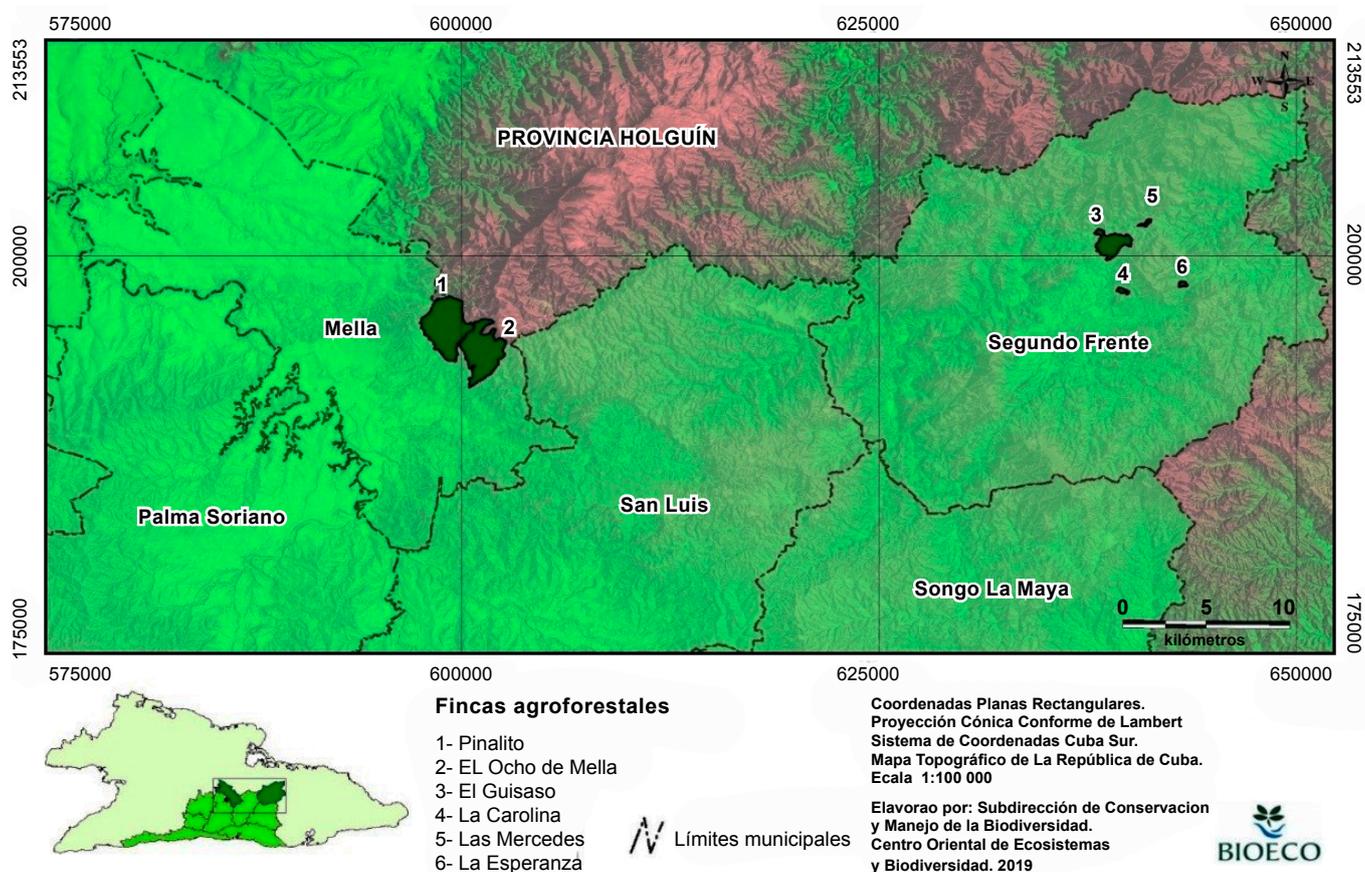


Fig. 1. Ubicación geográfica de las fincas agroforestales estudiadas al sur de las sierras de Nipe y del Cristal, provincia Santiago de Cuba, Cuba oriental.
Fig. 1. Geographical location of the agroforestry farms studied south of the Nipe and Cristal mountain ranges, Santiago de Cuba province, eastern Cuba.

interior de la vegetación, según los microhábitats donde crece este grupo de plantas (Motito & Rivera-Queralt 2017). Las exploraciones se efectuaron en las áreas de bosques naturales, el bosque secundario a orillas de los ríos Martín (finca El Ocho de Mella) y Piedras (finca Pinalito), la plantación de *Pinus cubensis* Griseb. (finca Pinalito) y en los cafetales de finca La Carolina. Todos los ejemplares recolectados se depositaron en la sección de Briófitos del Herbario del Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BSC).

El ordenamiento taxonómico de las familias y géneros se basó en el criterio de Goffinet & Buck (2020), para los musgos, y Crandall-Stotler & al. (2009) para las hepáticas. En la identificación de los taxones se utilizaron las claves de Fulford (1968), Allen (1994, 2002, 2010), Churchill & Linares (1995), Duarte (1997), Buck (1998, 2003), Gradstein & al. (2001), Gradstein & Costa (2003), Bischler-Causse & al. (2005), Pursell (2007) y Gradstein & Ilkiu-Borges (2009). Adicionalmente, se consideraron las actualizaciones nomenclaturales de Zander (1981, 1983, 1993), Ireland (1992), Reese (1993), Gradstein & al. (2001), Söderström & al. (2016) y las bases de datos en línea *Tropicos* (2021) y GBIF (2021). La terminología se corresponde con las definiciones de Magill (1990), y la información referente al sustrato se tomó en el momento de realizar las recolectas. Para el reconocimiento de los taxones amenazados se utilizó la propuesta de Motito & Potrony (2009), González-Torres & al. (2016) y las adecuaciones generales realizadas por Hallingbäck & al. (1996) y Hallingbäck & Hodgetts (2000).

