UEA Biología Lago Agrio
PrePrint UEA

Sección Biología "El Pangui"
Vol. BLGEP2324. ep20–238

| Recibido: 15/03/2024 |
| Aceptado: 25/06/2024 |
| Publicado: 25/11/2026 |

Estado del conocimiento de la liquenología en Ecuador

State of knowledge of lichenology in Ecuador

Johana Liseth Armijos Gonzalez [1], Marlon Rubén Vega Paccha [1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBLGEP2324ep20-238 Crossref

Resumen

La diversidad de líquenes abarca alrededor de 20 000 especies a nivel mundial, y cumplen funciones en el ciclo del agua y nutrientes en diferentes ecosistemas, así como también brindan refugio y alimento a una variedad de microorganismos. Estos organismos están fuertemente ligados a la humedad, temperatura y disponibilidad de luz de ambientes externos por ello son muy susceptibles a los cambios ambientales y se han usado principalmente como bioindicadores de deforestación y calidad del aire. Se realizó una revisión sistemática en bases de datos regionales y globales, y también en repositorios de instituciones de educación superior relacionada con liquenología en Ecuador. Se analizó mediante estadística descriptiva. Se registró un total 80 artículos de líquenes en Ecuador continental e Insular, siendo el 2013, el año con el mayor número de estudios, en cuanto a trabajos de pregrado y posgrado se registró un total de 54 proyectos de titulación y fue en el año 2017 donde se registró el mayor número de trabajos. Con respecto al grupo de estudio la mayor parte de estudios fueron realizados en líquenes exclusivamente y solo tres estudios en costra biológica; los líquenes epífitos y terrícolas fueron los más estudiados. Las islas Galápagos presentaron el mayor número de investigaciones. Así mismo en los temas ecológicos y moleculares son los que reportaron un mayor número de investigaciones seguido del tema taxonómico y dos estudios en el campo de la fitoquímica. En conclusión, no pudimos encontrar un patrón marcado en cuanto al número de estudios a lo largo del tiempo, sin embargo, los líquenes epífitos fueron los más estudiados en las islas Galápagos. así mismo la temática molecular y ecológica tuvieron igual cantidad de estudios, finalmente nosotros encontramos un solo estudio bajo la temática de genética que se enmarcó a describir nuevas especies.

Palabras clave

líquenes, epífitos, ecología, fitoquímica, técnicas moleculares

Abstract

Lichen diversity encompasses about 20 000 species worldwide, and they play a role in water and nutrient cycling in different ecosystems, as well as providing shelter and food for various species. These organisms are strongly linked to the humidity, temperature and light availability of external environments, so they are very susceptible to environmental changes and have been used mainly as bioindicators of deforestation and air quality. A systematic review was carried out in regional and global databases, and also in repositories of institutions of higher education related to lichenology in Ecuador. Descriptive statistics were used for the analysis. A total of 80 articles on lichens in continental and Insular Ecuador were recorded, being 2013, the year with the highest number of studies, in terms of undergraduate and graduate work a total of 54 degree projects were recorded and it was in 2017 where the highest number of papers was recorded. With respect to the study group most studies were conducted on lichens exclusively and only three studies on biological crusts; epiphytic and terricolous lichens were the most studied. The Galapagos Islands presented the greatest number of studies. Likewise, ecological and molecular topics reported the highest number of studies, followed by taxonomy and two studies in the field of phytochemistry. In conclusion, we could not find a marked pattern in terms of the number of studies over time, however, epiphytic lichens were the most studied in the Galapagos Islands. The molecular and ecological topics had the same number of studies, and finally we found only one study under the topic of genetics, which was framed to describe new species.

Keywords

lichens, epiphytes, ecology, molecular techniques, phytochemistry

Direcciones [1]Universidad Estatal Amazónica. Zamora Chinchipe, Ecuador. Email: jl.armijosg@uea.edu.ec, mr.vegap@uea.edu.ec,

Autor para la correspondencia Johana Liseth Armijos Gonzalez . Universidad Estatal Amazónica. Zamora Chinchipe, Ecuador. Email: jl.armijosg@uea.edu.ec

Cómo citar ARMIJOS GONZALEZ , Johana Liseth , VEGA PACCHA , Marlon Rubén and , 2026. Estado del conocimiento de la liquenología en Ecuador . PrePrint UEA. Vol. BLGEP2324. p. ep20–238. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBLGEP2324ep20-238

Editores Académicos Ginno Andrés Alvarado Avila

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

La diversidad de líquenes abarca alrededor de 20 000 especies a nivel mundial en la actualidad (Feuerer & Hawksworth, 2007), por lo tanto, los líquenes desempeñan roles fundamentales en los ecosistemas, como la fijación de nitrógeno, la retención de agua y la colonización de hábitats extremos, lo que influye en la estabilidad y salud de los ecosistemas (Nöske *et al.,* 2008; Normann *et al.,* 2010); además, brindan refugio y alimento a una variedad de microrganismos, insectos, anfibios, algunos reptiles y aves (Nadkarni & Matelson, 1989; Asplund & Wardle, 2017; Ibañez *et al.,* 2018).

Son organismos poiquilohídricos fuertemente ligados a la

humedad, temperatura y disponibilidad de luz de ambientes externos (Kranner *et al.,* 2008). La presencia, abundancia y diversidad de líquenes son indicadores sensibles de la calidad del aire y del ambiente, lo que los convierte en herramientas útiles para evaluar el impacto de la contaminación y el cambio climático en los ecosistemas (Nöske *et al*., 2008; Benítez *et al.,* 2012; Ochoa-Jimenez *et al.,* 2015; Hauck, 2009).

Por otra parte, las actividades antrópicas producen cambios en el microclima, lo que implica cambios en la diversidad y composición de líquenes (Komposch & Hafellner, 2000). Algunas especies se encuentran exclusivamente en el sotobosque húmedo y sombreado de diferentes ecosistemas (Normann *et al*., 2010; Benítez *et al.,* 2015), y otras se encuentran en las zonas más secas, que corresponden a zonas alteradas (Sillett & Antoine, 2004; Normann *et al*., 2010; Benítez *et al*., 2012). La diversidad forestal, la identidad de la especie del árbol hospedador, el DAP, textura de la corteza y pH también son factores que afectan la diversidad y composición de líquenes (Király & Ódor, 2010; Li *et al.*, 2013; Király *et al*., 2013; Déleg *et al*., 2021; Mezaka *et al*., 2012; Benítez *et al.,* 2015; Cáceres *et al*., 2007; Benítez *et al*., 2019a; Mistry & Berardi, 2005).

Los líquenes presentan tipo de crecimiento terrícola, saxícola, folícola, cortícola, lignícola y muscícola, y en algunas ocasiones crecen en ciertos animales (Upreti *et al.,* 2015). Por otra parte, los líquenes se pueden clasificar por su tamaño en macrolíquenes y microlíquenes, y se han usado como indicadores de cambios ambientales (Benítez *et al*., 2012, 2015). Las familias más representativas a nivel mundial son Parmeliaceae con alrededor de 2 726 especies (Crespo *et al*., 2007; Thell *et al*., 2012), seguido de Graphidaceae con 2 160 especies (Lücking *et al.*, 2014, 2017), Cladoniaceae con aproximadamente 500 especies (Ahti, 2000), de las cuales 184 especies para esta región se han reportado para el Neotropico (Soto-Medina, 2013); le sigue la familia Trypetheliaceae con 420 especies (Aptroot & Luecking, 2016), Porinaceae con 360 especies y finalmente Pyrenulaceae con 307 (Lücking *et al*., 2017; Mendonça *et al*., 2020), las mismas que son consideradas como las más diversas.

