

Artículo

Diversidad de líquenes epífitos en el área urbana de Nueva Loja, Sucumbíos

Diversity of Epiphytic Lichens in the Urban Area of Nueva Loja, Sucumbíos

Jhosselyn Andrea Peñafiel Romero ^{1,*}, Jairo Vladimir Vivas Gualinga ², Jorge Aníbal Déleg Tenesela ³ y Pablo Danilo Carrera Oscullo ⁴

¹ Universidad Estatal Amazónica-Sede Sucumbíos, Ecuador, Nueva Loja;
<https://orcid.org/0009-0007-9120-0532>

² Universidad Estatal Amazónica-Sede Sucumbíos, Ecuador, Nueva Loja;
<https://orcid.org/0009-0009-8273-3200>; vivas.jairov30@gmail.com

³ Universidad Estatal Amazónica-Sede Sucumbíos, Ecuador, Nueva Loja;
<https://orcid.org/0000-0003-1617-2109>; ja.delegt@uea.edu.ec

⁴ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Sede Orellana, Research Group Yasuní SDC, Ecuador, El Coca;
<https://orcid.org/0000-0002-2515-7042>; pablod.carrera@esepoch.edu.ec

* Correspondencia: penaifieljhosselyn1999@gmail.com

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n3/79>

Cita: Peñafiel Romero, J. A., Vivas Gualinga, J. V., Déleg Tenesela, J. A., & Carrera Oscullo, P. D. (2025). Diversidad de líquenes epífitos en el área urbana de Nueva Loja, Sucumbíos. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 3(3), 178-191. <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n3/79>.

Recibido: 26/08/2025

Revisado: 20/09/2025

Aceptado: 22/09/2025

Publicado: 23/09/2025



Copyright: © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la [Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. \(CC BY-NC\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Resumen: Los líquenes son organismos simbióticos formados por la interacción de algas y hongos, los cuales pueden colonizar lugares donde pocas especies sobreviven como cortezas de árboles. Sin embargo, los líquenes están sometidos a presiones antrópicas como la deforestación, la urbanización y cambio en el uso del suelo. En consecuencia, el objetivo de esta investigación fue determinar la riqueza y diversidad de líquenes epífitos en los principales parques y avenidas del perímetro urbano de la ciudad de Nueva Loja, Sucumbíos. En cada parque y avenida se seleccionaron aleatoriamente 10 forófitos (árboles, arbustos y palmeras) con un diámetro a la altura del pecho mayor a 10 cm. La diversidad alfa se determinó mediante el índice de Simpson, curvas de acumulación de especies y el estimador Chao2; en cambio, la diversidad beta se analizó mediante un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Se identificaron 117 especies de líquenes epífitos agrupados en 18 familias y 46 géneros, siendo *Graphis* el más abundante. Los líquenes crustosos fueron los más representativos con el 70,1% de los registros, además se obtuvo una ordenación homogénea de las especies. Estos resultados evidencian una elevada riqueza y diversidad de líquenes epífitos en el perímetro urbano de Nueva Loja, sin recambio entre sitios de muestreo, lo que resalta la necesidad de conservar las áreas verdes urbanas como espacios clave para la preservación de la biodiversidad.

Palabras clave: biodiversidad urbana; bioindicadores; Lago Agrio; líquenes epífitos

Abstract: Lichens are symbiotic organisms formed by the interaction between algae and fungi, capable of colonizing habitats where few species can survive, such as tree bark. However, lichens are subject to anthropogenic pressures including deforestation, urbanization, and land-use change. Consequently, the aim of this study was to assess the richness and diversity of epiphytic lichens in the main parks and avenues of the urban perimeter of Nueva Loja, Sucumbíos. In each park and avenue, 10 phorophytes (trees, shrubs, and palms) with a diameter at breast height greater

than 10 cm were randomly selected. Alpha diversity was estimated using the Simpson index, species accumulation curves, and the Chao2 estimator, while beta diversity was analyzed through non-metric multidimensional scaling (NMDS). A total of 117 epiphytic lichen species were identified, belonging to 18 families and 46 genera, with *Graphis* being the most abundant. Crustose lichens were the most representative, accounting for 70.1% of the records, and species distribution showed a homogeneous ordination. These results demonstrate a high richness and diversity of epiphytic lichens in the urban area of Nueva Loja, with no turnover among sampling sites, underscoring the importance of conserving urban green areas as key refuges for biodiversity preservation.