RESULTADOS

Se registraron 37 especies de musgos y hepáticas, y ninguna de antoceros (Tabla II). Los musgos presentaron la mayor diversidad, con 23 especies en 19 géneros y 16 familias (Tabla II), ninguna endémica en los sistemas analizados. La familia mejor representada fue *Sematophyllaceae* con cuatro especies, seguida de *Calymperaceae*, *Neckeraceae*, *Pilotrichaceae*, *Pylaisiadelphaceae* y *Stereophyllaceae*, cada una con dos especies. El resto de las familias poseen un solo taxón, entre ellas *Racopilaceae* y *Rutenbergiaceae* que son monogénicas para Cuba. Del total de géneros de musgos, *Sematophyllum* (con cuatro especies) y *Neckeropsis* (con dos) constituyeron los más diversos (Tabla II). *Entodontopsis*, *Henicodium*, *Leucomium*, *Pilotrichidium*, *Pseudocryphaea*, *Racopilum* y *Stereophyllum* son monotípicos para Cuba. Todos los taxones de musgos presentes en las fincas agroforestales estudiadas están bien representados en el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa. Entre las hepáticas se registraron 14 especies en 11 géneros y cinco familias (Tabla II), ninguna endémica. La familia y el género con mayor representación fueron *Lejeuneaceae* y *Lejeunea* con nueve y cuatro especies, respectivamente; mientras las restantes familias estuvieron representadas por una sola especie.

La mayor diversidad se registró en El Ocho de Mella, seguida de las fincas El Guisaso, Las Mercedes, Pinalito, La Carolina y La Esperanza (Figura 2, Tabla II). Entre los musgos, las especies con mayor representatividad fueron *Isopterygium tenerum* y *Sematophyllum galipense*, mientras que entre las

TABLA I

Caracterización de las fincas agroforestales estudiadas al sur de las sierras de Nipe y del Cristal, provincia Santiago de Cuba, Cuba oriental

Formaciones vegetales: BSv: Bosque siempreverde mesófilo, BSd: Bosque semidecíduo mesófilo, PP: Plantación de *Pinus*, VS: Vegetación secundaria. Suelos: PpA: Suelos pardos poco productivos arcillosos, PA: Suelos pardos productivos arcillosos, PEN: Pardo esquelético natural. Alternativas productivas: H: Huerto, Av: Abono verde, Af: Árboles frutales, Cv: Cercas vivas, Bp: Banco de proteínas.

TABLE I

Characterization of agroforestry farms studied south of the Nipe and Cristal mountain ranges, Santiago de Cuba province, eastern Cuba

Vegetal formation: BSv: Mesophyllous evergreen forest, BSd: Mesophyllous semideciduous forest, PP: Pinus plantation, VS: Secondary vegetation. Soils: PpA: Unproductive brown clay soils, PA: Productive brown clay soils, PEN: Natural skeletal brown. Productive alternatives: H: Vegetable patch, Av: Green manure, Af: Fruit trees, Cv: Living fences, Bp: Protein bank.

Características	El Guisaso	La Carolina	Las Mercedes	La Esperanza	El Ocho de Mella	Pinalito
Altitud (msm)	200-300	240-270	300-400	300-410	257-300	200-410
Superficie total (ha)	105,0	16,1	11,5	26,84	605,0	700,0
Superficie natural (ha)	64	1,7	0,5	12,42	538,0	405,0
Formaciones vegetales	BSv, VS	BSv, VS	BSv, VS	BSv, VS	BSd, VS	BSd, VS, PP
Suelo	PpA	PA	PA	PA	PEN	PEN
Recursos hídricos	Río Guisaso	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Río Martín	Río Piedras
Actividad principal	Forestal	Cultivo de café	Cultivo de café	Cultivo de café	Forestal	Forestal
Alternativas productivas	H, Av, Af, Cv	H, Av, Af, Cv, Bp	H, Av, Af, Cv	H, Av, Af, Cv	H, Av, Af, Cv	-

hepáticas fue *Lejeunea phyllobola* (Tabla II). Los mayores totales de exclusividad se encontraron en las fincas El Ocho de Mella y Pinalito (Figura 2, Tabla II).

Los briófitos se encontraron en todas las formaciones vegetales analizadas, excepto en el bosque semidecíduo mesófilo de Pinalito para los musgos y el cafetal de La Carolina para las hepáticas. En el bosque siempreverde mesófilo y la vegeta-

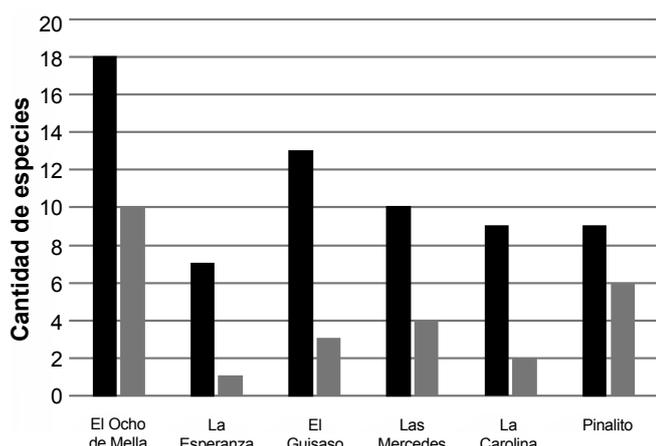


Fig. 2. Distribución de briófitos por fincas agroforestales estudiadas al sur de las sierras de Nipe y del Cristal, Cuba oriental. Las barras negras representan el total de especies y las grises el total de especies exclusivas de la finca en cuestión.

Fig. 2. Distribution of bryophytes by agroforestry farms studied south of the Nipe and Cristal mountain ranges, eastern Cuba. The black bars represent the total of species and the gray bars the total of exclusive species of the farm in question.