Además, investigaciones sobre diversidad biología y ecología de líquenes han permitido avanzar en el conocimiento de la liquenología en Ecuador continental en los últimos años (Benítez *et al*., 2019b; González *et al*., 2017a, b, 2019), logrando documentar 2 599 especies de líquenes (Yánez-Ayabaca *et al*., 2023). Para las islas Galápagos los estudios se han enfocado en la diversidad y taxonomía de manera general y pocos son los estudios ecológicos (Aptroot & Bungartz, 2007; Bungartz *et al*., 2013; Bungartz *et al*., 2015; Bungartz & Spielmann, 2019), lo que ha dado como resultado 633 especies reportadas (Bungartz *et al*., 2016).

El uso de líquenes en diferentes campos del conocimiento taxonómico, ecológico, fotoquímico y molecular se han desarrollado en otras regiones (Shukla *et al*., 2010; Loppi *et al*., 2021; Cardós *et al*., 2016), ha permitido tener un mejor conocimiento de la diversidad y aplicaciones de los líquenes frente a las problemáticas globales como la deforestación, contaminación, cambio climático (Abas, 2021) y como potenciales fuentes de compuestos bioactivos (Shukla *et al*., 2010). En Ecuador, se ha logrado identificar vacíos en el conocimiento de estudios de líquenes en los campos mencionados anteriormente. En ecología, el uso de líquenes como indicadores de fragmentación y efecto de borde no se ha evaluado hasta la fecha (Cardós *et al*., 2016), como ya lo han realizado en otros países de zonas templadas, donde se ha evidenciado la efectividad de los líquenes como indicadores de dichos procesos (Cardós *et al*., 2016; Potenza *et al*., 2022).

En Ecuador, se analizó la diversidad de costra biológica en relación con la elevación y factores de suelo en el matorral seco y montano del sur del país, indicando que la costra biológica es un indicador efectivo de cambios ambientales y edáficos en diferentes matorrales (Castillo-Monroy & Benítez, 2015; Castillo-Monroy *et al*., 2016; Ruiz *et al*., 2023). Además, en otros países de América del Sur como Chile, Brasil, Argentina y Venezuela se ha determinado la diversidad de la costra biológica y su relación con factores microclimáticos (Toledo *et al*., 2012; Baumann *et al*., 2018; Machado-de-Lima *et al*., 2019; Romero *et al*., 2020). Sin embargo, el uso de la diversidad de costra biológica para procesos de restauración, hasta la fecha no se ha realizado en el país, a pesar de que en otros países de ha demostrado el potencial de este sistema en procesos de restauración ecológica (Bowker *et al.,* 2005; Antoninka *et al*., 2020; Zhou *et al*., 2020).

Dado los efectos de la contaminación del aire por diferentes contaminantes, a nivel de país se ha utilizado la riqueza, diversidad y monitoreo pasivo mediante la deposición de metales en los líquenes (Ochoa-Jiménez *et al*., 2015; Benítez *et al*., 2019a; Carrillo *et al.,* 2022). Sin embargo, el uso de líquenes como indicadores de micro plásticos (Loppi *et al*., 2021), el material particulado (Varela *et al*., 2018; Massimi *et al*., 2019), el monitoreo activo mediante el trasplante de muestras para detectar metales pesados y otros contaminantes se han desarrollado en otros países (Malaspina *et al*., 2014; Paoli *et al*., 2019). Finalmente, los estudios fitoquímicos y actividad biológica en líquenes han señalado un gran potencial en otros países en la industria farmacéutica (Olafsdottir & Ingólfsdottir, 2001; Shukla *et al*., 2010; Xu *et al*., 2016), pero en Ecuador es aún un tema pendiente ya que solo se ha iniciado la caracterización de compuestos químicos de algunas especies.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue realizar una revisión sistemática de la liquenología en Ecuador con el propósito de identificar posibles direcciones de investigación en el campo de la liquenología y así analizar las tendencias de los estudios presentes en el país, es relevante notar que la mayoría de las investigaciones se concentran en la descripción de especies nuevas y la realización de estudios ecológicos que abordan la influencia de la alteración de los bosques, cambios en el microclima y la calidad del aire. La problemática en el estado del conocimiento de la liquenología en Ecuador radica en la falta de estudios exhaustivos y actualizados sobre la diversidad, distribución y ecología de líquenes en el país. La investigación en este campo ha sido limitada debido a la escasez de expertos, recursos financieros y acceso a áreas remotas donde los líquenes prosperan. Esta carencia de información detallada dificulta la comprensión de la importancia de los líquenes en los ecosistemas ecuatorianos, así como la implementación de estrategias efectivas de conservación y manejo de estos organismos clave para el

funcionamiento de los ecosistemas.

2. Metodología

Se llevó a cabo una búsqueda sistemática a partir del año 1990 al 2023 de la liquenología en Ecuador continental y las islas Galápagos siguiendo el método PRISMA 2020 asegurando la excelencia en la investigación para la obtención de datos y resultados (Moher *et al*., 2009) y la revisión sistemática de literatura aplicada en la educación (Torres *et al*., 2018).

2.2 Diseño y recolección de datos

En función del método Prisma 2020 (Moher *et al*., 2009; Lozano *et al.,* 2022), realizamos los pasos secuenciales que implicaron la lectura del título, del resumen y una lectura superficial de los distintos artículos para definir las temáticas. Siguiendo el proceso se revisó la metodología y los resultados con la finalidad de localizar la zona de estudio, finalmente se revisó todos los artículos y trabajos de titulación que cumplieron con los criterios de búsqueda y completar la información de la base de datos.

La revisión sistemática inició con la selección de las bases de datos, la cual se basó en de libre acceso bases de datos locales como Latindex y bases de datos globales como Scopus. Así se realizó la búsqueda de información en la base de datos Latindex, Scielo y Redalyc, para lo cual usamos las palabras claves "Líquenes y Ecuador" y "Líquenes y Galápagos". Posteriormente, en las bases de datos Scopus e ISI Web of Knowledge se empleó las siguientes palabras claves: "Lichens Ecuador", "Lichens Galapagos", "Ecuador Liquenologia", "Ecuador Hongos" "Líquenes Neotropical", "Líquenes bosques húmedos", "Líquenes Sur de los Andes". Como complemento se realizó una búsqueda en repositorios institucionales de nivel superior como; Universidad del Azuay (UDA), Universidad Central del Ecuador (UCE), Universidad Técnica del Norte (UTN), Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Universidad San Francisco de Quito (UNC), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE), Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM) y Universidad Politécnica Salesiana (UPS).

