UEA Biología Lago Agrio
PrePrint UEA

Sección Biología "Lago Agrio"
Vol. BLGEL2324. ep07–85

| Recibido: 14/03/2024 |
| Aceptado: 24/04/2024 |
| Publicado: 23/11/2026 |

Diversidad y morfología de líquenes folícolas en la comunidad A´i Cofán Dureno del cantón Lago Agrio, Sucumbíos, Ecuador

Diversity and morphology of foliar lichens in the A'i Cofán Dureno community, Lago Agrio canton, Sucumbíos, Ecuador

Mario Joel Castillo González[1], Alex Renato Santillán Sarmiento[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBLGEL2324ep07-85 Crossref

Resumen

La liquenología ecuatoriana presenta un escaso conocimiento de líquenes folícolas en comparación con otras áreas. Hasta la fecha, se han registrado alrededor de 2,700 especies de líquenes en el país, siendo la mayoría de habito corticícolas. En la región amazónica, especialmente en la provincia de Sucumbíos, cantón Lago Agrio los conocimientos sobre la diversidad y morfología de estos líquenes folícolas no son exhaustivos en comparación con otras provincias. Por tal razón el presente estudio busca evaluar la diversidad en la comunidad A'i Cofán Dureno, estudiando la influencia humana en ecosistemas y contribuyendo con la primera guía ilustrada en bosques siempre verdes de tierras bajas, en la provincia de Sucumbíos. Donde se observaron 92 hojas en 10 parcelas, ubicadas en bosques intervenidos y no intervenidos. Se identificaron 119 especies de líquenes folícolas pertenecientes a 35 géneros y 17 familias, destacando la Gomphillaceae como la familia más abundante, seguida de las familias Arthoniaceae, Strigulaceae y Coccocarpiaceae, entre otras. La diversidad alfa en el bosque no intervenido fue de 1.931, según la bibliografía consultada. Este valor sugiere una diversidad alta en comparación con los bosques intervenidos. Además, se encontró un patrón de similitud entre las comunidades de líquenes folícolas en ambos bosques. Las variables "Canopy cover" e "Índice de Shannon" influyeron significativamente según el análisis de correspondencia canónica (CCA) en la distribución de las muestras, demostrando las relaciones de las especies con las variables ambientales estudiadas. El estudio revela la necesidad urgente de profundizar en el conocimiento de los líquenes folícolas en la región, para comprender mejor su diversidad y morfología frente a las alteraciones ambientales, Este conocimiento es crucial para evaluar el impacto humano en los ecosistemas y contribuir a la conservación de estos importantes organismos simbióticos.

Palabras clave

liquenología, ecología, deforestación, adaptación, fragmentación.

Abstract

Ecuadorian lichenology presents little knowledge of follicular lichens compared to other areas of the field. To date, around 2,700 species of lichens have been recorded in the country, the majority being corticultural in habit. In the Amazon region, especially in the province of Sucumbíos, Lago Agrio canton, knowledge about the diversity and morphology of these follicular lichens, through environmental alterations, is still exhaustive compared to other provinces. For this reason, the present study seeks to evaluate the diversity in the A'i Cofán Dureno community, studying human influence on ecosystems and contributing with the first illustrated guide to lowland evergreen forests, in the province of Sucumbíos. Where 92 observations of leaves were observed in 10 plots, located in intervened and non-intervened forests. 119 species of follicular lichens belonging to 35 genera and 17 families were identified, with Gomphillaceae standing out as the most abundant family, followed by the Arthoniaceae, Strigulaceae and Coccocarpiaceae families, among others. The alpha diversity in the uninterrupted forest was 1,931, according to the bibliography consulted. This value suggests a high diversity compared to intervened forests. Furthermore, a pattern of similarity was found between the follicular lichen communities in both forests. The variables "Canopy cover" and "Shannon Index" significantly influenced the distribution of the samples according to the canonical correspondence analysis (CCA), demonstrating the relationships of the species with the environmental variables studied. The study reveals the urgent need to deepen the knowledge of follicular lichens in the region, to better understand their diversity and morphology in the face of environmental alterations. This knowledge is crucial to evaluate the human impact on ecosystems and contribute to the conservation of these important symbiotic organisms.

Keywords

lichenology, ecology, deforestation, adaptation, fragmentation.

Direcciones

[1]Universidad Estatal Amazónica. Sucumbios, Ecuador. Email: lblg2017140@uea.edu.ec, ar.santillans@uea.edu.ec,

Autor para la correspondencia

Mario Joel Castillo González. Universidad Estatal Amazónica. Sucumbios, Ecuador. Email: lblg2017140@uea.edu.ec

Cómo citar

CASTILLO GONZÁLEZ, Mario Joel , SANTILLÁN SARMIENTO, Alex Renato and , 2026. Diversidad y morfología de líquenes folícolas en la comunidad A´i Cofán Dureno del cantón Lago Agrio, Sucumbíos, Ecuador. PrePrint UEA. Vol. BLGEL2324. p. ep07–85. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBLGEL2324ep07-85

Editores Académicos Jorge Lenin León Arcos

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright

Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

1. Introducción

Ecuador se destaca a nivel mundial por su excepcional biodiversidad de flora, con alrededor de 18,000 especies de plantas vasculares registradas (Ulloa et al. 2017), sin embargo, grupos como los hongos (liquenizados y no liquenizados), no han recibido la misma atención en investigaciones sobre su biodiversidad en el país como es en el caso de las plantas vasculares (Benítez et al. 2021; Benitez and Gradstein 2011; Benýtez, Prieto, and Aragon 2014). Se han registrado al-

rededor de 2700 especies de hongos liquenizados, también conocidos simplemente como líquenes, en todo el territorio ecuatoriano incluyendo las Islas Galápagos (León-Yánez, Gradstein, and Wegner 2006; Lücking et al. 2008). En lo que respecta únicamente en el territorio continental de Ecuador, se han documentado alrededor de 900 especies de líquenes (Bustamante, Gusmán, and Benitez 2018). A pesar de estos avances en la investigación de los líquenes en el país, aún existe un conocimiento insuficiente sobre su diversidad.

En la región amazónica del Ecuador, la liquenología ha experimentado avances significativos, en las provincias de Zamora Chinchipe, con 323 registros de especies de líquenes folícolas (Nöske, Mandl, and J. 2007) y 297 especies de las provincias de Napo (Aptroot and Sparrius 2008; Bungartz et al. 2011). Entre estas, se destacan 247 especies de líquenes folícolas en un bosque de tierras bajas, específicamente en la Estación Biológica Jatun Sacha (Lücking 1999a; Lücking and Matzer 2001). En la la provincia de Sucumbíos el nivel de investigación es aún incipiente con respecto a otras provincias (Cevallos 2012).

Los líquenes folícolas son una asociación simbiótica de un hongo (Ascomicetos, que extienden su micelio sobre la superficie de hojas vivas), denominado micobionte, con uno o más organismos fotosintéticos, conocido como holobionte, que comúnmente es un alga verde y/o una cianobacteria (Soto and Bolaños 2011; Zárate-Arias, Moreno-Palacios, and Torres-Benítez 2019). Estos organismos contribuyen a procesos ecológicos clave, como la fijación de nitrógeno atmosférico y la liberación de nutrientes en los suelos, lo que favorece el crecimiento de las especies vegetales (Estrabou 2007; Lijteroff, Lima, and Prieri 2009; Quispe, Ñique, and Chuquilin 2013). La morfología de los líquenes juega un papel crucial en su capacidad de adaptación a entornos diversos. La adaptabilidad morfológica de los líquenes les permite colonizar una amplia gama de sustratos, desde rocas y suelos hasta la superficie de hojas vivas. Además, la forma de crecimiento de los líquenes, ya sea crustácea, foliosa o fruticosa, puede estar influenciada por factores ambientales como la humedad, la luz y la disponibilidad de nutrientes (Cárdenas Henao 2017).