Keywords: urban biodiversity; bioindicators; Lago Agrio; epiphytic lichens

1. Introducción

El Ecuador es un país que está conformado por cuatro regiones (Litoral, Interandina, Amazonía e Insular) y se ubica entre los 17 países megadiversos del mundo (Burneo, 2009). Esto se debe a su posición geográfica en la línea ecuatorial, la elevación de la cordillera de los Andes, la presencia de las corrientes marinas, y la existencia de las islas Galápagos (Tirira, 2007). La cuenca amazónica se extiende a lo largo de nueve países (Brasil, Bolivia, Ecuador, Colombia, Perú, Venezuela, Guyana, Guyana Francesa y Surinam) y es reconocida a nivel mundial como una de las zonas de mayor biodiversidad (Rodríguez, 2012). La Amazonía ecuatoriana representa el 45 % del territorio del país (López et al., 2013) y está conformada por seis provincias (Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Orellana y Sucumbíos) con una población total de 739.814 individuos. De acuerdo al Censo Nacional del año 2010, la provincia de Sucumbíos (región norte) es la más poblada (176.492 personas) (INEC, 2010).

Debido a los procesos evolutivos, la Amazonía ecuatoriana alberga una alta variedad de especies vegetales (Guevara et al., 2013), cuyos hábitats y su riqueza biológica están siendo afectados por la deforestación, el crecimiento de la frontera agrícola, el aumento de la explotación petrolera y la minera (Aguilar et al., 2020); incluyendo el crecimiento de la urbe, como un proceso de opresión contra los bosques y áreas verdes urbanas (Sierra, 2013). A pesar de ello, en la Amazonía ecuatoriana se tiene registros de 4857 especies vegetales y en la provincia de Sucumbíos cerca de 2000 especies vegetales, en las cuales se incorporan organismos no vasculares como los líquenes epífitos (GADPS, 2022). En cuanto al grupo de líquenes en Ecuador, se estima que existen aproximadamente 2700 especies distribuidos en la zona continental e Insular (Lücking et al., 2009).

Los líquenes son organismos formados por la interacción biológica (simbiosis) de dos componentes: un hongo (levadura) y una alga verde o cianobacteria (Spribille et al., 2016), cada uno de los cuales cumple diferentes funciones en su desarrollo. Por ejemplo, el hongo aporta la humedad (agua) y el alga verde o cianobacteria proporciona los nutrientes necesarios (Pennisi, 2016). Los líquenes se clasifican de acuerdo a su biotipo o el sustrato donde crecen. Entre los biotipos se encuentran: crustáceos, fructiculosos, foliáceos, compuestos o dimórficos y gelatinosos (Barreno & Pérez, 2003; Colatayud et al., 2011); en cambio, de acuerdo con el sustrato se encuentran líquenes epífitos en ramas y troncos de árboles, saxícolas en rocas, y terrícolas que crecen sobre el suelo y/o humus (Barreno & Pérez, 2003; Carbone et al., 2021).

Los líquenes epífitos forman parte del grupo de epífitas facultativas, ya que pueden habitar desde el dosel hasta las raíces sobresalientes de su forófito (Granados et al., 2003). Las condiciones para establecerse sobre los troncos y ramas tanto en el dosel

como en el sotobosque están condicionadas por las texturas del sustrato (liso, rugoso, fisurado, suave o duro), con elementos como el pH, temperatura y humedad; donde los forófitos de corteza fisurada aumentan la capacidad de retener agua y sustancias atmosféricas del líquen y en cortezas lisas sucede lo contrario (Barreno & Pérez, 2003).

Gracias a las diversas características y amplio rango de distribución, los líquenes cumplen el papel de especies bioindicadores por su sensibilidad a los cambios ambientales (Rusch & Fracassi, 2021). En consecuencia, se han realizado diversos estudios en Colombia, España y Costa Rica, tanto para determinar la contaminación atmosférica (Hawksworth et al., 2005; Méndez & Campos, 2015), así como para identificar los cambios en la composición de comunidades liquénicas en diferentes zonas perturbadas y no perturbadas (Ramírez et al., 2016), y en estudios de diversidad y distribución (Barreto & Esquivel, 2020).

A nivel de Ecuador, en los últimos años se ha incrementado la producción de trabajos de investigación (Araujo et al., 2020) enfocados a determinar y analizar la diversidad, riqueza, ecología, taxonomía y evaluación de efectos de pérdida de hábitat. La mayoría de trabajos se han realizado en bosques secos, montanos y páramos del sur de Ecuador, en las provincias de Loja, El Oro y Azuay (Matamoros, 2013; Benítez, 2016; González et al., 2019; Benítez et al., 2021; Fernández et al., 2022), y en los bosques amazónicos se han realizado trabajos en las provincias de Zamora Chinchipe, Orellana y Napo (Sarango, 2012; Déleg, 2017; Salavarría, 2017; Cordero, 2018; Déleg et al., 2021). Además, se suman estudios en las ciudades de Quito y Loja de líquenes epífitos para determinar los cambios en su composición y evaluar la calidad de aire (Ochoa et al., 2015; Granja, 2022; Jácome & Zapata, 2022).