2.3 Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva en diagrama de barras y de líneas para visualizar el mayor número de estudios, los temas de investigación son por las provincias donde se han realizado los estudios, el tipo de hábitat, el número de estudios por años, las temáticas que presentan (ecología, taxonomía, molecular y fitoquímica), y por último el número de estudios por grupos. Los análisis se realizaron en la hoja de cálculo de Excel donde se buscó cada uno de los temas mencionando

3. Resultados y discusión

La presente investigación se encontró un total de 80 artículos de líquenes en Ecuador continental e Insular (anexo 1), pudiendo observar de 0 a 3 estudios hasta el año 2008, así mismo, se pudo evidenciar un incremento de 7 estudios en el año 2013 (Knudsen & Bungartz, 2013; Aptroot *et al.,* 2013; Bungartz *et al*., 2013). Aunque en los años posteriores existe una decadencia con números que llegan hasta dos estudios en el año 2020, debido a la falta de generación de líneas de investigación en universidades, especialistas nacionales y financiamiento de proyectos en estos organismos. Se registró un total de 54 tesis de pregrado y postgrado (anexo 2), donde hasta el año 2011 no se registraron tesis, pero en el año 2017 evidenció el mayor número con diez los mismos que al igual que en los artículos el número disminuyó en los años posteriores **(Figura 1)**.

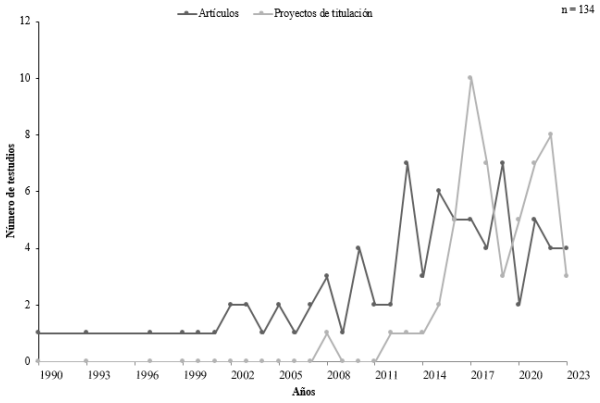

Figura 1 | Número de estudios a lo largo del tiempo

Así mismo, la mayor parte de estudios fueron realizados en líquenes (Yánez-Ayabaca *et al.,* 2012; Chuquimarca *et al.,* 2019), seguido de una combinación de líquenes y briófitos (Sklenár *et al.,* 2010; Mandl *et al.,* 2010; González *et al.,* 2017a; Yangua-Solano *et al.,* 2023), y finalmente solo tres estudios en costra biológica (Castillo-Monroy & Benítez, 2015; Castillo-Monroy *et al*., 2016; Ruiz *et al.,* 2023) como se muestra en la **Figura 2**. En la misma línea para Argentina (Romero et al., 2020), Chile (Samolov *et al.,* Chile 2020) y Brasil (De Lima *et al.,* 2021) se han realizado estudios puntuales en costra biológica. Siguiendo el mismo patrón para los proyectos de titulación, el mayor número de estudios se han realizado en líquenes, seguido de líquenes-briófitos y finalmente la costra biológica.

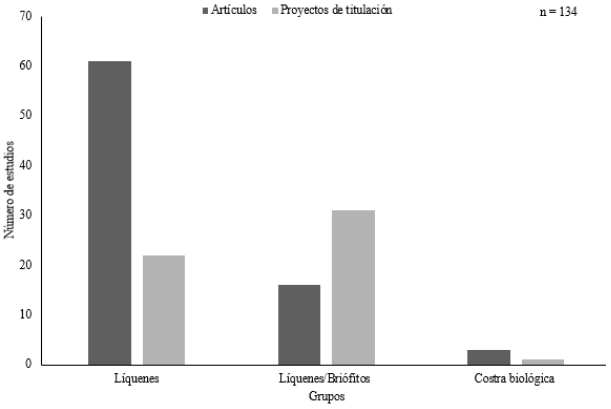

Figura 2 | Número de estudios por grupo

Los líquenes epífitos (Dal-Forno *et al.,* 2017; Kistenich *et al.,* 2019) fueron los más estudiados **(Figura 3)**, seguido de terrícolas (Hawksworth *et al.,* 1997; Paredes, 2006; Lücking *et al*., 2014; Mittermeier *et al.,* 2015), a diferencia los saxí-

colas (Hestmark, 2016) y folícolas (Lücking, 1999; Lücking & Matzer, 2001; McCarthy & Palice, 2003), presentaron el menor número de estudios con siete y tres artículos, respectivamente. De manera similar las tesis se realizaron en líquenes epífitos, seguido de terrícolas y un bajo número de tesis en líquenes saxícolas y folícolas.

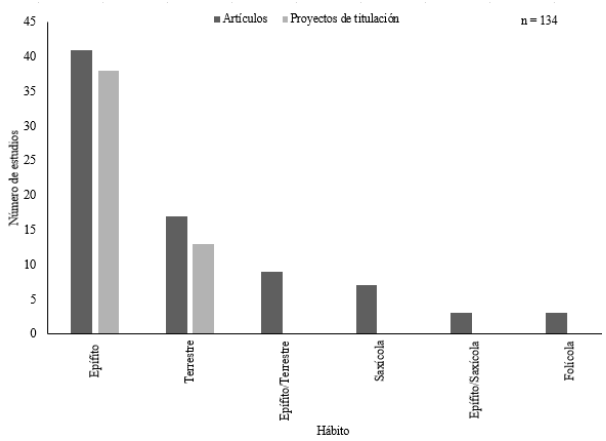

Figura 3 | Número de artículos de líquenes por hábito en Ecuador

A nivel de provincia las Islas Galápagos presentaron el mayor número de estudios (Aptroot *et al.,* 2008; Truong *et al.,* 2011; Bungartz & Dutan-Patino, 2013; Bungartz & Spielmann, 2019) seguido de las provincias de Loja (Medina *et al*., 2018; Carrillo *et al.,* 2022) y Zamora Chinchipe (Aptroot *et al.,* 2013; Fernández-Prado *et al.,* 2022) como muestra la **(Figura 4)**. A diferencia la provincia de Loja, Pichincha y Zamora Chinchipe presentaron el mayor número de tesis, y para las Islas Galápagos solo se reportó un proyecto de titulación.

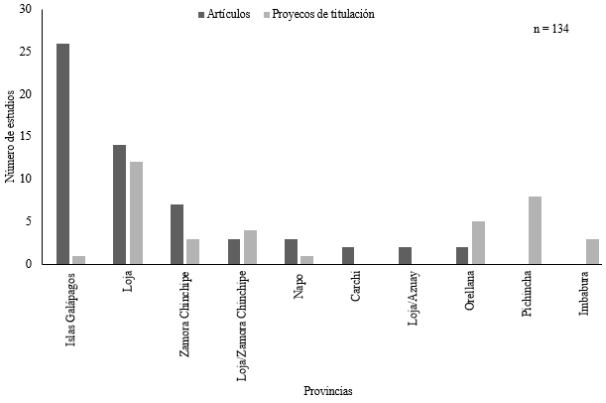

Figura 4 | Número de estudios por provincias

Para artículos científicos, se han registrado un igual número de artículos en el campo molecular y ecología, disminuyendo los trabajos taxonómicos y finalmente en temas fitoquímicos donde solamente hay dos estudios (Mittermeier *et al.,* 2015; Matvieieva *et al*., 2015) como se muestra en la **Figura 5**. Contrariamente para proyectos de titulación la mayor parte se ha enfocado en ecología, seguido por un bajo número de temas taxonómicos, y para moleculares y fitoquímicos con un solo proyecto de titulación.