Estudios llevados a cabo por Lücking et al. (2008, 2017), han demostrado que los líquenes folícolas responden de manera específica a diferentes niveles de fragmentación o alteración del medio ambiente. Esto los convierte en bioindicadores altamente sensibles para evaluar la salud y la integridad de los ecosistemas en paisajes fragmentados o afectados por actividades humanas. También son utilizados para monitorear la calidad del aire en áreas urbanas y rurales, así como en regiones industrializadas, convirtiéndose en valiosos marcadores de las tendencias climáticas y los eventos extremos relacionados con el cambio climático (Paoli et al. 2015). En el área de la agricultura, los líquenes son utilizados como bioindicadores por su capacidad bioacumulativa de agroquímicos y otras sustancias tóxicas en sus tejidos biológicos (Augusto et al. 2010; Gómez et al. 2013; Paoli et al. 2015).

La deforestación y otras actividades humanas son amenazas sobre las poblaciones naturales de líquenes y otras especies (Jaime and J. Orlando 2007) , llevando así a los ecosistemas forestales hacia un paisaje altamente fragmentado. La pérdida de bosques, el aumento del aislamiento en remanentes forestales, la reducción del tamaño de los parches restantes y la proliferación de hábitats de borde pueden tener consecuencias significativas para la biodiversidad en general (Palharini et al. 2020) y particularmente para los líquenes folícolas que dependen de la biodiversidad forestal.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la diversidad y morfología de los líquenes folícolas en la comunidad A'i Cofán Dureno, tanto en bosques no intervenidos (BNI) como en bosques intervenidos (BI), con el fin de observar cómo los cambios ambientales y antropogénicos afectan su diversidad. Como resultado de este trabajo, se espera producir una guía ilustrada de líquenes folícolas en un bosque siempre verde de tierras bajas en el cantón de Lago Agrio.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

La comunidad A´i Cofán Dureno se divide en cinco centros poblados; *Uperito, Ukawati, Pisurie Kanke, Bavure*, El estudio se llevó a cabo en *Pisurie* (Centro Dureno) específicamente en los bosques intervenidos (BI) y no intervenidos (BNI o bosque primario). Esta área, está ubicada a 23 km al este de la ciudad de Lago Agrio, a lo largo de las riberas del río Aguarico, en dirección a la vía Tarapoa **Figura 1**.

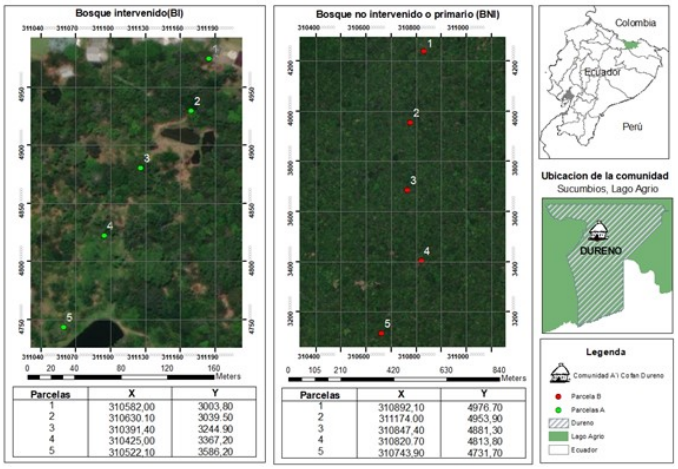

Figura 1 | Distribución geográfica de las parcelas dentro de la comunidad (A) Bosque intervenido, (B) Bosque no intervenido.

La comunidad tiene una superficie de 9.571 hectáreas de propiedad colectiva, cubriendo una parte de Bosque Siempre verde de Tierras Bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá, donde abundan especies arbustivas y epífitas (MAE 2012), todos los cuerpos de agua que atraviesan el territorio Cofán Dureno desembocan en el río Aguas blancas, Cuyabeno, Teteye, Pisurie, afluente del rio Aguarico y Napo (Borman et al. 2007; Lagos Vigueras 2018). La comunidad se encuentra localizada en Lat. (0°2.76991'N) y Long. (76°41.79018'W), tiene temperaturas de 25° a 35°C, humedad relativa de 80% entre 261 – 309 msnm y precipitación de 3.600 (Borman et al. 2007).

2.2. Diseño y colección de datos

El muestreo se realizó en dos tipos de bosques: intervenidos (BI) y no intervenidos (BNI), donde se trazaron 5 puntos (parcelas) de muestreo por cada tipo bosque (Lücking 1999b). Con la ayuda de un GPS móvil y un guía local **Figura 1**, se delimitaron las parcelas de 10 x 10m, separadas por una distancia aproximada de 100 metros entre cada punto de muestreo (Benitez 2016), lo que resultó un recorrido total de 1100 metros en los bosques.

Dentro de las parcelas se colectaron al azar 10 hojas de plantas, considerando aquellas con una altura máxima de 2 metros como forófitos (Mateus 2011). Con la ayuda de una malla plástica de 10 x 10 cm, dividida en cuadrículas de 1 cm, se calculó el porcentaje de colonización de los líquenes folícolas **Figura 2**. Se clasificó las hojas según la parcela designada, las mismas que fueron geo referenciadas por parcelas, junto con otros datos como Canopy cover (*cobertura del dosel*) y tipo de bosque (Ochoa et al. 2015). La cobertura del dosel fue obtenida según la intensidad de la luz en las parcelas, para esto se tomó una foto en cada parcela de abajo hacia arriba con el software Canopy cover (Anexo 2, Figura 10; Frazer et al., 2000).

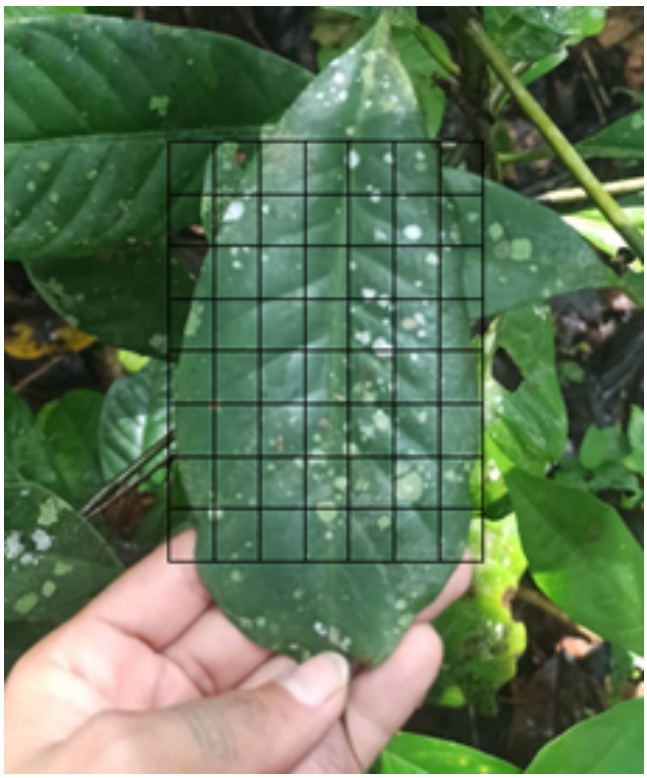

Figura 2 | Representación del porcentaje de líquenes folícolas para cada una de las hojas (malla de 10X10)