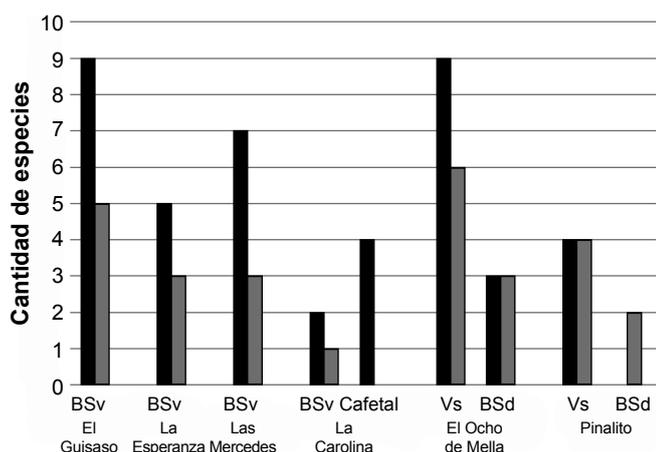


Fig. 3. Distribución de briófitos por formaciones vegetales en las fincas agroforestales estudiadas al sur de las sierras de Nipe y del Cristal, Cuba oriental. Las barras negras representan los musgos y las grises las hepáticas. BSV: Bosque siempreverde mesófilo, BSd: Bosque semidecíduo mesófilo, VS: vegetación secundaria.

Fig. 3. Distribution of bryophyte by the vegetal formation in the agroforestry farms studied south of the Nipe and Cristal mountain ranges, eastern Cuba. The black bars represent the mosses and the gray ones the liverworts. BSV: Mesophyllous evergreen forest, BSd: Mesophyllous semideciduous forest, VS: Secondary vegetation.

ción secundaria se registraron la mayor diversidad de especies (56,7 % del total de la flora briológica) (Figura 3, Tabla II).

Cerca del 70 % de los musgos y hepáticas crecen epífitos sobre diferentes partes del forófito (raíces expuestas, troncos y hojas), y son las especies corticícolas las más representativas. Algunos de los forófitos observados con mayor cantidad de epífitos fueron *Persea americana* Mill., *Cedrela odorata* L. y *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook. Además, se recolectaron taxones saxícolas, terrícolas y lignícolas (Tabla II). Los musgos presentaron la mayor diversidad de modos de vida, a la vez que los lignícolas y saxícolas fueron exclusivos de este grupo. En las hepáticas solo se observaron taxones corticícolas y terrícolas, a excepción de *Lejeunea spiniloba* que se encontró epífila en la finca El Ocho de Mella (Tabla II). Es importante destacar la presencia de *Sematophyllum galipense* en esta misma finca sobre un tubo de policloruro de vinililo. La mayor diversidad de sustratos colonizados por los briófitos se encontró en las fincas agroforestales El Ocho de Mella, Las Mercedes y El Guisaso (Tabla II).

De los 23 musgos presentes en las fincas agroforestales estudiadas, 18 han sido categorizados de forma preliminar, *Neckeropsis disticha*, *Philonotis uncinata* y *Pilotrichidium antillarum* como Amenazados y el resto como Preocupación Menor (Tabla II). En las hepáticas no se registraron taxones categorizados.

DISCUSIÓN

La diversidad briológica en las fincas agroforestales estudiadas es baja, si se compara con la observada en los espacios naturales de Cuba nororiental (Motito & Potrony 2005a, 2005b, Motito 2012, Motito & al. 2019, 2020, Mustelier 2005, 2006, 2012, Potrony & Motito 2006). Similares resultados postulan Gradstein & al. (2001) para el Neotrópico, quienes plantean que la diversidad en este grupo está seriamente afectada por las modificaciones de sus hábitats causadas por las actividades agrícolas.

Los musgos y hepáticas presentes en las fincas estudiadas son comunes, de amplia distribución y generalistas, lo que responde a estrategias adaptativas que les permiten colonizar la mayor diversidad de hábitats. Dentro de estas adaptaciones se encuentran la presencia de papilas y células vacías (*Hyophila*, *Taxithelium* y *Syrrhopodon*), ramas y tallos delgados (*Meteorium* y *Sematophyllum*), cilios (*Riccardia*), tejidos de almacenamiento (*Marchantia*), lobulillos (*Lejeuneaceae* y *Frullania*), oleocuerpos con pigmentos (*Frullania*) y abundantes propágulos vegetativos como alternativa para garantizar su reproducción. Muchas de estas adaptaciones permiten el aumento de la superficie de conducción externa, el almacenamiento de agua, la reducción del área de exposición a los rayos solares, lo que garantiza la disminución de los niveles de transpiración y la acción secante del viento. Similares observaciones fueron realizadas por Schofield (1985), Delgadillo & Cárdenas (1990), Gradstein & al. (2001), Gradstein & Costa (2003), Bischler-Causse & al. (2005), He-Nygrén & al. (2006) y Goffinet & Shaw (2009).

TABLA II

Musgos y hepáticas registrados en las fincas agroforestales estudiadas al sur de las sierras de Nipe y del Cristal, provincia Santiago de Cuba, Cuba oriental

Fincas agroforestales: G: El Guisaso, C: La Carolina, M: Las Mercedes, E: La Esperanza, OM: El Ocho de Mella, P: Pinalito. Sustrato: Ct: Corticícola, Ep: Epífilos, Li: Lignícola (madera podrida), Ra: Raíces expuestas, Sax: Saxícola, Te: Terrestre, PVC: Tubo de policloruro de vinilo. Formaciones vegetales (FV): BSv: Bosque siempreverde mesófilo, BSd: Bosque semideciduo mesófilo, VS: Vegetación secundaria. Categoría preliminar de conservación (CPC): A: Amenazado, LC: Preocupación menor. Especímenes testigos depositados en el Herbario del Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BSC).