En el campo de la taxonomía la mayor parte de estudios se han orientado a la descripción de nuevas especies para Ecuador continental con un aproximado de 25 especies, por ejemplo, especies de la familia Pannariaceae (Jørgensen & Arvidsson, 2002; Jorgensen & Palice, 2010). Además, se han realizado estudios de listados de especies de líquenes (Nöske *et al.,* 2003, 2008; Nöske, & Sipman, 2004) y nuevos registros de líquenes para Ecuador (Bustamante *et al.,* 2018; Vega *et al.,* 2021). Por otra parte, para las Islas Galápagos, se han descrito un aproximado de 44 nuevas especies de líquenes crustáceos (Aptroot *et al*., 2008; Bungartz *et al*., 2010; Bungartz *et al*., 2013; Bungartz *et al*., 2015; Bungartz *et al.,* 2016 a, b), foliosos (Schmull *et al*., 2014; Dal-Forno *et al.,* 2017; Lücking *et al*., 2017; Bungartz & Spielmann, 2019) y fruticulosos (Aptroot & Bungartz, 2007; Truong *et al*., 2011). Cabe señalar que en Ecuador continental los estudios son limitados debido a factores relacionados, con la fata de investigadores, proyectos de investigación y que las universidades puedan incluir líneas de investigación en la liquenología.

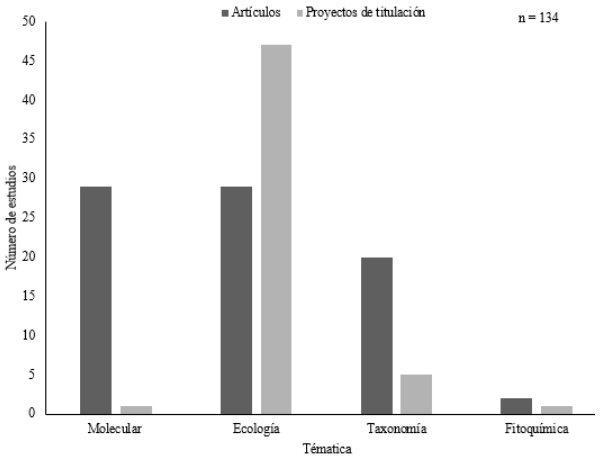

Figura 5 | Número de artículos de líquenes por temática

Cabe señalar que los estudios taxonómicos se han combinado con la caracterización molecular para describir nuevas especies para Ecuador continental como; *Dictyonema huaorani* (Schmull *et al*., 2014), *Hypotrachyna carchiensis* (Yánez-Ayabaca & Eliasaro, 2009; Yánez-Ayabaca *et al*., 2023) y especies del género *Bunodophoron* (Medina *et al.,* 2018) y de la familia Pyrenulaceae (Aptroot *et al.,* 2013). Siguiendo el mismo patrón en las Islas Galápagos se han realizado investigaciones en temas moleculares para describir especies nuevas (Tehler & Irestedt, 2007; Bungartz & Dutan-Patino, 2013; Lücking *et al*., 2017; Bungartz *et al.,* 2018; Bungartz *et al.,* 2020); sin embargo, en otros países se han realizado estudios filogeográficos lo menciona en sus estudios Yang *et al*. (2022) y Moya *et al.* (2023), de diversidad genética (Lagostina *et al.,* 2021; Allen *et al.,* 2021) y filogenia molecular (LaGreca *et al.,* 2020; Davydov *et al.,* 2024), que en Ecuador no se han realizado hasta la fecha. A diferencia, para Colombia hay un mayor número de estudios en este campo, por ejemplo, se ha trabajado en temas moleculares de algunos géneros como *Sticta* (Moncada *et al.,*2012, 2013, 2014), así como también para Brasil (Aptroot *et al.,* 2018)

En el campo de la ecología, los estudios se han enfocado en utilizar la riqueza y composición de especies de líquenes como indicadores de cambios antropogénicos como disturbancia y deforestación en bosques montanos, bosques secos y bosques amazónicos (Benítez *et al.,* 2012; Nöske *et al*.,

2008; Fernández-Prado *et al*., 2023). Además, Chuquimarca *et al.* (2019) determina diferentes usos de suelo de bosques empleando líquenes epífitos. Por otra parte, el uso de la diversidad de líquenes para determinar la contaminación del aire (Díaz *et al*., 2021) y por deposición de metales pesados (Benítez *et al.,* 2019c). En las Islas Galápagos se estudió la relación de las especies de caracoles que crecen en los talos de líquenes (Miquel & Bungartz, 2017).

En la parte fitoquímica son únicamente dos estudios los que se han realizado en Ecuador, el primero enfocado en metabolitos secundarios de líquenes de páramos (Mittermeier *et al.,* 2015) y otro estudio analizando la actividad antimicrobiana de metabolitos de líquenes (Matvieieva *et al.,* 2015). A pesar de ello, en otros países se ha generalizado el uso potencial de metabolitos de líquenes contra el cáncer (Solárová *et al.,* 2020; Ozturk *et al.,* 2021; Tripathi *et al.,* 2022) y también con propiedades antinflamatorias (Mendili *at al.,* 2022; Tartouga *et al.,* 2022). Este campo de investigación en Ecuador es todavía un tema pendiente, ya que la mayor parte de investigaciones se han enfocado en ecología y taxonomía.

4. Conclusiones

De la revisión sistemática se reportó 80 artículos de líquenes en Ecuador continental y 26 para las Islas Galápagos, de las bases de datos locales, regionales y globales, así mismo un total de 54 tesis de pregrado y postgrado. Además, la mayor parte de estudios se han enfocado en líquenes, seguido de una combinación de líquenes y briófitos, y finalmente tres estudios en costra biológica.

Los líquenes epífitos fueron los más estudiados, seguido de los terrícolas, pero hay una falta de estudios para especies que crecen sobre rocas y en hojas de los árboles, lo que nos muestra nuevas líneas de investigación en el campo de la liquenología.

Para artículos científicos, se han registrado un número igual de artículos en el campo molecular y de ecología con 29 estudios, seguido de 20 artículos en el tema taxonómico y dos estudios en el campo de la fitoquímica, por lo tanto, hay la necesidad de potencializar los campos en genética y química.

Las potenciales líneas de investigación están enfocadas en el uso de líquenes como indicadores de micro plásticos, material particulado, así como también el monitoreo activo mediante el trasplante de muestras para detectar metales pesados y otros contaminantes se han desarrollado en otros países

El uso de líquenes como indicadores de fragmentación y efecto de borde son temas pendientes en Ecuador, además del uso de la diversidad de costra biológica para procesos de restauración. Por otra parte, los estudios fitoquímicos y actividad biológica en líquenes han señalado un gran potencial en otros países en la industria farmacéutica y determinar su actividad biológica es un tema pendiente de evaluar en Ecuador.

Así mismo, el estudio de la liquenología en Ecuador es crucial debido a la importancia de los líquenes en los ecosistemas. Los líquenes desempeñan roles fundamentales en la fijación de nitrógeno, la retención de agua y la colonización de hábitats extremos, lo que impacta en la estabilidad y salud de los ecosistemas. Además, son indicadores sensibles de la calidad del aire y del ambiente, siendo útiles para evaluar el impacto de la contaminación y el cambio climático. Sin embargo, las actividades humanas pueden afectar la diversidad y composición de los líquenes, lo que subraya la importancia de investigar y monitorear activamente este grupo en Ecuador para comprender mejor su papel en el medio ambiente y promover su conservación.