2.2.1. dentificación taxonómica

Cada espécimen de hojas colectadas se trasladó al laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica Sede Sucumbíos para su estudio Anexo 2 Figura 9. Se realizó una revisión bibliográfica para la descripción de morfología y la identificación de familias de líquenes folícolas utilizando claves taxonómicas (Cornelissen and Steege 1989; Komposch and Hafellner 2014; Lücking 1999b; Soto and Bolaños 2011), con las características morfológicas observadas en el estereomicroscopio y microscopio. Se usaron bases de datos confiables como GBIF, (2023) para determinar las especies de líquenes. Después de la identificación se calculó el porcentaje de liquen en la hoja por especie, utilizando la malla de 10x10.

2.3. Análisis estadístico

Para evaluar la eficacia del esfuerzo de muestreo, se realizaron curvas de acumulación de especies de líquenes folícolas y se determinó el estimador no paramétrico Chao2 utilizando EstimatesWin800 (Colwell 2019; González et al. 2010; Pérez-Quintero and Cerón 2009).

Se realizaron análisis de riqueza, abundancia (empleando la cobertura de cada especie por género y familia como un indicador expresado en porcentaje) y diversidad, para ello se evalúa la diversidad alfa de líquenes folícolas por tipo de bosque (López and Duque 2010). Los índices de diversidad de Shannon fueron calculados utilizando Rstudio v 4.2.2. Se realizó una prueba Kruskal-Wallis para determinar homologías entre los sitios de muestreo utilizando PAST versión 1.74 (Hammer, Harper, and Ryan 2013). Se realizó un análisis de ordenamiento de Correspondencia Canónica (CCA) aplicando los valores de abundancia, utilizando la distancia de Bray-Curtis según lo recomendado por Borcard et al. (2011). Este análisis permitió visualizar la composición de especies, ayudando a determinar si existen patrones de agrupamiento de especies en relación con la variable Canopy Cover.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

Se registraron un total de 118 especies de líquenes folícolas en 92 hojas en 10 parcelas, distribuidas en dos tipos de bosques: Intervenido (BI) y no intervenido (BNI). Se logró identificar 112 especies pertenecen a 35 géneros y 16 familias en BNI, mientras que en BI se identificó 15 familias véase Anexo 3 en la comunidad A´i Cofán Dureno.

El valor máximo de riqueza esperada (117 especies) fue calculado con el estimador no paramétrico Chao2 **Figura 3,** es decir, se logró captar la mayoría de las especies de líquenes presentes con el esfuerzo de muestreo realizado. El aumentar las muestras de hojas tendría un impacto mínimo en el cálculo de la riqueza de especies estimada por tipo de bosque.

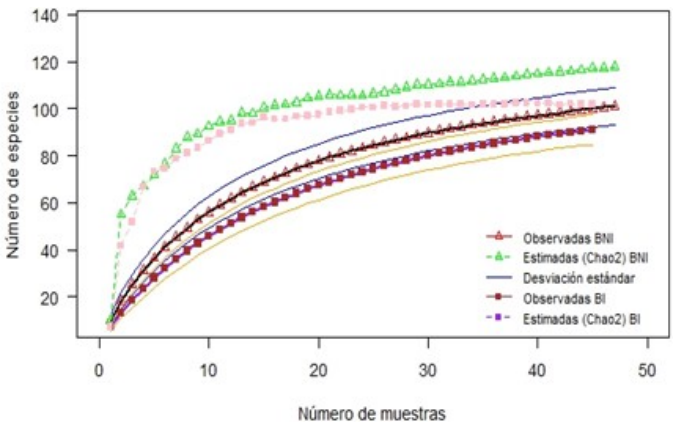

Figura 3 | Curva de acumulación de especies en los dos tipos de bosques dentro de la comunidad.

3.1.1.Diversidad alfa

La familia más abundante en ambos tipos de bosques fue Gomphillaceae, con 608 individuos representando el 24,1% en BNI y 341 individuos representando el 23% en BI. Seguidas de la familia Porinaceae, que mostró una abundancia de 504 individuos en BNI y 269 individuos en BI, con el 19,9% y el 18,1%, respectivamente. Asimismo, Arthoniaceae con 338 individuos en BNI y 261 individuos en BI, con el 13,4% y el 17,6%, y Strigulaceae se destacó con 325 individuos en BNI y 154 individuos en BI, con el 12,9% y el 10,4%, respectivamente **Figura 4**.

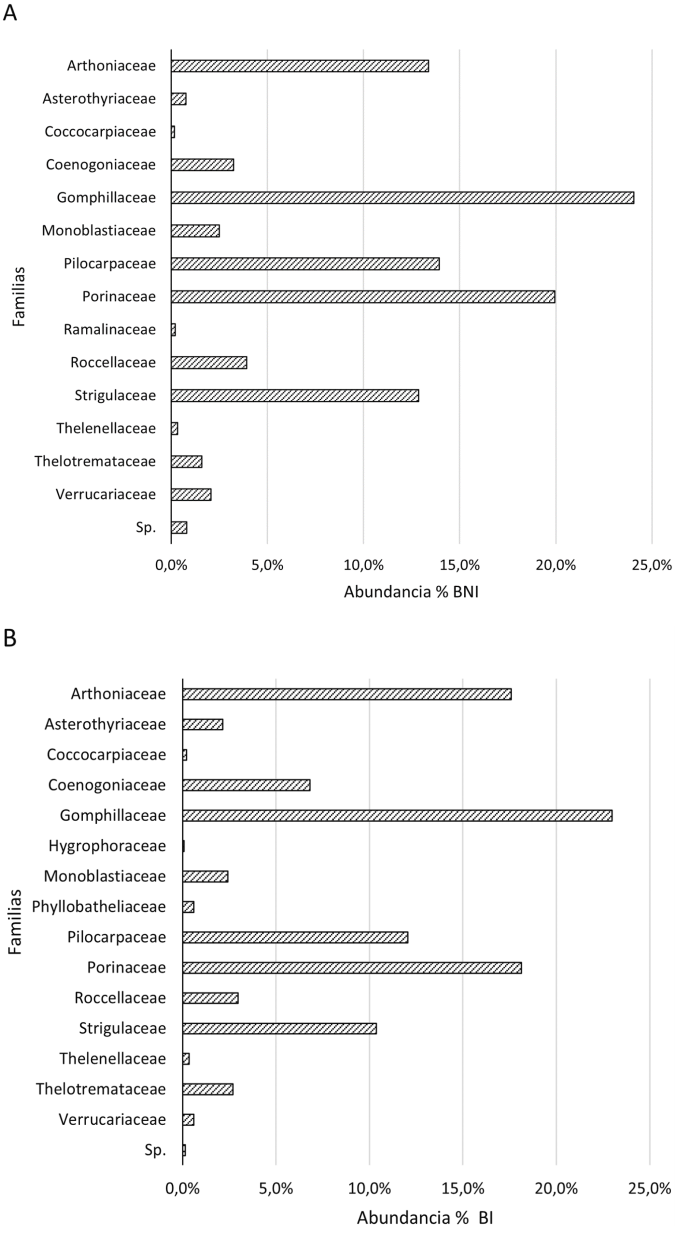

Figura 4 | Abundancia de familias identificadas en los dos tipos de bosques; (A) bosque no intervenido (B) bosque intervenido.