TABLA II

Liverworts and mosses recorded in the agroforestry farms studied south of the Nipe and Cristal mountain ranges, Santiago de Cuba province, eastern Cuba

Agroforestry farms: G: El Guisaso, C: La Carolina, M: Las Mercedes, E: La Esperanza, OM: El Ocho de Mella, P: Pinalito. Substrate: Ct: Corticolous, Ep: Epiphyllous, Li: Lignicolous (rotten wood), Ra: Exposed roots, Sax: Saxicolous, Te: Terrestrial, PVC: Polyvinyl chloride tube. Preliminary conservation category (CPC): A: Threatened, LC: Least Concern. Vegetal formation: BSv: Mesophyllous evergreen forest, BSd: Mesophyllous semideciduous forest, VS: Secondary vegetation. Voucher specimens deposited in the Herbarium of the Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BSC).

Taxones	G	C	M	E	OM	P	Sustrato	FV	CPC	Especímenes testigos (en BSC)
Bryophyta										
Bartramiaceae										
<i>Philonotis uncinata</i> (Schwägr.) Brid.					•		Sax	VS	A	Motito & Rivera 20575
Calymperaceae										
<i>Syrrophodon incompletus</i> Schwägr. var. <i>incompletus</i>						•	Ct	VS	LC	Motito & Rivera 20570, 20572
Erpodiaceae										
<i>Erpodium domingense</i> (Spreng.) Brid. ex Müll. Hal.	•	•					Ct, Li	BSv	LC	Rivera & Brooks 20384, Motito 20509
Fissidentaceae										
<i>Fissidens zollingeri</i> Mont.	•		•	•			Ra, Sax, Te	BSv	LC	Rivera & Brooks 20385, Motito 20476, Motito & Rivera 20484
Leucomiaceae										
<i>Leucomium strumosum</i> (Hornsch.) Mitt.			•				Li	BSv		Brooks 20507
Meteoriaceae										
<i>Meteorium nigrescens</i> (Hedw.) Dozy & Molk.	•		•				Ct, Li, Sax	BSv	LC	Motito & Rivera 20488, Motito & Guerra 20506
Neckeraceae										
<i>Neckeropsis disticha</i> (Hedw.) Kindb.	•						Ct	BSv	A	Motito & Rivera 20498
<i>Neckeropsis undulata</i> (Hedw.) Reichardt	•				•		Ct, Ra, Li	BSv, BSd, VS	LC	Motito & Guerra 20500, Motito & Rivera 20574
Octoblepharaceae										
<i>Octoblepharum albidum</i> Hedw.				•		•	Ct, Li	BSv, VS		Motito 20512, Motito & Rivera 20568
Pilotrichaceae										
<i>Callicostella pallida</i> (Hornsch.) Angstr.					•		Sax	VS		Motito & Rivera 20593
<i>Pilotrichidium antillarum</i> Besch.					•		Sax	VS	A	Motito & Rivera 20583
Pottiaceae										
<i>Hyophila involuta</i> (Hook.) A. Jaeger					•		Ct, Te	VS	LC	Motito & Rivera 20577
Pterobryaceae										
<i>Henicodium geniculatum</i> (Mitt.) W. R. Buck	•			•	•		Ct, Li	BSv, VS		Motito & Guerra 20501, Motito & Rivera 20582, Motito 20481
Pylaisiadelphaceae										
<i>Isopterygium tenerum</i> (Sw.) Mitt.	•	•		•			Ct, Li,	BSv, Cafetal		Motito & Guerra 20503, Motito 20475, 20510
<i>Taxithelium planum</i> (Brid.) Mitt.					•		Li	BSd	LC	Motito & Rivera 20573

TABLA II

Musgos y hepáticas registrados en las fincas agroforestales estudiadas al sur de las sierras de Nipe y del Cristal, provincia Santiago de Cuba, Cuba oriental (Continuación)

Fincas agroforestales: G: El Guisaso, C: La Carolina, M: Las Mercedes, E: La Esperanza, OM: El Ocho de Mella, P: Pinalito. Sustrato: Ct: Corticícola, Ep: Epífilos, Li: Lignícola (madera podrida), Ra: Raíces expuestas, Sax: Saxícola, Te: Terrestre, PVC: Tubo de policloruro de vinilio. Formaciones vegetales (FV): BSv: Bosque siempreverde mesófilo, BSd: Bosque semideciduo mesófilo, VS: Vegetación secundaria. Categoría preliminar de conservación (CPC): A: Amenazado, LC: Preocupación menor. Especímenes testigos depositados en el Herbario del Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BSC).

TABLE II

Liverworts and mosses recorded in the agroforestry farms studied south of the Nipe and Cristal mountain ranges, Santiago de Cuba province, eastern Cuba (Continue)

Agroforestry farms: G: El Guisaso, C: La Carolina, M: Las Mercedes, E: La Esperanza, OM: El Ocho de Mella, P: Pinalito. Substrate: Ct: Corticolous, Ep: Epiphyllous, Li: Lignicolous (rotten wood), Ra: Exposed roots, Sax: Saxicolous, Te: Terrestrial, PVC: Polyvinyl chloride tube. Preliminary conservation category (CPC): A: Threatened, LC: Least Concern. Vegetal formation: BSv: Mesophyllous evergreen forest, BSd: Mesophyllous semideciduous forest, VS: Secondary vegetation. Voucher specimens deposited in the Herbarium of the Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BSC).