Contribuciones de los autores:

Johana Liseth Armijos Gonzalez : Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Marlon Rubén Vega Paccha : Concepción del trabajo; 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

Abas, A. (2021). A systematic review on biomonitoring using lichen as the biological indicator: A decade of practices, progress and challenges. Ecological Indicators, 121, 107197.

Ahti, T. (2000). Cladoniaceae. Flora Neotropica Monograph 78. New York. New York Botanical Garden, Bronx.

Allen, J. L., McMullin, R. T., Wiersma, Y. F., & Scheidegger, C. (2021). Population genetics and biogeography of the lungwort lichen in North America support distinct Eastern and Western gene pools. American Journal of Botany, 108(12), 2416-2424.

Antoninka, A., Faist, A., Rodriguez-Caballero, E., Young, K. E., Chaudhary, V. B., Condon, L. A., & Pyke, D. A. (2020). Biological soil crusts in ecological restoration: emerging research and perspectives. Restoration Ecology, 28, S3-S8.

Aptroot, A., & Bungartz, F. (2007). The lichen genus Ramalina on the Galapagos. The Lichenologist, 39(6), 519-542.

Aptroot, A., & Luecking, R. (2016). A revisionary synopsis of the Trypetheliaceae (Ascomycota: Trypetheliales). The Lichenologist, 48(6), 763-982.

Aptroot, A., Sipman, H. J., & da Silva Caceres, M. E. (2013). Twenty-one new species of Pyrenula from South America, with a note on over-mature ascospores. The Lichenologist, 45(2), 169-198.

Aptroot, A., Sparrius, L. B., LaGreca, S., & Bungartz, F. (2008). Angiactis, a new crustose lichen genus in the Roccellaceae, with species from Bermuda, the Galápagos Islands and Australia. The Bryologist, 111(3), 510-516.

Aptroot, A., & da Silva Cáceres, M. E. (2018). New species and new records of lichens from inselbergs and surrounding Atlantic rain forest in the Chapada Diamantina (Bahia, Brazil). Herzogia, 31(p1), 359-373.

Asplund, J., & Wardle, D. A. (2017). How lichens impact on terrestrial community and ecosystem properties. Biological reviews, 92(3), 1720-1738.

Baumann, K., Jung, P., Samolov, E., Lehnert, L. W., Büdel, B., Karsten, U., ... & Leinweber, P. (2018). Biological soil crusts along a climatic gradient in Chile: Richness and imprints of phototrophic microorganisms in phosphorus biogeochemical cycling. Soil Biology and Biochemistry, 127, 286-300.

Benítez, Á., Aragón, G., & Prieto, M. (2019a). Lichen diversity on tree trunks in tropical dry forests is highly influenced by host tree traits. Biodiversity

and Conservation, 28, 2909-2929.

Benítez, Á., Gradstein, S. R., Cevallos, P., Medina, J., & Aguirre, N. (2019b). Comunidades de briófitos terrestres relacionados con factores climáticos y topográficos en un páramo del sur de Ecuador. Caldasia, 41(2), 370-379.

Benitez, A., Gradstein, S. R., Prieto, M., Aragón, G., León-Yánez, S., Moscoso, S., & Burghardt, M. (2012). Additions to the bryophyte flora of Ecuador 2. Tropical bryology, 34, 99-106.

Benítez, Á., Medina, J., Vásquez, C., Loaiza, T., Luzuriaga, Y., & Calva, J. (2019c). Lichens and bromeliads as bioindicators of heavy metal deposition in Ecuador. Diversity, 11(2), 28.

Benítez, Á., Prieto, M., & Aragón, G. (2015). Large trees and dense canopies: key factors for maintaining high epiphytic diversity on trunk bases (bryophytes and lichens) in tropical montane forests. Forestry: An International Journal of Forest Research, 88(5), 521-527.

Bowker, M. A., Belnap, J., Davidson, D. W., & Phillips, S. L. (2005). Evidence for micronutrient limitation of biological soil crusts: importance to arid-lands restoration. Ecological Applications, 15(6), 1941-1951.

Bungartz F, Ziemmeck F, Yánez Ayabaca A, Nugra F, Aptroot A (2016) CDF checklist of Galapagos lichenized fungi [FCD Lista de especies de Hongos liquenizados Galápagos]. In: Bungartz F, Herrera H, Jaramillo P, Tirado N, Jiménez-Uzcátegui G, Ruiz D, Guézou A, Ziemmeck F (eds) Charles Darwin Foundation Galapagos species checklist [Lista de Especies de Galápagos de la Fundación Charles Darwin]. Charles Darwin Foundation/Fundación Charles Darwin, Puerto Ayora, Galapagos.

Bungartz, F., & Dutan-Patino, V. L. (2013). The lichen genera Cryptothecia, Herpothallon and Helminthocarpon (Arthoniales) in the Galapagos Islands, Ecuador. The Lichenologist, 45(6), 739-762.

Bungartz, F., & Spielmann, A. A. (2019). The genus Parmotrema (Parmeliaceae, Lecanoromycetes) in the Galapagos Islands. Plant & Fungal Systematics, 64(2).

Bungartz, F., Benatti, M. N., & Spielmann, A. A. (2013). The genus Bulbothrix (Parmeliaceae, Lecanoromycetes) in the Galapagos Islands: a case study of superficially similar, but overlooked macrolichens. The Bryologist, 116(4), 358-372.

Bungartz, F., Elix, J. A., Yánez-Ayabaca, A., & Archer, A. W. (2015). Endemism in the genus Pertusaria (Pertusariales, lichenized Ascomycota) from the Galapagos Islands. Telopea, 18, 325-369.

Bungartz, F., Giralt, M., Sheard, J. W., & Elix, J. A. (2016a). The lichen genus Rinodina (Physciaceae, Teloschistales) in the Galapagos Islands, Ecuador. The Bryologist, 119(1), 60-93.

Bungartz, F., Hillmann, G., Kalb, K., & Elix, J. A. (2013). Leprose and leproid lichens of the Galapagos, with a particular focus on Lepraria (Stereocaulaceae) and Septotrapelia (Pilocarpaceae). Phytotaxa, 150(1), 1-28.

Bungartz, F., Klaus, K. A. L. B., & Giralt, M. (2016b). New and overlooked species from the Galapagos Islands: the generic concept of Diploicia reassessed. The Lichenologist, 48(5), 489-515.

Bungartz, F., Lücking, R., & Aptroot, A. (2010). The family Graphidaceae (Ostropales, Lecanoromycetes) in the Galapagos Islands. Nova Hedwigia, 90(1), 1.

Bungartz, F., Søchting, U., & Arup, U. (2020). Teloschistaceae (lichenized Ascomycota) from the Galapagos Islands: a phylogenetic revision based on morphological, anatomical, chemical, and molecular data. Plant and Fungal Systematics, 65(2), 515-576.

Bungartz, F., Truong, C., de los Angeles Herrera-Campos, M., & Clerc, P. (2018). The genus Usnea (Parmeliaceae, Lecanoromycetes) in the Galapagos Islands. Herzogia, 31(p1), 571-629.

Bustamante, A., Gusmán, E., & Benitez, A. (2018). Primeros registros de los géneros Phyllopeltula y Reimnitzia (líquenes epífitos) para el Ecuador. Gayana. Botánica, 75(1), 535-538.