En ambos bosques, el género más abundante fue el genero *Porina*, con una presencia de 489 individuos en BNI y 259 individuos en BI, representando el 19,4% y el 17,4%, respectivamente. Seguidas de *Aulaxina*, con 282 individuos en BNI y 82 individuos en BI (11,2% y 5,5%, respectivamente), y *Strigula*, que presentó 279 individuos en BNI y 130 individuos en BI (11,0% y 8,7%, respectivamente). Otros géneros incluyen *Tricharia*, *Sporopodium*, *Gyalectidium*, *Coenogonium* y *Arthonia*, cada uno con patrones específicos de abundancia en ambos tipos de bosques **Figura 5**.

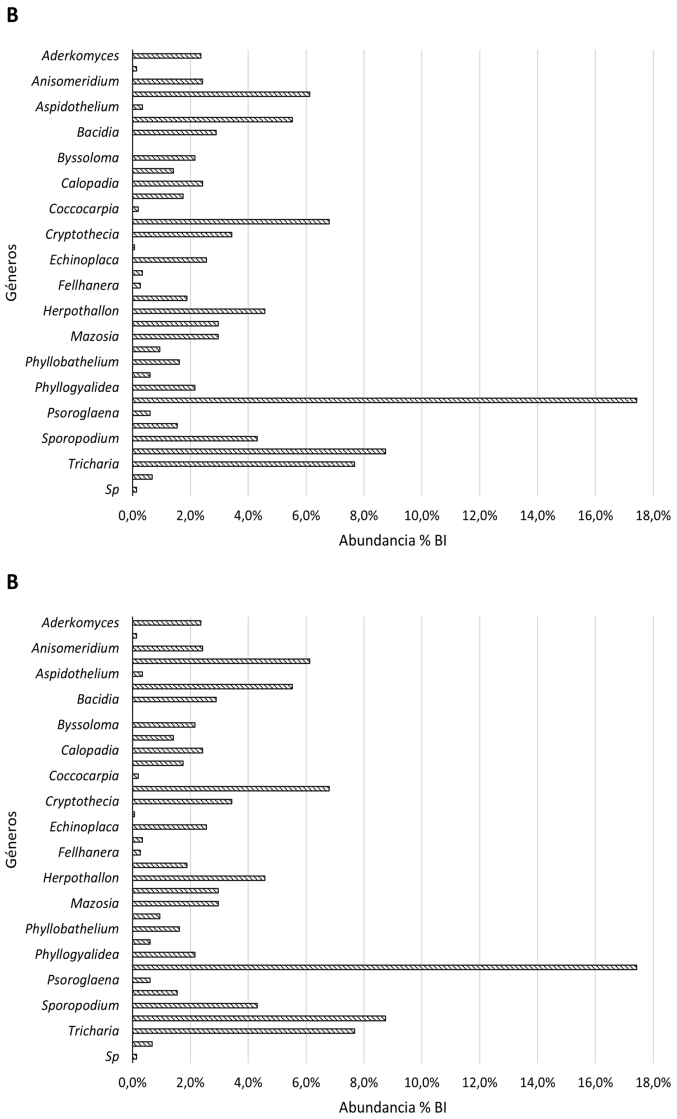

Figura 5 | Abundancia de géneros identificados en los dos tipos de bosques; (A) bosque no intervenido (B) bosque intervenido

En relación con la riqueza, se observó que en el bosque intervenido (BI) existió una variación de 3 a 23 especies líquenes folícolas por hoja, con una media de 14 especies, entre 109 especies observadas Mientras que en el bosque no intervenido (BNI), la riqueza por hoja varió de 4 a 26 especies, con una media de 15 especies de líquenes en 97 especies observadas en este bosque **Figura 6**. El valor *P (p-value)* de la prueba de Kruskal-Wallis fue de 0,08348. Además, los valores de las estadísticas de prueba *H (chi2)* y *Hc (tie corrected)* fueron de 2,972 y 2,996 respectivamente, lo que significa que no hay una diferencia significativa entre las medianas de las muestras de líquenes folícolas en esos dos tipos de bosques.

El índice de Shannon-Weaver determinó que, no hay grandes variaciones o fluctuaciones notables en la diversidad entre las muestras de líquenes folícolas en los bosques de estudio, donde la variabilidad total de la diversidad de las muestras es baja 1.677en el BI, en comparación con el BNI con 1. 931.

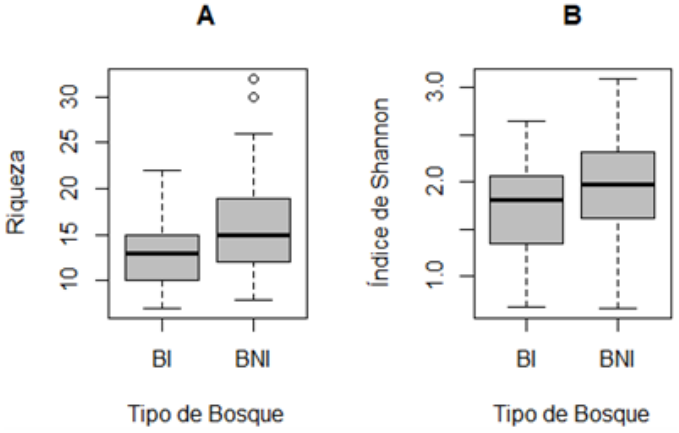

Figura 6 | Diagrama de cajas (A) la riqueza de líquenes folícolas, (B) Índice de Shannon por tipo de bosque no intervenida (BNI) y bosque intervenido (BI)

Diversidad Beta

El análisis CCA reveló que las variables Çanopy cover"(Cobertura del dosel) tienen una influencia significativa en la ordenación de los datos. La variable Çanopy cover"mostró una alta influencia y varianza en la dirección del eje horizontal (CCA1), lo que sugiere que la variabilidad en la cobertura del dosel tiene un impacto en la distribución de las muestras en el espacio reducido. Por otro lado, el índice de Shannon se representó mediante un vector vertical muy corto, lo que indica que su influencia y varianza en la dirección del eje vertical (CCA2) son limitadas como se muestra la **Figura 7**.