De igual forma, en el Ecuador se han descrito nuevos registros de los géneros *Phyllopetula* y *Reimnitzia* en la provincia de Loja y el primer registro en Sudamérica de *Pyrenula hirsuta* en el Parque Nacional Yasuní (Bustamante et al., 2018; Vega et al., 2021). Sin embargo, las investigaciones de diversidad y riqueza de líquenes epífitos en la parte norte Amazónica, especialmente en la provincia de Sucumbíos tanto en bosques y zonas urbanas son casi inexistentes. Por tal razón, la presente investigación se enfoca en los siguientes objetivos: (i) determinar la riqueza y diversidad de líquenes epífitos en los principales parques y avenidas del perímetro urbano de la ciudad de Nueva Loja, Sucumbíos; y (ii) analizar la composición o recambio de las especies en cada sitio de muestreo.

2. Materiales y Métodos

2.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación tiene un enfoque mixto atribuido a la evaluación, comparación y descripción de las variables: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura de los árboles, tipo de corteza y abundancia. En el ámbito cuantitativo se calculó la riqueza de líquenes epífitos en cada sitio de muestreo y la toma de datos de DAP y altura de los árboles; mientras que, en el ámbito cualitativo se identificó el tipo de corteza del árbol y características de las especies. Además, esta investigación tiene un alcance exploratorio ya que permite presentar nuevos registros de especies de líquenes epífitos y determinar condiciones biológicas de crecimiento en la Amazonía Norte ecuatoriana, donde han sido poco estudiados. Según Hernández & Mendoza (2018), este tipo de

enfoque se aplica a temáticas poco o nada investigadas en determinadas áreas de estudio, prestándose a preparar bases para investigaciones más amplias.

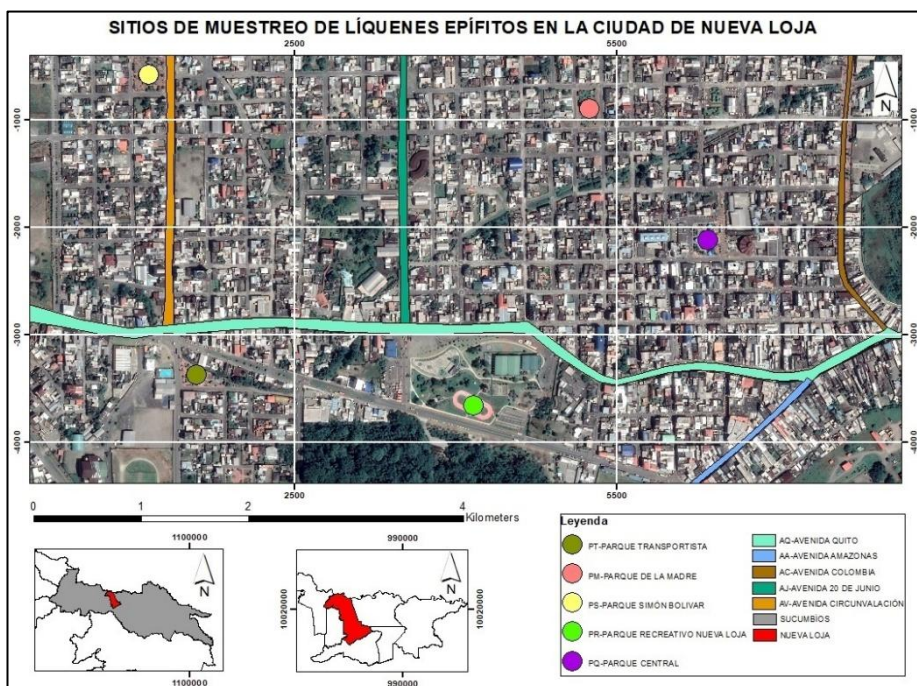
2.2. Área de estudio

El presente estudio se realizó en el perímetro urbano de la ciudad de Nueva Loja, cabecera cantonal de Lago Agrio, provincia de Sucumbíos en la Región Norte Amazónica del Ecuador (figura 1), a una altitud de 300 m.s.n.m. entre las coordenadas 0°5'9.6" N 76°53.717' O (Sinche et al, 2022). El clima es húmedo tropical, con temperatura media anual de 26,6° C y precipitaciones de alrededor 182,8 mm mensuales (Carrera et al, 2021; INAMHI, 2022).