Cáceres, M. E., Lücking, R., & Rambold, G. (2007). Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. Mycological Progress, 6(3), 117-136.

Cardós, J. L. H., Martínez, I., Calvo, V., & Aragón, G. (2016). Epiphyte communities in Mediterranean fragmented forests: importance of the fragment size and the surrounding matrix. Landscape Ecology, 31, 1975-1995.

Carrillo, W., Calva, J., & Benítez, Á. (2022). The Use of bryophytes, lichens and bromeliads for evaluating air and water pollution in an Andean city. Forests, 13(10), 1607.

Castillo-Monroy, A. P., & Benítez, Á. (2015). Patrones de abundancia y riqueza de componentes de la costra biológica del suelo en un matorral seco del sur de Ecuador. ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 7(1).

Castillo-Monroy, A. P., Benítez, Á., Reyes-Bueno, F., Donoso, D. A., & Cueva, A. (2016). Biocrust structure responds to soil variables along a tropical scrubland elevation gradient. Journal of Arid Environments, 124, 31-38.

Chuquimarca, L., Gaona, F. P., Iñiguez-Armijos, C., & Benítez, Á. (2019). Lichen responses to disturbance: clues for biomonitoring land-use effects on riparian Andean ecosystems. Diversity, 11(5), 73.

Crespo, A., Lumbsch, H. T., Mattsson, J. E., Blanco, O., Divakar, P. K., Articus, K., ... & Wedin, M. (2007). Testing morphology-based hypotheses of phylogenetic relationships in Parmeliaceae (Ascomycota) using three ribosomal markers and the nuclear RPB1 gene. Molecular Phylogenetics and Evolution, 44(2), 812-824.

Dal Forno, M., Bungartz, F., Yánez-Ayabaca, A., Lücking, R., & Lawrey, J. D. (2017). High levels of endemism among Galapagos basidiolichens. Fungal diversity, 85, 45-73.

Davydov, E. A., Himelbrant, D. E., Kuznetsova, E. S., Stepanchikova, I. S., & Yakovchenko, L. S. (2024). Multilocus Molecular Phylogeny of the Umbilicaria aprina Group (Umbilicariaceae, Lichenized Ascomycota) Supports Species Level and Neo-Endemic Status of Umbilicaria krascheninnikovii. Plants, 13(5), 729.

Déleg, J., Gradstein, S. R., Aragón, G., Giordani, P., & Benítez, Á. (2021). Cryptogamic epiphytes as indicators of successional changes in megadiverse lowland rain forests of western Amazonia. Ecological Indicators, 129, 107890.

Díaz, J., Montaño, L., Salinas, P., & Benítez, Á. (2021). Epiphytic cryptogams as bioindicators of air quality in a tropical Andean city. Sustainability, 13(20), 11218.

Fernández-Prado, N., Aragón, G., Prieto, M., Benítez, Á., & Martínez, I. (2023). Differences in epiphytic trunk communities in secondary forests and plantations of southern Ecuador. Forestry, 96(1), 20-36.

Fernández-Prado, N., Prieto, M., Martínez, I., & Aragón, G. (2022). Líquenes epífitos de los Tepuyes de la cuenca alta del río Nangaritza, cordillera del Cóndor (Ecuador). Caldasia, 44(1), 108-118.

Feuerer, T., & Hawksworth, D. L. (2007). Biodiversity of lichens, including a world-wide analysis of checklist data based on Takhtajan's floristic regions. Biodiversity and conservation, 16(1), 85-98.

González, Y., Aragón, G., & Prieto, M. (2019). Nuevos registros de líquenes terrícolas en los páramos ecuatorianos. Caldasia, 41(2), 445-449.

González, Y., Aragón, G., Benítez, A., & Prieto, M. (2017a). Changes in soil cryptogamic communities in tropical Ecuadorean páramos. Community ecology, 18, 11-20.

González, Y., Aragón, G., Burgaz, A. R., & Prieto, M. (2017b). Records of terricolous lichens from páramos of southern Ecuador. Mycotaxon, 132(1), 153-175.

Hauck, M. (2009). Global warming and alternative causes of decline in arctic-alpine and boreal-montane lichens in North-Western Central Europe. Global Change Biology, 15(11), 2653-2661.

Hawksworth, D. L., & Miądlikowska, J. (1997). New species of lichenicolous fungi occurring on Peltigera in Ecuador and Europe. Mycological Research, 101(9), 1127-1134.

Hestmark, G. (2016). The lichen genus Umbilicaria in Ecuador. Nordic Journal of Botany, 34(3), 257-268.

Ibañez, L., García, R. A., Fiorini, V. D., & Montalti, D. (2018). Lichens in the nests of European starling Sturnus vulgaris serve a mate attraction rather than insecticidal function. Turkish Journal of Zoology, 42(3), 316-322.

Jørgensen, P. M., & Arvidsson, L. (2002). The lichen genus Erioderma (Pannariaceae) in Ecuador and neighbouring countries. Nordic Journal of Botany, 22(1), 87-114.

Jørgensen, P. M., & Palice, Z. (2010). Additions to the lichen family Pannariaceae in Ecuador. Nordic Journal of Botany, 28(5), 623-628.

Király, I., & Ódor, P. (2010). The effect of stand structure and tree species composition on epiphytic bryophytes in mixed deciduous–coniferous forests of Western Hungary. Biological Conservation, 143(9), 2063-2069.

Király, I., Nascimbene, J., Tinya, F., & Ódor, P. (2013). Factors influencing epiphytic bryophyte and lichen species richness at different spatial scales in managed temperate forests. Biodiversity and conservation, 22, 209-223.

Kistenich, S., Bendiksby, M., Ekman, S., CÁCERES, M. E., & TIMDAL, E. (2019). Towards an integrative taxonomy of Phyllopsora (Ramalinaceae). The Lichenologist, 51(4), 323-392.

Knudsen, K. E. R. R. Y., & Bungartz, F. R. A. N. K. (2013). Chrysothrix galapagoana, a new species from the Galapagos Islands. Opuscula Philolichenum, 12, 174-179.

Komposch, H., & Hafellner, J. (2000). Diversity and vertical distribution of lichens in a Venezuelan tropical lowland rain forest. Selbyana, 11-24.

Kranner, I., Beckett, R., Hochman, A., & Nash III, T. H. (2008). Desiccation-tolerance in lichens: a review. The Bryologist, 111(4), 576-593.

Lagostina, E., Andreev, M., Dal Grande, F., Grewe, F., Lorenz, A., Lumbsch, H. T., ... & Printzen, C. (2021). Effects of dispersal strategy and migration history on genetic diversity and population structure of Antarctic lichens. Journal of Biogeography, 48(7), 1635-1653.

LaGreca, S., Lumbsch, H. T., Kukwa, M., Wei, X., Han, J. E., Moon, K. H., ... & Leavitt, S. D. (2020). A molecular phylogenetic evaluation of the Ramalina siliquosa complex, with notes on species circumscription and relationships within Ramalina. The Lichenologist, 52(3), 197-211.

Li, S., Liu, W. Y., & Li, D. W. (2013). Epiphytic lichens in subtropical forest ecosystems in southwest China: Species diversity and implications for conservation. Biological Conservation, 159, 88-95.