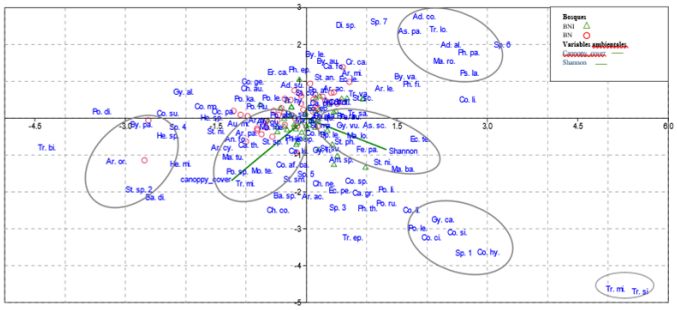

Figura 7 | Análisis de Correspondencia Canónica entre variables biológicas y variables ambientales dentro de los bosques BNI y BI

Aderkomyces albostrigosus → Ad. al.; *Aderkomyces couepiae* → Ad. co.; *Aderkomyces subalbostrigosus* → Ad. su.; *Amazonomyces sp.* → Am. sp.; *Anisomeridium foliicola* → An. fo.; *Anisomeridium guttuliferum* → An. gu.; *Arthonia accolens* → Ar. ac.; *Arthonia aciniformis* → Ar. ac.; *Arthonia cyanea* → Ar. cy.; *Arthonia leptosperma* → Ar. le.; *Arthonia mira* → Ar. mi.; *Arthonia orbygniae* → Ar. or.; *Arthonia palmulacea* → Ar. pa.; *Arthonia trilocularis* → Ar. tr.; *Aspidothelium papillicarpum* → As. pa.; *Aspidothelium scutellicarpum* → As. sc.; *Aulaxina intermedia* → Au. in.; *Aulaxina minuta* → Au. mi.; *Aulaxina quadrangula* → Au. qu.; *Bacidia sp.* → Ba. sp.; *Badimia dimidiata* → Ba. di.; *Badimia pallidula* → Ba. pa.; *Byssolecania pallidula* → By. pa.; *Byssolecania variabilis* → By. va.; *Byssoloma aurantiacum* → By. au.; *Byssoloma leucoblepharum* → By. le.; *Calenia graphidea* → Ca. gr.; *Calenia lueckingii* → Ca. lu.; *Calenia thelotremella* → Ca. th.; *Calopadia foliicola* → Ca. fo.; *Calopadia phyllogena* → Ca. ph.; *Chroodiscus australiensis* → Ch. au.; *Chroodiscus coccineus* → Ch. co.; *Chroodiscus neotropicus* → Ch. ne.; *Coccocarpia sp.* → Co. sp.; *Coenogonium aff. barbatum* → Co. af. ba.; *Coenogonium ciliatum* → Co. ci.; *Coenogonium dilucidum* → Co. di.; *Coenogonium geralense* → Co. ge.; *Coenogonium hypophyllum* → Co. hy.; *Coenogonium linkii* → Co. li.; *Coenogonium lisowskii* → Co. li.; *Coenogonium minimium* → Co. mi.; *Coenogonium moniliforme* → Co. mo.; *Coenogonium siquirrense* → Co. si.; *Coenogonium subluteum* → Co. su.; *Cryptothecia filicina* → Cr. fi.; *Cryptothecia candida* → Cr. ca.; *Dictyonema sp.* → Di. sp.; *Echinoplaca epiphylla* → Ec. ep.; *Echinoplaca leucotrichoides* → Ec. le.; *Echinoplaca pellicula* → Ec. pe.; *Echinoplaca tetrapla* → Ec. te.; *Eremothecella calamicola* → Er. ca.; *Fellhanera pauciseptata* → Fe. pa.; *Fellhanera sublecanorina* → Fe. su.; *Gyalectidium caucasicum* → Gy. ca.; *Gyalectidium filicinum* → Gy. fi.; *Gyalideopsis albopruinosa* → Gy. al.; *Gyalideopsis vulgaris* → Gy. vu.; *Herpothallon minimum* → He. mi.; *Herpothallon sp.* → He. sp.; *Heterodermia sp.* → Het. sp.; *Heterodermia speciosa* → He. sp.; *Mazosia rotula* → Ma. ro.; *Mazosia bambusae* → Ma. ba.; *Mazosia dispersa* → Ma. di.; *Mazosia longispora* → Ma. lo.; *Mazosia melanophthalma* → Ma. me.; *Mazosia tumidula* → Ma. tu.; *Mozosia tenuissima* → Mo. te.; *Ocellularia papillata* → Oc. pa.; *Phyllobathelium firmun* → Ph. fi.; *Phyllobathelium leguminosae* → Ph. le.; *Phyllobathelium thaxteri* → Ph. th.; *Phyllocratera papuana* → Ph. pa.; *Phyllogyalidea epiphylla* → Ph. ep.; *Porina alba* → Po. al.; *Porina atrocoerulea* → Po. at.; *Porina distans* → Po. di.; *Porina karnatakensis* → Po. ka.; *Porina leptosperma* → Po. le.; *Porina leptospermoides* → Po. le.; *Porina limbulata* → Po. li.; *Porina radiata* → Po. ra.; *Porina rubrosphaera* → Po. ru.; *Porina rufula* → Po. ru.; *Porina sp.* → Po. sp.; *Psoroglaena laevigata* → Ps. la.; *Rubrotricha subhelminthospora* → Ru. su.; *Sporopodium leprieurii* → Sp. le.; *Strigula antillarum* → St. an.; *Strigula concreta* → St. co.; *Strigula maculata* → St. ma.; Strigula nigrocarpa → St. ni.; *Strigula nitidula* → St. ni.; *Strigula phyllogena* → St. ph.; *Strigula platypoda* → St. pl.; *Strigula schizospora* → St. sc.; *Strigula smaragdula* → St. sm.; *Strigula sp. 2* → St. sp. 2; *Strigula sp. 1* → St. sp. 1; *Strigula subtilissima* → St. su.; *Tricharia hyalina* → Tr. hy.; *Tricharia longispora* → Tr. lo.; *Tricharia santessonii* → Tr. sa.; *Tricharia vainioi* → Tr. va.; *Trichothelium bipindense* → Tr. bi.; *Trichothelium epiphyllum* → Tr. ep.; *Trichothelium minus* → Tr. mi.; *Trichothelium minutum* → Tr. mi.; *Trichothelium sipmanii* → Tr. si.

A través de las permutaciones el valor *p* de cada dimensión canónica indica que la variable Canopy cover es de 0,637; que indica que no es estadísticamente significativo. Sin embargo, el valor *p* para Shannon es de 0,019: lo que sugiere que esta dimensión es estadísticamente significativa a un nivel de significancia convencional (por ejemplo, 0.05).

3.1.3. Morfología

Se observaron diferencias de variaciones en la estructura y características de los apotecios. Por ejemplo, en Arthoniaceae, los apotecios son adnados emarginados, con un excípulo poco desarrollado y ascas clavadas a globosas, portando ascosporas septadas macrocefálicas. Roccellaceae presenta apotecios inmersos-erupentes hasta sésiles, con márgenes talinos redondeados y/o un excípulo bien desarrollado que alberga ascas fisitunicadas, clavadas a cilíndricas, con as-

cosporas frecuentemente fusiformes, septadas a muriformes. La diversidad continúa con Pilocarpaceae, que exhibe apotecios de adnados a sésiles, con ascas clavadas a cilíndricas y una gama variable de esporas por asca, que pueden carecer de septos o adoptar una forma muriforme Anexo 3. Cada familia presenta características únicas en sus estructuras, revelando la riqueza y diversidad morfológica dentro del grupo de los líquenes en la comunidad A'i Cofan Dureno, por otro lado, la familia Coccocarpiaceae, demuestran algunas características morfológicas adaptativas, como el color de los cuerpos fructíferos Anexo 3.