La estructura urbana de la ciudad se conforma por manzanas regulares e irregulares, con edificios de hasta 5 pisos, áreas verdes y de recreación con alrededor de 10 parques urbanos, dos parques ecológicos, y avenidas con y sin parterres centrales acondicionados con vegetación introducida de diferentes especies de árboles, arbustos y palmeras (Márquez, 2016).

Figura 1

Localización de los sitios de muestreo de líquenes epífitos en Nueva Loja



2.3. Unidades de análisis

Se seleccionaron 5 parques y 5 avenidas con mayor vegetación arbórea dentro del área urbana de Nueva Loja. Los parques fueron los siguientes: 1. Parque de la Madre (PM); 2. Parque Simón Bolívar (PS); 3. Parque Transportista (PT); 4. Parque Central (PC) y 5. Parque Recreativo Nueva Loja (PR). Las avenidas con parterre central fueron las siguientes: 1. Av. Quito (AQ); 2. Av. 20 de junio (AJ); 3. Av. Circunvalación (AV); 4. Av. Colombia (AC) y 5. Av. Amazonas (AA).

En cada parque y avenida se seleccionaron al azar 10 forófitos entre árboles, arbustos y palmas con un diámetro a la altura del pecho (DAP) > a 10 cm; se descartaron aquellos

forófitos con corteza pintada y destruida (Monge et al., 2002). En total se muestrearon 100 forófitos sin realizar la identificación taxonómica de los mismos.

2.4. Técnicas de recolección

La toma de muestras en cada forófito se realizó a una altura de entre 50 y 180 cm desde la base del tronco, utilizando una rejilla de 20 × 30 cm (Benítez et al., 2012). Además, con el propósito de evaluar los factores biológicos que podrían influir en la diversidad de especies, se registraron datos de las siguientes variables: diámetro, altura y tipo de corteza. Las muestras de la corteza se extrajeron con una navaja y se colocaron en fundas de papel con su respectiva codificación, luego se almacenaron en cajas para su posterior identificación taxonómica.

2.5. Procesamiento y análisis de la información

La identificación taxonómica de las especies de líquenes epífitos se llevó a cabo en el Laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica- Sede Sucumbíos, usando tres herramientas: un estereomicroscopio binocular marca AmScope con visores WF10x, objetivos 2X y 4X, y fuente de luz halógena; un microscopio binocular BOECO BM-120 con iluminación S-LED; y claves taxonómicas de diferentes autores (Moberg, 1990; Lücking & Rivas, 2008; Lücking et al., 2008; Timdal, 2008; Lücking, 2009; Tripp et al., 2010; Benatti & Marcelli, 2011; Plata & Lücking, 2012; Bungartz et al., 2013; Cáceres et al., 2014; Kraichak et al., 2014; Mercado et al., 2015; Aptroot & Lücking, 2016; Benatti & Marcelli, 2019 y Soto et al., 2021).

La diversidad alfa se determinó por medio del índice de Simpson, el cual permitió conocer el parque y avenida con mayor diversidad, además se evaluó el esfuerzo de muestreo mediante las curvas de acumulación de especies y el estimador Chao2. La diversidad beta se evaluó mediante una Ordenación de Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMDS), utilizando la función metaMDS del paquete 'vegan' a partir de los valores de abundancia y con una distancia de Bray-Curtis (Borcard et al., 2018); el cual permitió determinar si existe agrupamiento de especies o patrones de similitud. Adicional, se evaluó la influencia de las variables sobre la ordenación mediante un test de 999 permutaciones con la función envfit del paquete 'vegan' (Oksanen et al., 2022) Estos análisis se ejecutaron mediante el programa R Studio versión 4.2.2 con el paquete estadístico vegan (Oksanen et al., 2022) y el paquete de gráficos ggplot2 (Wickham et al., 2022).

3. Resultados y Discusión

3.1. Riqueza de especies (diversidad alfa)

Se identificaron un total de 117 especies pertenecientes a 18 familias y 46 géneros. Las familias con el mayor número de especies fueron Graphidaceae (51 especies), Physciaceae (15 especies) y Parmeliaceae (14 especies). Este grupo de familias están clasificadas como tolerantes a fuertes presiones antrópicas, coincidiendo con las familias de líquenes reportadas en plantaciones de coníferas en Colombia, donde se destaca su capacidad tolerante a disturbios (Simijaca et al., 2018). Además, la presencia de estas familias coincide con los estudios de líquenes epífitos realizados en áreas urbanas en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala y en las zonas verdes de la ciudad de Ibagué, Colombia (Cohn & Quezada, 2016; Barreto & Esquivel, 2020)

donde se reportaron grupos de especies de estas familias como resistentes a los cambios de calidad de aire.