Loppi, S., Roblin, B., Paoli, L., & Aherne, J. (2021). Accumulation of airborne microplastics in lichens from a landfill dumping site (Italy). Scientific reports, 11(1), 4564.

Lozano, Y. Y., Giraldo, S. E., Castro, H. S., & Sánchez, R. M. (2022). Plantas medicinales con potencial actividad neuroprotectora estudiadas en cepas transgénicas de Caenorhabditis elegans. Revisión sistemática 2010-2021. Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research, 10(5), 812-836.

Lücking, R. (1999). Foliicolous lichens and their lichenicolous fungi from Ecuador, with a comparison of lowland and montane rain forest. Willdenowia, 29(1/2), 299-335.

Lücking, R., & Matzer, M. (2001). High foliicolous lichen alpha-diversity on individual leaves in Costa Rica and Amazonian Ecuador. Biodiversity & Conservation, 10, 2139-2152.

Lücking, R., Forno, M. D., Moncada, B., Coca, L. F., Vargas-Mendoza, L. Y., Aptroot, A., ... & Lawrey, J. D. (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, 139-207.

Lücking, R., Johnston, M. K., Aptroot, A., Kraichak, E., Lendemer, J. C., Boonpragob, K., ... & Lumbsch, H. T. (2014). One hundred and seventy-five new species of Graphidaceae: closing the gap or a drop in the bucket?. Phytotaxa, 189(1), 7-38.

Machado-de-Lima, N. M., Fernandes, V. M. C., Roush, D., Velasco Ayuso, S., Rigonato, J., Garcia-Pichel, F., & Branco, L. H. Z. (2019). The compositionally distinct cyanobacterial biocrusts from Brazilian savanna and their environmental drivers of community diversity. Frontiers in Microbiology, 10, 2798.

Malaspina, P., Tixi, S., Brunialti, G., Frati, L., Paoli, L., Giordani, P., ... & Loppi, S. (2014). Biomonitoring urban air pollution using transplanted lichens: element concentrations across seasons. Environmental Science and Pollution Research, 21, 12836-12842.

Mandl, N., Lehnert, M., Kessler, M., & Gradstein, S. R. (2010). A comparison of alpha and beta diversity patterns of ferns, bryophytes and macrolichens in tropical montane forests of southern Ecuador. Biodiversity and Conservation, 19, 2359-2369.

Massimi, L., Conti, M. E., Mele, G., Ristorini, M., Astolfi, M. L., & Canepari, S. (2019). Lichen transplants as indicators of atmospheric element concentrations: a high spatial resolution comparison with PM10 samples in a polluted area (Central Italy). Ecological indicators, 101, 759-769.

Matvieieva, N. A., Pasichnyk, L. A., Zhytkevych, N. V., Pabón Garcés, G., & Pidgorskyi, V. S. (2015). Antimicrobial activity of extracts from Ecuadorian lichens. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal, 77*(3), 23–27.

McCarthy, P. M., & Palice, Z. (2003). A new species of Trichothelium and new records of Porinaceae from Ecuador. The Lichenologist, 35(3), 237-240.

Medina, E. S., Prieto, M., & Wedin, M. (2018). A new Bunodophoron species (Sphaerophoraceae, Lecanorales) from the Neotropics. The Lichenologist, 50(3), 255-266.

Mendili, M., Khadhri, A., Mediouni-Ben Jemâa, J., Andolfi, A., Tufano, I., Aschi-Smiti, S., & DellaGreca, M. (2022). Anti-Inflammatory Potential of Compounds Isolated from Tunisian Lichens Species. Chemistry & Biodiversity, 19(8), e202200134.

Mendonça, C. D. O., Aptroot, A., Lücking, R., & Cáceres, M. E. D. S. (2020). Global species richness prediction for Pyrenulaceae (Ascomycota: Pyrenulales), the last of the "big three" most speciose tropical microlichen families. Biodiversity and Conservation, 29, 1059-1079.

Mežaka, A., Brūmelis, G., & Piterāns, A. (2012). Tree and stand-scale factors affecting richness and composition of epiphytic bryophytes and lichens in deciduous woodland key habitats. Biodiversity and Conservation, 21, 3221-3241.

Miquel, S. E., & Bungartz, F. (2017). Snails found among herbarium specimens of Galapagos lichens and bryophytes, with the description of Scolodonta rinae (Gastropoda: Scolodontidae), a new species of carnivorous micro-mollusk. Archiv für Molluskenkunde, 146(1), 173-186.

Mistry, J., & Berardi, A. (2005). Effects of phorophyte determinants on lichen abundance in the cerrado of central Brazil. Plant Ecology, 178, 61-76.

Mittermeier, V. K., Schmitt, N., Volk, L. P., Suárez, J. P., Beck, A., & Eisenreich, W. (2015). Metabolic profiling of alpine and ecuadorian lichens. Molecules, 20(10), 18047-18065.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. Annals of internal medicine, 151(4), 264-269.

Moncada, B., & Lücking, R. (2012). Ten new species of Sticta and counting: Colombia as a hot spot for unrecognized diversification in a conspicuous macrolichen genus. Phytotaxa, 74, 1-29.

Moncada, B., Lücking, R., & Coca, L. F. (2013). Six new apotheciate species of Sticta (lichenized Ascomycota: Lobariaceae) from the Colombian Andes. The Lichenologist, 45(5), 635-656.

Moncada, B., Lücking, R., & Suárez, A. (2014). Molecular phylogeny of the genus Sticta (lichenized Ascomycota: Lobariaceae) in Colombia. Fungal Diversity, 64, 205-231.

Moya, P., Garrido-Benavent, I., Chiva, S., Pérez-Ortega, S., Blázquez, M., Pazos, T., ... & Barreno, E. (2023). Phylogeography of Ramalina farinacea (Lichenized Fungi, Ascomycota) in the Mediterranean Basin, Europe, and Macaronesia. Diversity, 15(3), 310.

Nadkarni, N. M., & Matelson, T. J. (1989). Bird use of epiphyte resources in neotropical trees. The Condor, 91(4), 891-907.

Normann, F., Weigelt, P., Gehrig-Downie, C., Gradstein, S. R., Sipman, H. J., Obregon, A., & Bendix, J. (2010). Diversity and vertical distribution of epiphytic macrolichens in lowland rain forest and lowland cloud forest of French Guiana. Ecological Indicators, 10(6), 1111-1118.

Nöske, N. M., & Sipman, H. J. (2004). Cryptogams of the Reserva Biológica San Francisco (Province Zamora-Chinchipe, Southern Ecuador) II. Lichens. Cryptogamie Mycologie, 91-100.

Nöske, N. M., Gradstein, S. R., Kurschner, H., Parolly, G., & Torracchi, S. (2003). Cryptogams of the Reserva Biológica San Francisco (Province Zamora-Chinchipe, Southern Ecuador). I. Bryophytes. Cryptogamie-Bryologie, 24(1), 15-32.

Nöske, N. M., Hilt, N., Werner, F. A., Brehm, G., Fiedler, K., Sipman, H. J., & Gradstein, S. R. (2008). Disturbance effects on diversity of epiphytes and moths in a montane forest in Ecuador. Basic and Applied Ecology, 9(1), 4-12.

Ochoa-Jiménez, D. A., Cueva-Agila, A., Prieto, M., Aragón, G., & Benitez, Á. (2015). Cambios en la composición de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Loja (Ecuador). Caldasia, 37(2), 333-343.