3.2. Discusión

Los resultados obtenidos revelan una rica diversidad de líquenes folícolas en la comunidad A'i Cofán Dureno. La utilización del estimador Chao 2 respalda la solidez de los resultados y sugiere que el aumento en el número de muestras tendría un impacto mínimo en la estimación ambos tipos de bosques, decir que al aumentar una muestra de hoja al estudio se podrá encontrar a misma diversidad especifica ya muestreada. Al comparar estos hallazgos con otros estudios, tales como los de Lücking, (1999, 2008); Lücking et al., (1998); Mateus, (2011); Déleg et al. (2021), realizados en diversas áreas de la región de América Latina, se evidencia una notable diferencia en la diversidad de líquenes folícolas. Donde encontraron 232 especies en la "Estación Biológica Jatun Sacha" en Napo, Ecuador, 280 especies en la "Estación Biológica La Selva" en Costa Rica y 114 especies en Colombia en la estación Ambiental Tutunendo (EAT). Estas diferencias pueden deberse a la heterogeneidad de los hábitats entre diferentes áreas geográficas objeto de los mencionados estudios. Además, ciertas especies pueden ocupar nichos ecológicos específicos, mientras que otras podrían no hacerlo debido a las diferentes tolerancias a las perturbaciones ambientales y antropogénicas (S. García 2016).Un ejemplo destacado de esta dinámica se observa en los géneros *Phyllocratera* y *Aderkomyces* en BNI, así como en *Byssolecania* en BI. Este fenómeno sugiere una conexión crucial entre la ecología de los líquenes folícolas y la variabilidad ambiental.

En cuanto a las variaciones en la riqueza por hoja y el índice de Shannon-Weaver entre bosques intervenidos (BI) y no intervenidos (BNI), estas no fueron estadísticamente significativas, los valores relativamente más bajos en BNI (1.931) y BI (1.677) contrastan con los hallazgos de Salavarría (2017), quien reportó mayor riqueza en bosques intervenidos, posiblemente debido a una mayor exposición solar en la cobertura del dosel, lo que estaría relacionado con factores como deforestación, influencia de sombras, disminución de humedad y el tipo de forófitos (S. García 2016; Kranner, Pichler, and Grube 2022). Por otro lado, Nagua (2017) destaca que los líquenes requieren una mayor retención de humedad para hidratar sus talos, en contraste con especies menos sensibles que solo necesitan la humedad ambiental (Cajas and María 2017; Kranner et al. 2008). Los hallazgos de este estudio respaldan la idea planteada por Barreno and Perez (2003), quienes sugieren que los líquenes, que requieren condiciones más favorables de luz, enfrentan dificultades en su desarrollo en bosques con baja presencia de luz solar. Esta concordancia se refleja en las variaciones observadas en este estudio en la estructura y características de los apotecios, destacados órganos reproductores en estos organismos. Por ejemplo, esta adaptación se evidenció en la familia Coccocarpiaceae, la cual muestra características morfológicas adaptativas, como el color de los cuerpos fructíferos que favorecen la absorción de la intensidad de luz solar (ver Anexo 3). Esta adaptación podría considerarse como una medida de protección contra las irradiaciones solares en los diferentes tipos de bosques, respaldando la idea de Lücking (1999c). La coexistencia de especies en diversos bosques podría atribuirse a la capacidad de ciertos líquenes folícolas para adaptarse y colonizar diferentes hábitats dentro del área de estudio.

Las diferencias en la riqueza y el índice de Shannon-Weaver entre los bosques intervenidos y no intervenidos sugieren la posible influencia de la exposición solar. Los bosques no intervenidos muestran una mayor riqueza, lo que podría indicar la influencia de variables ambientales no estudiadas, como la humedad y la influencia de la sombra. Sugeriendo una amplia gama de adaptaciones a las condiciones ambientales en el desarrollo de las comunidades de líquenes en bosques con baja presencia de luz solar. El análisis de CCA ha identificado la influencia de "Canopy cover" en la distribución de las muestras, destacando la importancia de factores ambientales como la cantidad de luz en la ecología de líquenes folícolas.

4. Conclusiones

En el presente estudio se observó una notable diversidad de líquenes folícolas en la comunidad, a través del muestreo de 118 especies en 92 hojas de dos tipos de bosque seleccionados aleatoriamente. De estas especies, se logró identificar 112 tipos de líquenes folícolas, lo que proporcionó una visión detallada de la riqueza y morfología liquénica en esta área. Se destacó la importancia de ciertas familias y géneros, como *Gomphillaceae* y *Porina*, subrayando su contribución significativa a la composición líquenica de la comunidad estudiada.

A través de la identificación se logró realizar la primera guía ilustrada de líquenes folícolas en un bosque siempre verde de tierras bajas en el cantón de Lago Agrio (Anexo 3). Esta guía no solo contribuirá al conocimiento científico, sino que también será una herramienta valiosa para la identificación y sensibilización en el ámbito local.

El estudio resalta la carencia de investigaciones sobre líquenes folícolas en las tierras bajas, como evidenciado por las revisiones bibliográficas realizadas. La ausencia de estudios recientes subraya la necesidad de investigaciones actualizadas para comprender plenamente la diversidad y el papel ecológico de estos organismos en los ecosistemas. La dependencia de bibliografía antigua, con más de 20 años, subraya la urgencia de nuevos estudios para abordar las lagunas de conocimiento y actualizar nuestra comprensión de estos sistemas biológicos en evolución.

Contribuciones de los autores

Mario Joel Castillo González: Adquisición y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Alex Renato Santillán Sarmiento: Concepción del trabbajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

Aptroot, André, and Laurens B. Sparrius. 2008. “Crustose Roccellaceae in the Galapagos Islands, with the New Species Schismatomma Spierii.” *Bryologist* 111 (4): 659–66. https://doi.org/10.1639/0007-2745-111.4.659.

Augusto, Sofia, Cristina Máguas, João Matos, Maria João Pereira, and Cristina Branquinho. 2010. “Lichens as an Integrating Tool for Monitoring PAH Atmospheric Deposition: A Comparison with Soil, Air and Pine Needles.” *Environmental Pollution* 158 (2): 483–89. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.08.016.

Barreno, Eva, and Sergio Perez. 2003. “Líquenes de La Reserva Natural Integral de Muniellos,” no. 1: 1–14.

Benitez. 2016. “Efectos de La Alteración Antrópica En Bosques Tropicales Sobre La Diversidad de Organismos Epífitos (Líquenes y Briófitos).” *In Repositorio BURJC Digital*. http://hdl.handle.net/10115/14242.

Benítez, Ángel, Darío Cruz, Marlon Vega, Leonardo González, Nelson Jaramillo, Fausto López, and Zhofre Aguirre. 2021. “Briófitos y Hongos (Liquenizados y No Liquenizados) Del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador.” *Bosques Latitud Cero* 11 (2): 1–18. https://doi.org/10.54753/blc.v11i2.1102.

Benitez, Angel, and S. Robbert Gradstein. 2011. “Adiciones a La Flora De Briófitas Del Ecuador.” *Cryptogamie, Bryologie* 32 (1): 65–74. http://www.biodiversitylibrary.org/item/141621.

Benýtez, A., M. Prieto, and G. Aragon. 2014. “Large Trees and Dense Canopies: Key Factors for Maintaining High Epiphytic Diversity on Trunk Bases (Bryophytes and Lichens) in Tropical Montane Forests.” *Forestry* 88 (5): 521–27. https://doi.org/10.1093/forestry/cpv022.

Borman, Randall, Corine Vriesendorp, William S. Alverson, Debra K. Moskovits, Douglas F. Stotz, and Álvaro del Campo. 2007. *Ecuador: Territorio Cofan Dureno. Rapid Biological Inventories Report 19*.