Taxones	G	C	M	E	OM	P	Sustrato	FV	CPC	Especímenes testigos (en BSC)
Racopilaceae										
<i>Racopilum tomentosum</i> (Hedw.) Brid.			•				Ct, Sax	BSv	LC	Motito & Rivera 20487
Rutenbergiaceae										
<i>Pseudocryphaea domingensis</i> (Spreng.) W. R. Buck	•	•		•	•		Ct, Li	BSv, VS, BSd, Cafetal	LC	Motito & Guerra 20496, Motito 20483, Salgado 20469
Sematophyllaceae										
<i>Sematophyllum cuspidiferum</i> Mitt.						•	Ct, Li	VS		Motito & Rivera 20571
<i>Sematophyllum galipense</i> (Müll. Hal.) Mitt.	•		•		•	•	Te, Ct, PVC, Ra	BSv, VS	LC	Rivera & Brooks 20382, Motito & Rivera 20581, 20485, 20569
<i>Sematophyllum subpinnatum</i> (Brid.) E. Britton		•			•		Ct, Li	BSv, VS	LC	Motito & Rivera 20576, Motito 20508
<i>Sematophyllum subsimplex</i> (Hedw.) Mitt.			•				Ct	BSv		Motito & Rivera 20486
Stereophyllaceae										
<i>Entodontopsis leucostega</i> (Brid.) W. R. Buck & Ireland		•					Li, Ct	Cafetal	LC	Motito 20479
<i>Stereophyllum radiculosum</i> (Hook.) Mitt.		•	•				Ct, Sax, Li	BSv, Cafetal	LC	Motito & Rivera 20491
Marchantiophyta										
Aneuraceae										
<i>Aneura pinguis</i> (L.) Dumort.		•					Te	BSv		Motito & Rivera 23569
<i>Riccardia</i> sp.					•		Te	VS		Motito & Rivera 23567
Frullaniaceae										
<i>Frullania ericoides</i> (Nees) Mont.	•						Ct	BSv		Motito & Guerra 23367
Lejeuneaceae										
<i>Caudalejeunea lehmanniana</i> (Gottsche) A. Evans					•	•	Ct	BSd, VS		Motito & Guerra 23469
<i>Cheilolejeunea clausa</i> (Nees & Mont.) R. M. Schuster		•				•	Ct	BSv, VS		Brooks 23362
<i>Cololejeunea cardiocarpa</i> (Mont.) A. Evans					•		Ct	BSd, VS		Motito & Rivera 23477
<i>Lejeunea laetevirens</i> Nees & Mont.		•	•				Ct	BSv, BSd, VS		Motito & Rivera 23370, Brooks 23363
<i>Lejeunea phyllobola</i> Nees & Mont.	•		•	•		•	Ct	BSv, VS		Motito & Rivera 23372, Motito 23362
<i>Lejeunea trinitensis</i> Lindenb.	•		•				Ct	BSv		Motito & Rivera 23369
<i>Lejeunea spiniloba</i> Lindenb. & Gottsche					•		Ct, Ep	BSv		Motito & Rivera 23468

TABLA II

Musgos y hepáticas registrados en las fincas agroforestales estudiadas al sur de las sierras de Nipe y del Cristal, provincia Santiago de Cuba, Cuba oriental (Continuación)

Fincas agroforestales: G: El Guisaso, C: La Carolina, M: Las Mercedes, E: La Esperanza, OM: El Ocho de Mella, P: Pinalito. Sustrato: Ct: Corticícola, Ep: Epífilos, Li: Lignícola (madera podrida), Ra: Raíces expuestas, Sax: Saxícola, Te: Terrestre, PVC: Tubo de policloruro de vinilico. Formaciones vegetales (FV): BSv: Bosque siempreverde mesófilo, BSd: Bosque semideciduo mesófilo, VS: Vegetación secundaria. Categoría preliminar de conservación (CPC): A: Amenazado, LC: Preocupación menor. Especímenes testigos depositados en el Herbario del Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BSC).

TABLA II

Liverworts and mosses recorded in the agroforestry farms studied south of the Nipe and Cristal mountain ranges, Santiago de Cuba province, eastern Cuba (Continue)

Agroforestry farms: G: El Guisaso, C: La Carolina, M: Las Mercedes, E: La Esperanza, OM: El Ocho de Mella, P: Pinalito. Substrate: Ct: Corticolous, Ep: Epiphyllous, Li: Lignicolous (rotten wood), Ra: Exposed roots, Sax: Saxicolous, Te: Terrestrial, PVC: Polyvinyl chloride tube. Preliminary conservation category (CPC): A: Threatened, LC: Least Concern. Vegetal formation: BSv: Mesophyllous evergreen forest, BSd: Mesophyllous semideciduous forest, VS: Secondary vegetation. Voucher specimens deposited in the Herbarium of the Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BSC).

Taxones	G	C	M	E	OM	P	Sustrato	FV	CPC	Especímenes testigos (en BSC)
Lejeuneaceae										
<i>Marchesinia brachiata</i> (Sw.) Schiffn.	•						Ct	BSv		Motito & Guerra 23365
<i>Mastigolejeunea auriculata</i> (Wilson & Hook.) Steph.					•		Ct	BSd, VS		Motito & Rivera 23472
Marchantiaceae										
<i>Marchantia</i> sp.					•		Te	VS		Motito & Rivera 23566
Plagiochilaceae										
<i>Plagiochila</i> sp.	•						Ct	BSv		Serguera 23472

La mayor diversidad briológica observada en la finca El Ocho de Mella se debe a la presencia de un bosque secundario, con un dosel continuo y desarrollado, donde predominan en el estrato arbóreo *Guazuma ulmifolia* Lam., *Samanea saman* (Jacq.) Merr. y *Cedrela odorata* L. (Castell 2019, com. pers.). Esto, unido a las condiciones de humedad que aporta la corriente de agua permanente del río Martín, favorece la presencia de microhábitats a colonizar por este grupo de plantas. Es necesario señalar la proximidad de la finca al anillo cársico que rodea a la sierra de Nipe, zona caracterizada por una alta diversidad de especies y endemismos (Reyes 2020, com. pers.).