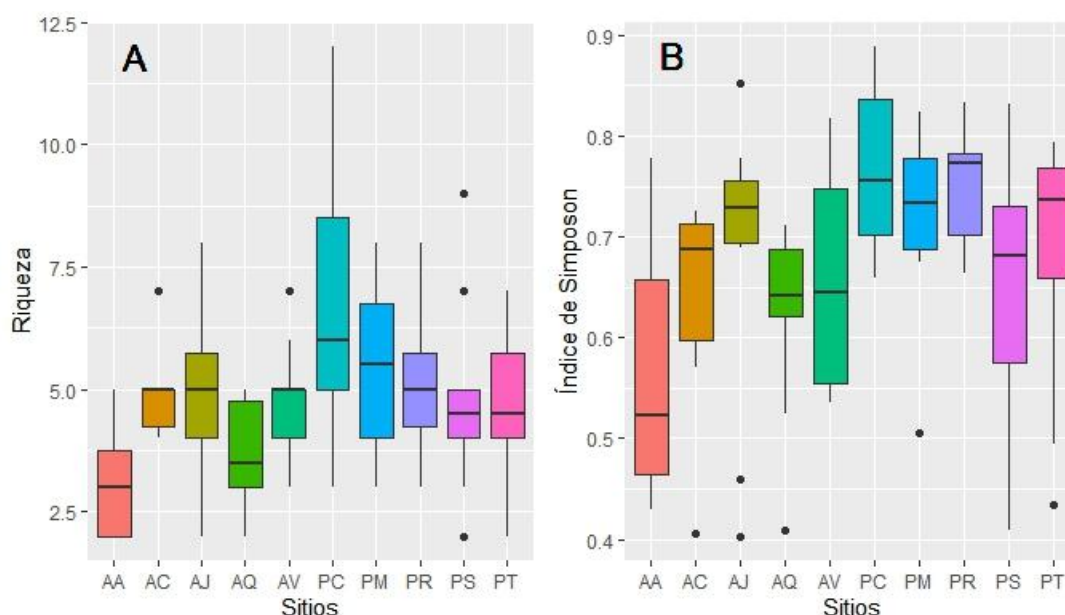
El género *Graphis* obtuvo el mayor número de especies (29 especies), seguido por *Physcia* con 11 especies y *Parmotrema* con 9 especies. Aquella, dominancia del género *Graphis* en zonas urbanizadas e intervenidas está definida por su capacidad de adaptación a ambientes con niveles bajos y altos de contaminación (Das et al., 2013). La especie *Cryptothecia striata* G. Thor tuvo mayor presencia en 9 de los 10 sitios de muestreo con 39 registros, seguido de *Herpotallon albidum* (Fée) Aptroot, Lücking & G.Thor con 22 registros en 7 sitios y *Leptogium azureum* (Sw.) Mont. presentó 20 registros en 9 sitios, esta última especie fue identificada como toxitolerante a la contaminación urbana por Cohn & Quezada (2016) en el corredor urbano de Guatemala.

En cuanto a los biotipos: el 70,1 % pertenece a especies crustosas, el 27,4% a especies foliosas y el 2,5% a biotipos especiales, donde el 1,7% son especies gelatinosas y el 0,9% especies escuambulosas. Se debe destacar que biotipos de líquenes semejantes se reportaron en zonas urbanas y suburbanas de México, donde los biotipos crustáceos y foliosos son los dominantes (Cipriano et al., 2016).

El diagrama de cajas de la riqueza de líquenes epífitos por sitio de muestreo (figura 2A), mostró mayor riqueza en el Parque Central (PC), y menor riqueza en los Parques Simón Bolívar (PS) y Parque Transportista (PT). Esta diferencia puede deberse a que en el Parque Central no se han realizado trabajos de mantenimiento durante un largo tiempo, mientras que los Parques Simón Bolívar y Transportista fueron remodelados recientemente, por lo que hubo movimiento de tierra con intervención de maquinaria pesada, limpieza en troncos y podas de la vegetación.