Borcard, Daniel, François Gillet, and Pierre Legendre. 2011. "Numerical ecology with R". Vol. 2. New York: springer.

Bungartz, Frank, Frauke Ziemmeck, Alba Yánez Ayabaca, Fredy Nugra, and André Aptroot. 2011. “CDF Checklist of Galapagos Lichenized Fungi” 726: 1–81.

Bustamante, Andrea, Elizabeth Gusmán, and Angel Benitez. 2018. “Primeros Registros de Los Géneros Phyllopeltula y Reimnitzia (Líquenes Epífitos) Para El Ecuador.” *Gayana. Botánica* 75 (1): 535–38. https://doi.org/10.4067/s0717-66432018000100535.

Brodo I.M., Sharnoff S.D . y Sharnoff S. 2001. "Lichen of North America". Primera edición. New Heaven and London: Yale University Press.

Cajas, Cedeño, and Eugenia María. 2017. “Diversidad de Líquenes y Briófitos Terrestres En Dos Tipos de Bosques Del Refugio de Vida Silvestre Pasochoa.”

Carballal, Regina, Casares Porcel, Gutierrez L., and Garcia Rowe. 2006. *Introducción a Los Líquenes*.

Cárdenas Henao, Linda Mariana. 2017. “Hongo Liquenizados: Adaptaciones y Estrategias Ecologicas.”

Cevallos Solórzano, G. 2012. Çhecklist de líquenes y hongos liquenícolas de Ecuador Continental"(Master’s thesis, Universidad Rey Juan Carlos/2012).

Colwell, Robert K. 2019. “EstimateS: Biodiversity Estimation.” http://viceroy.colorado.edu/estimates/.

Cornelissen, J. H.C., and H. Ter Steege. 1989. “Distribution and Ecology of Epiphytic Bryophytes and Lichens in Dry Evergreen Forest of Guyana.” *Journal of Tropical Ecology* 5 (2): 131–50. https://doi.org/10.1017/S0266467400003400.

Déleg, Jorge, S Robbert Gradstein, Gregorio Aragón, Paolo Giordani, and Ángel Benítez. 2021. “Cryptogamic Epiphytes as Indicators of Successional Changes in Megadiverse Lowland Rain Forests of Western Amazonia.” *Ecological Indicators* 129. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107890.

Estrabou, Cecilia. 2007. “Preferencia de Forofito Por Los Líquenes En El Bosque Chaqueño Oriental.” *Bosque* 28 (1): 46–49. https://doi.org/10.4067/s0717-92002007000100007.

García, Renato. 2017. “Constribucion Al Estudio de La Liquenobita Del Patrimonio Edilico de La Provincia de Buenos Aires (Atgentina).” Universidad Nacional de la Plata.

García, Stevens. 2016. “Briófitos y Líquenes: Una Contribución a La Biota Del Bosque Seco Tropical, Subregión Montes de María (Sucre-Colombia),” 1–85. https://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/960.

Gómez, Henry, Raiza Fernández, Zully Benzo, Federico Galarraga, Jesús Hernández, and Antonio Roschman-González. 2013. “Líquenes Como Biomonitores de La Contaminación Atmosférica Por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) - Revisión.” *Revista de La Facultad de Ingenieria* 28 (1): 45–58.

Gomez, Shirley Pamela. 2022. “Uso de Líquenes Como Bioindicadores de Contaminación Por Agroquímicos En La Parroquia La Pila.” UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ.

González, J. Antonio, Carlos Garbisu, Sorkunde Mendarte,

Ainhoa Ibarra, and Isabel Albizu. 2010. “Assessing the Performance of Nonparametric Estimators of Species Richness in Meadows.” *Biodiversity and Conservation* 19 (5): 1417–36. https://doi.org/10.1007/s10531-009-9770-8.

Hammer, Øyvind, David Harper, and Paul Ryan. 2013. “PAST: PALEONTOLOGICAL STATISTICS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND DATA ANALYSIS.” *Current Science* 105 (10): 1352–57.

Haiffter, G., Soberon, J., Koleff, P. y Melic, A. 2005. "Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma". Monografias 3ercer Milenio, 4. 242

Hale Mason. 1983. "The biology of lichens". London, Edward Arnold. 181p.

Hawksworth DL 1994. "Lichen-inhabiting fungi: a fascinating little- explored ecological niche". In: Hennebert GL (ed) Aspects of African mycology: proceedings of the first regional conference on mycology in Africa. International Mycological Association, Louvain-la-Neuve, pp 69–75

Heredia, Gabriela. 2020. “La Importancia de Los Hongos (Fungi) En Los Servicios Ecosistémicos.” *Bioagro Ciencia* 13 (2): 98–108.

Hernández, Yolanda, Antonio Díaz, and Jorge G. Rowe. 1998. “Distribución de Los Macrolíquenes Corticícolas y Su Relación Con La Vegetación En El Parque Natural de Los Alcornocales (Cádiz, S de España).” *Acta Botanica Malacitana* 23: 43–50. https://doi.org/10.24310/abm.v23i0.8549.

Jaime, Aguirrie C., and R Angel J. Orlando. 2007. “Amenazas a La Conservación de Las Especies de Musgos y Líquenes En Colombia -Una Aproximación Inicial- Threats to Conservation of Mosses an Lichens Species from Colombia -a Preliminary Approach-” 29 (2): 235–62.

Komposch, Harald, and Josef Hafellner. 2014. “Marie Selby Botanical Gardens , Inc Diversity and Vertical Distribution of Lichens in a Venezuelan Tropical Lowland Rain Forest” 21 (1): 11–24.

Kranner, Ilse, Richard Beckett, Ayala Hochman, and Thomas H. Nash. 2008. “Desiccation-Tolerance in Lichens: A Review.” *Bryologist* 111 (4): 576–93. https://doi.org/10.1639/0007-2745-111.4.576.

Kranner, Ilse, Gregor Pichler, and Martin Grube. 2022. “The Lichen Market Place.” *New Phytologist* 234 (5): 1541–43. https://doi.org/10.1111/nph.18130.

Kumelachew, Yeshitela. 2008. “EFFECTS OF ANTHROPOGENIC DISTURBANCE ON THE DIVERSITY OF FOLIICOLOUS LICHENS IN TROPICAL RAINFORESTS OF EAST AFRICA : In Memory of My Late Mother Bekelech Cheru.” *Africa*, no. April 1965.

Lagos Vigueras, Pablo Francisco. 2018. “Desarrollo, Etnicidad y Territorio: El Caso de La Comunidad A´i Cofán Dureno Frente Al Extractivismo Petrolero En Sucumbíos, Ecuador.” http://hdl.handle.net/10469/14014.

León-Yánez, Susana, S R Gradstein, and C Wegner. 2006. “Catálogo de Hepáticas (Marchantiophyta) y Antoceros (Anthocerotophyta) Del Ecuador,” no. August 2017: 117.

Lijteroff, Rubén, Luis Lima, and Betzabé Prieri. 2009. “Uso de Líquenes Como Bioindicadores de Contaminación Atmosférica En La Ciudad de San Luis, Argentina.” *Rev. Int. Contam. Ambient* 25 (2): 111–20.