La poca variación observada en los valores de diversidad entre los bosques naturales y la vegetación secundaria se corresponde con el estado de conservación y el manejo de estos ecosistemas, definidos como bosques para la protección de agua y suelos, cuya función es la estabilización de la vegetación, la flora y la fauna sin permitir ninguna explotación de estos recursos referidos en la Ley Forestal 85 (1998). La alta diversidad de briófitos en bosques secundarios fue referida para el Neotrópico por Gradstein & al. (2001), quienes señalan que estos tipos de bosques albergan un 50-70 % de la flora briológica original.

La presencia de taxones epífitos xerotolerantes de *Lejeuneaceae*, en el bosque semideciduo de Pinalito, indica el nivel de afectación de este ecosistema, ya que estos tipifican sitios expuestos y perturbados (Gradstein & al. 2001). La baja representatividad

de musgos y la ausencia de hepáticas en el cafetal de La Carolina podría deberse a las afectaciones originadas por el huracán Sandy en 2012, tanto en la plantación como en los árboles asociados a su sombra. En el momento de la recolecta se realizaban manejos agrícolas intensivos para la recuperación del cultivo y su sombra, por lo que existió un predominio de briófitos saxícolas y lignícolas sobre tocones y árboles caídos. No obstante, el nivel de epifitismo era muy bajo, lo cual corrobora los planteamientos de Gradstein & al. (2001), que refieren que los briófitos con este modo de vida están entre los primeros que desaparecen cuando se afecta la estructura del bosque. VanDunné & Wolf (2001), Anderson & Gradstein (2005) y Gradstein & Sporn (2010) observaron que en cultivos de café y cacao la diversidad de la flora briológica está relacionada con los niveles de sombra y la intensidad de los manejos agrícolas.

El conocimiento de los diferentes modos de vida o tipos de sustratos, en particular de aquellos grupos que ocupan varios sustratos, permite conocer la capacidad de adaptación de los diferentes taxones, muy relacionada con las características particulares de su microhábitat. El elevado número de briófitos corticícolas ya ha sido referido tanto en zonas naturales como modificadas (Salazar-Allen & al. 1991, Castillo & al. 1994, Salazar-Allen & Chung 1997, Dauphin & Grayum 2005, Costa & al. 2011, Brito-Valente & al. 2013 y Penalzoa-Bojacá & al. 2017). VanDunné & Wolf (2001) sugieren que, en ecosistemas agroforestales de café y cacao, la preferencia de los epífitos depende de las características de la corteza y de la edad del forófito.

CONCLUSIONES

La flora briológica presente en las fincas agroforestales estudiadas en las laderas sur de las sierras de Nipe y del Cristal está representada por 37 especies de amplia plasticidad ecológica. Los musgos resultaron mejor representados que las hepáticas y la mayor diversidad briológica se presentó en la finca El Ocho de Mella. Estos tienen mayores preferencias por la vegetación secundaria y el bosque siempreverde mesófilo, donde cerca del 70 % de las especies se recolectaron epífitos sobre diferentes partes del forófito.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto internacional GEF/PNUD "Un enfoque paisajístico para conservar ecosistemas montañosos amenazados". A los especialistas del Servicio Estatal Forestal de la provincia Santiago de Cuba y a los productores y familias de las fincas visitadas. A Miguel A. Castell y Orlando J. Reyes del Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad por sus comentarios sobre el estrato arbóreo de El Ocho de Mella y la diversidad del anillo cársico de la sierra de Nipe. A los revisores anónimos y editores de la Revista del Jardín Botánico Nacional, por sus sugerencias y comentarios.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Y. Rivera-Queralta coordinó la investigación, analizó los datos y escribió la primera versión del manuscrito. A. Motito concibió la idea original y diseñó la investigación. Todos los autores recolectaron e identificaron las muestras de herbario, participaron en la discusión de los resultados y en la revisión crítica del manuscrito.

CUMPLIMIENTO DE NORMAS ÉTICAS

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Aprobación de ética: Todos los autores han llevado a cabo el trabajo de campo y la generación de datos de forma ética, incluida la obtención de permisos adecuados.

Consentimiento para la publicación: Todos los autores han dado su consentimiento para publicar este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, B.H. 1994. Moss Flora of America Central. Part 1. *Sphagnaceae-Calymperaceae*. *Monographs Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 49.

Allen, B.H. 2002. Moss of Central America. Part 2. *Encalyptaceae-Orthotrichaceae*. *Monographs Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 90.

Allen, B.H. 2010. Moss of Central America. Part 3. *Anomodontaceae-Symphodontaceae*. *Monographs Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 117.

Anderson, M.S. & Gradstein, S.R. 2005. Impact of management intensity on non-vascular epiphyte diversity in cacao plantations in western Ecuador. *Biodiv. and Conser.* 14: 1101-1120. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-7840>

Bischler-Causse, H., Gradstein, S.R., Jovet-Ast, S., Long, D.G & Salazar-Allen, N. 2005. *Marchantiidae. Fl. Neotrop. Monogr.* 97.

Brito-Valente, E., Pôrto, K.C., Passos, C.J.B. & Ballejos-Loyola, J. 2013. Diversity and distribution of the bryophyte flora in montane forests in the Chapada Diamantina region of Brazil. *Acta Bot. Brasil.* 27(3): 506-518. <https://doi.org/10.1590/S10233062013000300008>

Buck, W.R. 1998. Pleurocarpous Mosses of the West Indies. *Mem. New York Bot. Gard.* 82.

Buck, W.R. 2003. Guide to the plants of Central French Guiana. Part 3. Mosses. *Mem. New York Bot. Gard.* 76.

Castillo, J.E., Uribe, J. & Aguirre, J. 1994. Brioflora del Parque Regional Natural Ucumari. Pp. 141-183. En: Rangel, J.O. (ed.). UCUMARI. Un caso típico de la Diversidad Biótica Andina. Corporación Autónoma Regional de Risalda (CARDER). Bogotá, Colombia.