Figura 2

Diagrama de cajas que refleja la diversidad alfa de líquenes epífitos, A. Riqueza de especies y B. Índice de Simpson en avenidas y parques de la ciudad de Nueva Loja



En cuanto a las avenidas, la mayor riqueza de especies de líquenes epífitos se encontró en la Av. 20 de Junio (AJ), debido a que en el parterre existen árboles maduros y con

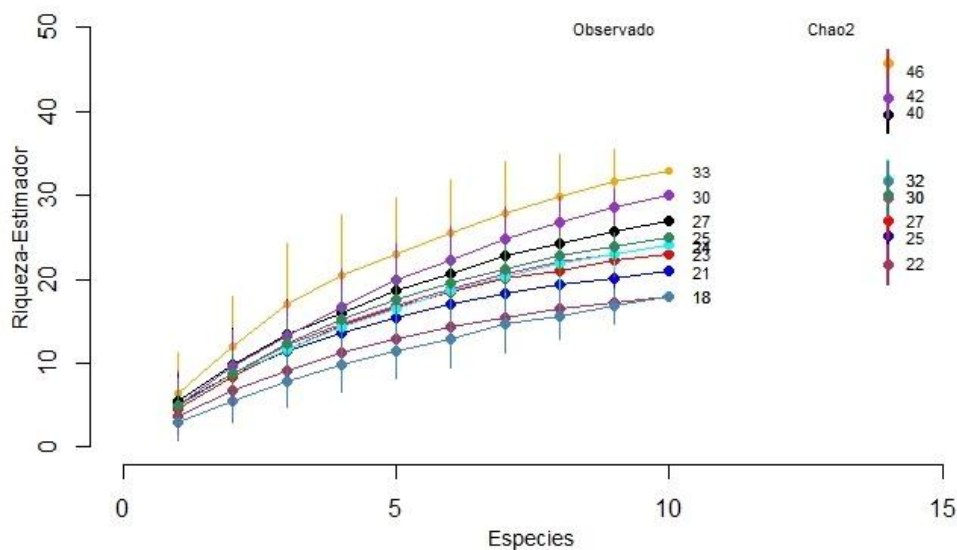
poca intervención hasta antes del muestreo; sin embargo, paralelo al muestreo se realizaron trabajos de mantenimiento y reducción de parterre central. La Avenida Amazonas (AA) fue la que mostró menor riqueza, lo que podría deberse a que la vegetación arbórea de esta avenida es juvenil. Lie et al. (2009) indica que la edad de los árboles se encuentra estrechamente relacionada con la disponibilidad de especies líquénicas epífitas. Es importante señalar que la corteza de los árboles juveniles es delgada y lisa, y con el tiempo cambia dicha textura a fisurada o rugosa permitiendo una mayor retención de sustancias, como el agua. Esta mayor humedad en los árboles maduros facilita el rápido crecimiento de propágulos (Dettki et al., 2000; Barreno & Pérez, 2003).

El índice de Simpson indicó disimilitud de diversidad de líquenes epífitos entre sitios de muestreo (figura 2B), donde el Parque Recreativo (PR) tuvo mayor diversidad (0,78), seguido del Parque Central (PC) con una media de diversidad cercana (0,76), siendo la Avenida Amazonas (AA) la de menor diversidad (0,52). Esto podría explicarse porque la Avenida Amazonas tiene un alto flujo vehicular, al ser una arteria donde se moviliza el transporte público que conecta el norte y el centro de la ciudad con el sur, además de una parte del transporte intercantonal e interprovincial. Esto coincide con lo reportado por Canseco et al. (2006) en su estudio de calidad del aire con líquenes epífitos en calles, avenidas y plazas de la ciudad de La Paz en Bolivia, donde la menor diversidad y los valores mínimos de cobertura y presencia se encontraron en una avenida con alto flujo vehicular.

Por otra parte, las curvas de acumulación de especies de líquenes epífitos no llegaron a la asíntota (Figura 3); por lo que existe la posibilidad de encontrar nuevas especies en cada sitio. Al comparar la riqueza observada con el estimador Chao 2, se observa que el muestreo realizado fue ligeramente inferior al estimador; por lo que se puede sugerir que el esfuerzo de muestreo realizado fue suficiente.

Figura 3

Curva de acumulación de especies y estimador Chao2 de líquenes epífitos en 10 sitios de muestreo en la ciudad de Nueva Loja.