López, Wilson, and Álvaro Duque. 2010. “Patrones de Diversidad Alfa En Tres Fragmentos de Bosques Montanos En La Región Norte de Los Andes, Colombia.” *Revista de Biologia Tropical* 58 (1): 483–98. https://doi.org/10.15517/rbt.v58i1.5223.

Lücking, Robert. 1999a. “Ecology of Foliicolous Lichens at the ‘Botarrama’ Trail (Costa Rica), a Neotropical Rain Forest. III. Phorophyte Ranges and Patterns of Phorophyte Preferences.” *Phyton - Annales Rei Botanicae* 38 (1): 195–219.

1999. “Foliicolous Lichens and Their Lichenicolous Fungi from Ecuador, with a Comparison of Lowland and Montane Rain Forest.” *Willdenowia* 29 (1–2): 299–335. https://doi.org/10.3372/wi.29.2924.

1999. “Líquenes Folícolas de La Estación Biológica La Selva, Costa Rica: Inventario, Comunidades y Comparación Florística de Tipos de Vegetación.” *Revista de Biologia Tropical* 47 (3): 287–308. https://doi.org/10.15517/rbt.v47i3.19079.

2008. “Foliicolous Lichens as Model Organisms to Study Tropical Rainforest Ecology: Background, Data, and Protocols.” *Sauteria* 15: 335–62.

Lücking, Robert, José Luis Chaves, Harrie J. M. Sipman, Loengrin Umaña, and André Aptroot. 2008. “A First Assessment of the Ticolichen Biodiversity Inventory in Costa Rica: The Genus Graphis, with Notes on the Genus Hemithecium (Ascomycota: Ostropales: Graphidaceae).” *Fieldiana Botany* 46: 1–126. https://doi.org/10.3158/0015-0746(2008)46[1:afaott]2.0.co;2.

Lücking, Robert, Manuela Dal Forno, Bibiana Moncada, Luis Fernando Coca, Leidy Yasmín Vargas-Mendoza, André Aptroot, Laura Juliana Arias, et al. 2017. “Turbo-Taxonomy to Assemble a Megadiverse Lichen Genus: Seventy New Species of Cora (Basidiomycota: Agaricales: Hygrophoraceae), Honouring David Leslie Hawksworth’s Seventieth Birthday.” *Fungal Diversity* 84 (1): 139–207. https://doi.org/10.1007/s13225-016-0374-9.

Lücking, Robert, and Matzer Matzer. 2001. “High Foliicolous Lichen Alpha-Diversity on Individual Leaves in Costa Rica and Amazonian Ecuador.” *Entomologia Experimentalis et Applicata* 103 (3): 239–48. https://doi.org/10.1023/A.

Lücking, Robert, Emmanuël Sérusiaux, Leonor C. Maia, and Eugênia C. G. Pereira. 1998. “A Revision of the Names of Foliicolous Lichenized Fungi Published by Batista and Co-Workers Between 1960 and 1975.” *The Lichenologist* 30 (02): 121. https://doi.org/10.1017/s0024282992000124.

MAE. 2012. “Sistema de Clasificación de Los Ecosistemas Del Ecuador Continental MINISTERIO.” *Subsecretaría de Patrimonio Natural*, 186. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf.

Mateus, Nancy. 2011. “Composicion y Riqueza de Los Liquenes Foliícolas de Las Estación Ambiental de Tutunendo (Chocó Biogeográfico),” 120. http://www.bdigital.unal.edu.co/5295/1/luznancymateusvargas.2011.pdf.

Nagua, Ángel Richard. 2017. “Diversidad de Líquenes y Briófitos Epífitos En Los Bosques Montanos de La Subcuenca

Del Río 'Casacay.'" *"Inoculaciòn in Vitro de Hongos Micorricicos (MUCL 46238; MUCL 43204) En Cinchona Officinalis.,"* 1–42.

Nöske, Nicole M., Nicole Mandl, and M. Sipman Harrie J. 2007. "Lichens. Checklist Reserva Biológica San Francisco (Prov. Zamora-Chinchipe, S. Ecuador)," no. May 2014.

Ochoa, Diego A., Anabel Cueva, María Prieto, Gregorio Aragón, and Ángel Benitez. 2015. "Cambios En La Composición de Líquenes Epífitos Relacionados Con La Calidad Del Aire En La Ciudad de Loja (Ecuador)." *Caldasia* 37 (2): 333–43. https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n2.53867.

Palharini, Kelly Maria Zanuzzi, Luciana Cristina Vitorino, Gisele Cristina de Oliveira Menino, and Layara Alexandre Bessa. 2020. "Edge Effects Reflect the Impact of the Agricultural Matrix on the Corticolous Lichens Found in Fragments of Cerrado Savanna in Central Brazil." *Sustainability (Switzerland)* 12 (17). https://doi.org/10.3390/su12177149.

Paoli, Luca, Silvana Munzi, Anna Guttová, Dušan Senko, Giovanni Sardella, and Stefano Loppi. 2015. "Lichens as Suitable Indicators of the Biological Effects of Atmospheric Pollutants around a Municipal Solid Waste Incinerator (S Italy)." *Ecological Indicators* 52: 362–70. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.018.

Pérez-Quintero, Álvaro Luís, and Benicia Watteijne Cerón. 2009. "Estructura de Una Comunidad de Líquenes y Morfologia Del Género Sticta (STICTACEAE) En Un Gradiente Altitudinal." *Acta Biologica Colombiana* 14 (3): 159–72.

Quispe, Katherine, Manuel Ñique, and Edilberto Chuquilin. 2013. "Liquenes Como Bioindicadores de La Calidad Del Aire En La Ciudad de Tingo Maria, Peru." 42 (03): 41–50.

Rosabal, Dania, Ana Rosa Burgaz, and Orlando J. Reyes. 2013. "Substrate Preferences and Phorophyte Specificity of Corticolous Lichens on Five Tree Species of the Montane Rainforest of Gran Piedra, Santiago de Cuba." *Bryologist* 116 (2): 113–21. https://doi.org/10.1639/0007-2745-116.2.113.

Salavarría, Edison. 2017. "Diversidad de Líquenes y Briófitos Epífitos En Bosques Amazónicos de La Provincia de Orellana, Con Diferentes Tipos de Manejo.," 35.

Soto, Edier Alberto, and Ana Cristina Bolaños. 2011. "Diversidad de Líquenes Cortícolas En El Bosque Subandino de La Finca Zíngara (Cali, Valle Del Cauca)." *Revista de Ciencias* 14 (12): 37–44. https://doi.org/10.25100/rc.v14i0.652.

Ulloa, Carmen, Pedro Acevedo-Rodríguez, Stephan Beck, Manuel J. Belgrano, Rodrigo Bernal, Paul E. Berry, Lois Brako, et al. 2017. "An Integrated Assessment of the Vascular Plant Species of the Americas." *Science* 358 (6370): 1614–17. https://doi.org/10.1126/science.aao0398.

Wirth, Volkmar, Ros Rosa, and Werner . Olaf. 2010. "Guia-de-Campo-de-Los-Liquenes-Musgos-y-Hepaticas_1-1-Lichens.Pdf."

Zárate-Arias, Nicolás, Miguel Moreno-Palacios, and Alfredo Torres-Benítez. 2019. "Diversity, Phorophyte Specificity and Microenvironmental Preferences of Corticolous Lichens in a Sub-Andean Forest in the Centro Region of Colombia." *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales* 43 (169): 737–45. https://doi.org/10.18257/raccefyn.886.