Churchill, S.P. & Linares, E. 1995. *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis*. Introducción a la flora de musgos de Colombia Parte I y II. Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Capote, R.P. & Berazain, R. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 5 (2): 27-75.

Costa, D.P., Pôrto, K.C., Luiz-Ponzo, A.P., Ilkiu-Borges, A.L., Bastos, C.J.P., Câmara, P.E.A.S., Peralta, D.F., Bôas-Bastos, S.B.V., Imbassahy, C.A.A., Henriques, D.K., Gomes, H.C.S., Rocha, L.M., Santos, N.D., Siviero, T.S., Vaz-Imbassahy, T.F. & Churchill, S.P. 2011. Synopsis of the Brazilian moss flora: checklist, distribution and conservation. *Nova Hedwigia* 93: 277-334. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2011/0093-027>

Crandall-Stotler, B., Stotler, R.E. & Long, D.G. 2009. Morphology and classification of *Marchantiophyta*. Pp. 33-45. En: Goffinet, B. & Shaw, A.J. (ed.). *Bryophyte Biology*. 2nd Edition. Cambridge University Press. NY, USA.

Dauphin, G. & Grayum, M.H. 2005. Bryophytes of the Santa Elena Peninsula and Islas Murciélago, Guanacaste, Costa Rica, with special attention to neotropical dry forest habitats. *Lankesteriana* 5(1): 53-61.

Delgadillo, C. & Cárdenas, A. 1990. Manual de Briofitas. Cuaderno 8. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México. México, D. F., México.

Duarte, P. 1997. Musgos de Cuba. *Fontqueria* 47.

Fulford, M. 1968. Manual of the leafy *Hepaticae* of Latin America, Part III. *Mem. New York Bot. Gard.* 11.

GBIF. 2021. GBIF – Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/es/>. 20 de julio de 2021.

Goffinet, B. & Shaw, A. J. (ed.). 2009. *Bryophyte Biology*. Second Edition. Cambridge University Press. NY, USA.

Goffinet, B. & Buck, W.R. 2020 [actualización continua desde 2010]. Classification of the Bryophyta. <http://www.eeb.uconn.edu/people/goffinet/Classificationmosses>. 20 de noviembre 2020.

González-Torres, L.R., Palmarola, A., González-Oliva, L., Bécquer, E.R., Testé, E., Castañeira-Colomé, M.A., Barrios, D., Gómez-Hechavarría, J.L., García-Beltrán, J.A., Granado, L., Rodríguez-Cala, D., Berazain, R. & Regalado, L. (comp.). 2016. Lista Roja de la flora de Cuba. *Bissea* 10 (número especial 1): 33-283.

Gradstein, S.R., Churchill, S.P. & Salazar-Allen, N. 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Mem. New York Bot. Gard.* 86.

Gradstein, S.R. & Costa, D.P. 2003. Hepáticas e Antoceros do Brasil. *Mem. New York Bot. Gard.* 87.

Gradstein, S.R. & Ilkiu-Borges, A.L. 2009. Guide to the Plants of Central French Guiana Part 4. Liverworts and Hornworts. *Mem. New York Bot. Gard.* 76.

Gradstein, S.R. & Sporn, G.S. 2010. Land-use change and epiphytic bryophyte diversity in the Tropics. *Nova Hedwigia* 138: 311-323.

Hallingbäck, T. & Hodgetts, N. (ed.). 2000. Mosses, Liverworts, and Hornworts. Status Survey and Conservation Action Plan for Bryophytes. IUCN/SSC Bryophyte Specialist Group IUCN. Gland, Switzerland & Cambridge, UK.