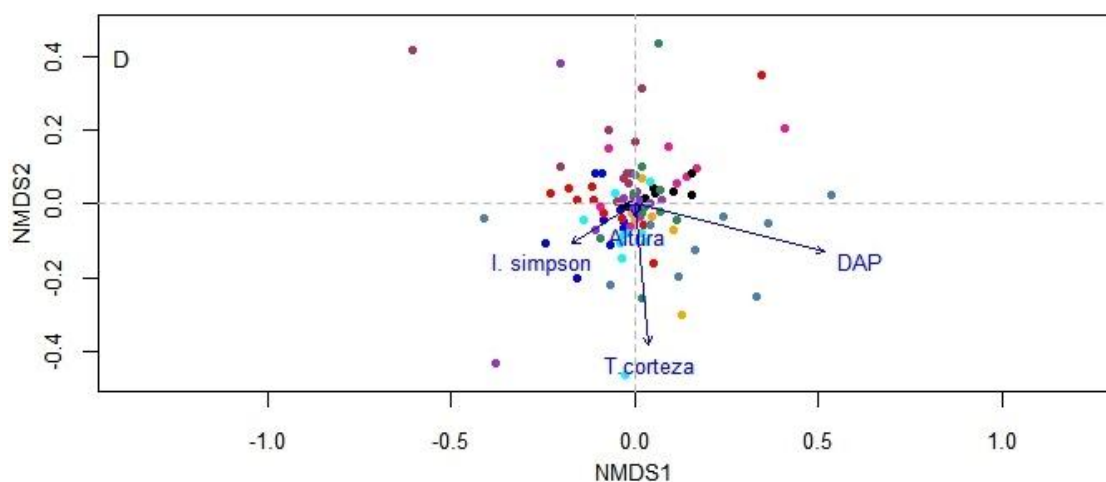


3.2. Composición de especies (diversidad beta)

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) muestra que las especies de líquenes epífitos en el área urbana se agrupan de manera homogénea a distancias cortas (figura 4), a diferencia de Zárate et al. (2019) donde la ordenación de las especies de líquenes cortícolas en un remanente de bosque subandino en la zona urbana de Tolima, Colombia fue heterogénea y se formaron subgrupos de especies de acuerdo con sus preferencias microambientales (DAP, pH, intensidad lumínica y temperatura).

Figura 4

Escalamiento multidimensional no métrico NMDS de líquenes epífitos de la ciudad de Nueva Loja.



Las variables evaluadas resultaron no significativas en la composición de las especies de líquenes epífitos del área urbana de la ciudad de Nueva Loja (tabla 1), lo que demuestra la homogeneidad en la composición de las especies en condiciones de crecimiento y desarrollo semejantes. Esto difiere con el estudio de Käffer et al. (2016) en la región metropolitana de Porto Alegre al sur de Brasil, donde se encontró que las variables DAP y la textura de la corteza de los forófitos influyen en la estructura de la comunidad de líquenes epífitos en una zona urbana.

Tabla 1.

Resultados del NMDS de líquenes epífitos de la ciudad de Nueva Loja

Variables	NMDS1	NMDS2	r ²	Pr(>r)
T. corteza	0,54622	0,83764	0,0009	0,961
DAP	0,97623	-0,21675	0,0412	0,137
Altura	-0,09458	0,99552	0,0005	0,976
I. Simpson	-0,9839	-0,17869	0,0186	0,415

4. Conclusiones

La investigación demostró que el área urbana de Nueva Loja alberga una alta riqueza y diversidad de líquenes epífitos, con 117 especies distribuidas en 18 familias y 46 géneros. Estos resultados evidencian que, aun bajo presión urbana, las áreas verdes funcionan como refugios esenciales para la biodiversidad.

La diversidad alfa reveló que los parques y avenidas difieren en número de especies según características de los forófitos y nivel de intervención antrópica. Los árboles maduros con cortezas rugosas mostraron mayor riqueza, lo que confirma la importancia de conservar vegetación longeva en entornos urbanos.

En cuanto a la diversidad beta, la composición homogénea de especies entre sitios sugiere condiciones ambientales similares que han favorecido una comunidad sin recambio significativo. Este patrón refleja procesos de homogenización ecológica propios de paisajes urbanos con presiones constantes.

Contribución de los autores: Conceptualización, JA-P-R. y JV-V-G.; metodología, JA-P-R. y JA-D-T.; software, PD-C-O.; validación, JV-V-G.; análisis formal, JA-D-T. y PD-C-O.; investigación, JA-P-R., JV-V-G. y JA-D-T.; recursos, JV-V-G. y PD-C-O.; redacción del borrador original, JA-P-R. y JA-D-T.; redacción, revisión y edición, JA-P-R. y JV-V-G.; visualización, PD-C-O. y JA-D-T.; supervisión, JA-P-R. y JV-V-G. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no ha recibido financiación externa

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Universidad Estatal Amazónica-Sede Sucumbíos, a sus autoridades y docentes, por prestar las facilidades para la realización de esta investigación.