Olafsdottir, E. S., & Ingólfsdottir, K. (2001). Polysaccharides from lichens: structural characteristics and biological activity. Planta medica, 67(03), 199-208.

Ozturk, S., Erkisa, M., Oran, S., Ulukaya, E., Celikler, S., & Ari, F. (2021). Lichens exerts an anti-proliferative effect on human breast and lung cancer cells through induction of apoptosis. Drug and chemical toxicology, 44(3), 259-267.

Paoli, L., Fačkovcová, Z., Guttová, A., Maccelli, C., Kresáňová, K., & Loppi, S. (2019). Evernia goes to school: Bioaccumulation of heavy metals and photosynthetic performance in lichen transplants exposed indoors and outdoors in public and private environments. Plants, 8(5), 125.

Paredes, T. (2006). Macrolichens of the Ecological Reserve paramo El Angel and the Guandera Biological Station. Lyonia, 9(1), 67-73.

Potenza, G., Gerardi, G., Fascetti, S., & Rosati, L. (2022). Habitat Fragmentation and Lichen Diversity in Peri-Urban Woodlands: A Case Study in the Municipality of Potenza (Southern Italy). Plants, 11(14), 1858.

Romero, A. N., Moratta, M. H., Vento, B., Rodriguez, R. A., & Carretero, E. M. (2020). Variations in the coverage of biological soil crusts along an aridity gradient in the central-west Argentina. Acta Oecologica, 109, 103671.

Ruiz, L., Carrión-Paladines, V., Vega, M., López, F., & Benítez, Á. (2023). Biological Crust Diversity Related to Elevation and Soil Properties at Local Scale in a Montane Scrub of Ecuador. Journal of Fungi, 9(3), 386.

Schmull, M., Dal-Forno, M., Lücking, R., Cao, S., Clardy, J., & Lawrey, J. D. (2014). Dictyonema huaorani (Agaricales: Hygrophoraceae), a new lichenized basidiomycete from Amazonian Ecuador with presumed hallucinogenic properties. The Bryologist, 117(4), 386-394.

Shukla, V., Joshi, G. P., & Rawat, M. S. M. (2010). Lichens as a potential natural source of bioactive compounds: a review. Phytochemistry reviews, 9, 303-314.

Sillett, S. C., & Antoine, M. E. (2004). Lichens and bryophytes in forest canopies. Forest canopies, 2, 151-174.

Sklenár, P., Kovár, P., Palice, Z., Stancik, D., & Soldán, Z. (2010). Primary succession of high-altitude Andean vegetation on lahars of Volcán Cotopaxi, Ecuador. Phytocoenologia, 40(1), 15.

Solárová, Z., Liskova, A., Samec, M., Kubatka, P., Büsselberg, D., & Solár, P. (2020). Anticancer potential of lichens' secondary metabolites. Biomolecules, 10(1), 87.

Soto-Medina, E. A. (2013). Patterns of species richness of family Cladoniaceae in the Neotropics. Cryptogamie, Mycologie, 34(2), 137-148.

Tartouga, M. A., Elouar, I., Zeghina, I., Mokhtari, M. B., Gali, L., Rapa, S. F., ... & Bensouici, C. (2022). The evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activities of Parmotrema hypotropa lichen extract. Egyptian Journal of Chemistry, 65(9), 109-118.

Tehler, A., & Irestedt, M. (2007). Parallel evolution of lichen growth forms in the family Roccellaceae (Arthoniales, Ascomycota). Cladistics, 23(5), 432-454.

Thell, A., Crespo, A., Divakar, P. K., Kärnefelt, I., Leavitt, S. D., Lumbsch, H. T., & Seaward, M. R. (2012). A review of the lichen family Parmeliaceae–history, phylogeny and current taxonomy. Nordic Journal of Botany, 30(6), 641-664.

Toledo, V., & Florentino de Andreu, A. (2012). Evaluación de las propiedades biológicas y bioquímicas de la costra microbiótica de un suelo bajo vegetación natural en la región árida de Quíbor, Venezuela. Revista de Investigación, 36(75), 143-162.

Torres-Carrión, P. V., González-González, C. S., Aciar, S., & Rodríguez-Morales, G. (2018). Methodology for systematic literature review applied to engineering and education. In 2018 IEEE Global engineering education conference (EDUCON) (pp. 1364-1373). IEEE.

Tripathi, A. H., Negi, N., Gahtori, R., Kumari, A., Joshi, P., Tewari, L. M., ... & Upadhyay, S. K. (2022). A review of anti-cancer and related properties of lichen-extracts and metabolites. Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents), 22(1), 115-142.

Truong, C., Bungartz, F., & Clerc, P. (2011). The lichen genus Usnea (Parmeliaceae) in the tropical Andes and the Galapagos: species with a red-orange cortical or subcortical pigmentation. The Bryologist, 114(3), 477-503.

Upreti, D. K., Bajpai, R., & Nayaka, S. (2015). Lichenology: current research in India. Plant Biology and Biotechnology: Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement, 263-280.

Varela, Z., López-Sánchez, G., Yáñez, M., Pérez, C., Fernández, J. A., Matos, P., ... & Aboal, J. R. (2018). Changes in epiphytic lichen diversity are associated with air particulate matter levels: The case study of urban areas in Chile. Ecological Indicators, 91, 307-314.

Vega, M., Déleg, J., & Benítez, Á. (2021). Primer registro del liquen Pyrenula hirsuta para Sudamérica. Neotropical Biodiversity, 7(1), 75-77.

Xu, M., Heidmarsson, S., Olafsdottir, E. S., Buonfiglio, R., Kogej, T., & Omarsdottir, S. (2016). Secondary metabolites from cetrarioid lichens: Chemotaxonomy, biological activities and pharmaceutical potential. Phytomedicine, 23(5), 441-459.

Yánez, A., Dal-Forno, M., Bungartz, F., Lücking, R., & Lawrey, J. D. (2012). A first assessment of Galapagos basidiolichens. Fungal Diversity, 52, 225-244.

Yánez-Ayabaca, A., & Eliasaro, S. (2009). Hypotrachyna carchiensis, a new species in the Parmeliaceae from Ecuador. Mycotax, 109, 337-340.

Yánez-Ayabaca, A., Benítez, Á., Molina, R. B., Naranjo, D., Etayo, J., Prieto, M., ... & Bungartz, F. (2023). Towards a dynamic checklist of lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of Ecuador–using the Consortium of Lichen Herbaria to manage fungal biodiversity in a megadiverse country. The Lichenologist, 55(5), 203-222.

Yang, M. X., Werth, S., Wang, L. S., & Scheidegger, C. (2022). Phylogeographic analyses of an epiphytic foliose lichen show multiple dispersal events westward from the Hengduan Mountains of Yunnan into the Himalayas. Ecology and evolution, 12(9), e9308.

Yangua-Solano, E., Carrión-Paladines, V., & Benítez, Á. (2023). Effects of Fire on Pyrodiversity of Terricolous Non-Tracheophytes Photoautotrophs in a Páramo of Southern Ecuador. Diversity, 15(12), 1176.

Zhou, X., Zhao, Y., Belnap, J., Zhang, B., Bu, C., & Zhang, Y. (2020). Practices of biological soil crust rehabilitation in China: experiences and challenges. Restoration Ecology, 28, S45-S55.