- Hallingbäck, T., Hodgetts, N. & Urmi, E. 1996. How to use the new IUCN red list categories on bryophytes? Guidelines proposed by the IUCN SSC Bryophyte Specialist Group. *Anales Inst. Biol. Univ. Autón. México, Ser. Bot.* 67(1): 147-157.
- He-Nygrén, X., Juslén, A., Glenný, I. & Piippo, S. 2006. Illuminating the evolutionary history of liverworts (*Marchantiophyta*)-towards a natural classification. *Cladistics* 22: 1-31.
- Ireland, R.R. 1992. The moss genus *Isopterygium* (*Hypnaceae*) in Latin America. *Trop. Bryol.* 6: 111-132.
- Ley Forestal 85. 1998. *Gaceta Oficial de la República de Cuba* 46 Ordinaria: 773-780, de 31 de agosto de 1998.
- Magill, R.E. (ed.). 1990. *Glossarium Polyglottum Bryologiae*. A multilingual glossary for bryology. *Missouri Bot. Gard.* 86. <https://doi.org/10.2307/2807219>
- Mancina, C.A. & Cruz, D.D. (ed.). 2017. Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas. Editorial AMA. La Habana, Cuba.
- Motito, A. 2012. Musgos de Cuba oriental; diversidad, ecología y conservación. Editorial Académica Española. Madrid, España.
- Motito, A. & Potrony, M.E. 2005a. Musgos. Pp. 51-54. En: Maceira, D., Fong, A., Alverson, S.W. & Wachter, T. (ed.). Cuba: Parque Nacional La Bayamesa. Rapid Biological Inventories Report 13. The Field Museum. Chicago, USA.
- Motito, A. & Potrony, M.E. 2005b. Musgos. Pp. 71-73. En: Maceira, D., Fong, A., Alverson, S.W. & Wachter, T. (ed.). Cuba: Parque Nacional Alejandro de Humboldt. Rapid Biological Inventories Report 14. The Field Museum. Chicago, USA.
- Motito, A. & Potrony, M.E. 2009. Categorización preliminar de los taxones de la flora de Cuba-2009. Briófitos I. Categorización preliminar de los taxones de la flora de Cuba-2009. *Bissea* 3 (número especial): 4-25.
- Motito, A. & Potrony, M.E. 2010. Diversidad de musgos en Cuba Oriental. *Rodriguésia* 61(3): 383-403.
- Motito, A. & Rivera-Queralta, Y. 2017. Briófitos. Pp. 118-133. En: Mancina, C.A. & Cruz, D.D. (ed.). Diversidad Biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas. Editorial AMA. La Habana, Cuba.
- Motito, A., Rivera-Queralta, Y. & Mustelie, K. 2019. Caracterización de la brioflora en la Reserva Natural El Retiro, Santiago de Cuba, Cuba. *Ciencia en su PC* 1(2).
- Motito, A., Rivera-Queralta, Y. & Mustelie, K. 2020. Los antoceros, hepáticas y musgos en el macizo montañoso Guamuhaya, Cuba. *Acta Bot. Cub.* 219 (2): 46-66.
- Mustelie, K. 2005. Hepáticas. Pp. 162-166. En: Maceira, D., Fong, A., Alverson, S.W. & Wachter, T. (ed.). Cuba: Parque Nacional La Bayamesa. Rapid Biological Inventories Report 13. The Field Museum. Chicago, USA.
- Mustelie, K. 2006. Hepáticas. Pp. 126-129. En: Maceira, D., Fong, A., Alverson, S.W. & Wachter, T. (ed.). Cuba: Reserva Ecológica Pico Mogote. Rapid Biological Inventories Report 9. The Field Museum. Chicago, USA.
- Mustelie, K. 2012. Hepáticas foliosas en los bosques pluviales de la región oriental de Cuba. *Bol. Soc. Esp. Briol.* 38-39: 51-68.
- Penalzoza-Bojacá, G.F., Azevedo de Oliveira, B., Teixeira-Araújo, C., Bubantz-Fantecelle, A.L., Dias dos Santos, N. & Maciel-Silva, A.S. 2017. Bryophytes on Brazilian ironstone outcrops: Diversity, environmental filtering, and conservation implications. *Flora* 238: 162-174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora>
- Potrony, M.E & Motito, A. 2006. Musgos. Pp. 47-48. En: Maceira, D., Fong, A. & Alverson, S.W. (ed.). Cuba: Pico Mogote. Rapid Biological Inventories Report 9. The Field Museum. Chicago, Cuba.
- Potrony, M.E., Reyes, O.J., Motito, A. & Mustelie, K. 2011. Patrones de distribución y vías de migración de los musgos del macizo montañoso Sagua Baracoa, Cuba Oriental. *Polibotánica* 31: 71-87.
- Pursell, R.A. 2007. *Fissidentaceae*. *Fl. Neotrop. Monogr.* 101.
- Reese, W.D. 1993. *Calymperaceae*. *Fl. Neotrop. Monogr.* 58.
- Resolución Conjunta 1/2012. Reglamento del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal. *Gaceta Oficial de la República de Cuba* 45 Ordinaria: 1432-1435, de 22 de octubre de 2012. https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/go_o_045_2012.pdf
- Reyes, O.J., Mustelie, K. & Reyes, D. 1991. Característica de la flora hepaticológica de Cuba y sus principales vías de migración interna. Pp. 11-19. En: Memorias II Simposio Latinoamericano de Briología. La Habana, Cuba.
- Salazar-Allen, N., Arrocha, C. & Chung, C. 1991. The mosses of Barro Colorado Island, Panama. *Bryologist* 94(3): 289-293.
- Salazar-Allen, N. & Chung, C. 1997. Primera aproximación al Catálogo de Briófitos del Parque Nacional de Coiba (Panamá). Pp. 221-243. En: Castroviejo, S. (ed.) Flora y Fauna del Parque Nacional de Coiba (Panamá). Real Jardín Botánico de Madrid. Madrid, España.
- Samek, V. 1973. Regiones fitogeográficas de Cuba. *Acad. Ci. Cuba, Ser. Forestal* 15.
- Schofield, W.B. 1985. Introduction to the Bryology. Macmillan Publishing Company. New York, USA.
- Söderström, L., Hagborg, A., von Konrat, M., Bartholomew-Began, S., Bell, D., Briscoe, L., Brown, E., Cargill, D.C., Costa, D.P., Gradstein, S.R., Xiaolan, H., Crandall-Stotler, B.J., Cooper, E.D., Dauphin, G., Engel, J.J., Feldberg, K., Glenný, D., Heinrichs, J., Hentschel, J., Ilkiu-Borges, A.L., Katagiri, T., Konstantinova, N.A., Larrain, J., Long, D.G., Nebel, M., Pócs, T., Felisa Puche, F., Reiner-Drehwald, E., Renner, A., Sass-Gyarmati, M.M.A., Schäfer-Verwimp, A., Moragues, J.G.S., Stotler, R.E., Sukkharak, P., Thiers, B.M., Uribe, J., Váña, J., Villarreal, J.C., Wigginton, M., Zhang, L. & Zhu, R.L. 2016. World checklist of hornworts and liverworts. *PhytoKeys* 59: 1-828. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.59.6261>
- Tropicos. 2021. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <https://tropicos.org>. 20 de julio de 2021.
- VanDunné, H.J.F. & Wolf, J. 2001. Development of epiphytic bryophyte and lichen vegetation in plantation of coffee trees. Pp. 95-111. En: VanDunné, H.J.F. (ed.). Establishment and Development of Epiphytes in Secondary Neotropical Forests. University of Amsterdam, Netherlands.
- Zander, R.H. 1981. Descriptions and illustrations of *Barbula*, *Pseudocrossidium* and *Bryoerythrophyllum* (p.p.) of Mexico. *Cryptog. Bryol. Lichénol.* 2: 1-22.
- Zander, R.H. 1983. A reevaluation of *Neohyophila* Crum (*Pottiaceae*). *Bryologist* 86: 134-139.
- Zander, R.H. 1993. Genera of the *Pottiaceae*: Mosses of Harsh Environments. *Bull. Buffalo Soc. Nat. Sci.* 32: 378.