Declaración de disponibilidad de datos: Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia: penaifieljhosselyn1999@gmail.com

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, Z., Flores, P., Lara, S., & Tapuy, M. (2020). Los Bosques del Ecuador. <https://www.researchgate.net/publication/344299580>
- Araujo, E., Huertas, L., & Párraga, K. (2020). Análisis de la producción científica del Ecuador a través de la plataforma Web of Science. *Cátedra*, 3(2), 150-165. <https://doi.org/10.29166/catedra.v3i2.2160>
- Barreno, E., & Pérez, S. (2003). Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias (KRK). Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructura del Principado de Asturias.
- Barreto, D., & Esquivel, H. (2020). Diversidad, distribución y riqueza de líquenes en las zonas verdes de la ciudad de Ibagué. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 24(2), 25-39. <https://doi.org/10.17151/bccm.2020.24.2.2>
- Baselga, A., & Gómez, C. (2019). Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas? *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 26, 39-45.

Beckett, R. (2009). Determination of the Parameters of Lichen Water Relations. En I. Kranner, R. Beckett, & A. Varma (Eds.), *Protocols in Lichenology*. Springer Lab Manuals. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-56359-1_15

Benatti, M., & Marcelli, M. (2011). Espécies de Parmotrema (Parmeliaceae , Ascomycota) do litoral Centro-Sul do Estado de São Paulo IV . Grupo químico protocetrário. *Revista Brasil*, 34(1), 103-123. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000100010>

Benítez, A. (2016). Efectos de la alteración antrópica en bosques tropicales sobre la diversidad de organismos epífitos (líquenes y briófitos). Universidad Rey Juan Carlos.

Benítez, A., Cruz, D., Vega, M., González, L., Jaramillo, N., López, F., & Aguirre, Z. (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>

Benítez, A., Prieto, M., González, Y., & Aragón, G. (2012). Effects of tropical montane forest disturbance on epiphytic macrolichens. *Science of the Total Environment*, 441(November), 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.09.072>

Burneo, S. (2009). Megadiversidad. *Letras verdes*, 3, 6-7.

Bustamante, A., Gusmán, E., & Benitez, A. (2018). Primeros registros de los géneros *Phyllopetula* y *Reimnitzia* (líquenes epífitos) para el Ecuador. *Gayana Botánica*, 75(1), 535-538. <https://doi.org/10.4067/s0717-66432018000100535>

Cáceres, M., Aptroot, A., Parmen, S., & Lücking, R. (2014). Remarkable diversity of the lichen family Graphidaceae in the Amazon rain forest of Rondônia, Brazil. *Phytotaxa*, 189(1), 87-136. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.189.1.8>

Canseco, A., Anze, R., & Franken, M. (2006). Comunidades de líquenes : indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz , Bolivia. *Acta Nova*, 3(2), 286-307. <http://www.ucbcb.edu.bo/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v3n2/v3.n2.Canseco.pdf>

Carbone, L., Tavella, J., Naval, M., Bianchi, M., Rodriguez, J., Marcora, P., Longo, S., Urcelay, C., Landi, M., Jaureguiberry, P., Bravo, S., & Blackhall, M. (2021). El fuego en los ecosistemas argentinos. *Sociedad Argentina de Botánica; Folium Relatos Botánicos*, 3, 1-21. <https://botanicaargentina.org.ar/rol-ecologico-y-evolutivo>

Carrera, P., Vaca, L., Segura, E & Taco, Miguel. (2021). Análisis de lluvia ácida en la ciudad de Nueva Loja, provincia de Sucumbíos. *Green World Journal*. 4. 002. 10.53313/gwj43002.

Cevallos, G. (2012). Checklist de líquenes y hongos liquenícolas de Ecuador Continental [Universidad Rey Juan Carlos]. https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=6lylw2cAAAAJ&citft=1&citft=2&citft=3&email_for_op=penaifieljhosselyn1999%40gmail.com&citation_for_view=6lylw2cAAAAJ:u5HHmVD_uO8C

Cipriano, M., Gómez, M., & Álvarez, I. (2016). Líquenes cortícolas de las áreas urbanas y suburbanas de Morelia, Michoacán, México. *Botanica Complutensis*, 40, 9-21. <https://doi.org/10.5209/BCOM.53195>

Cohn, G., & Quezada, M. (2016). Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia Universidad de San Carlos de Guatemala*, 26(1), 20-39.

Colatayud, V., Corrales, J. M., & Hernández, S. (2011). *Guía de los líquenes del Parque Nacional de Monfragüe*. Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones. <http://catedraia.unex.es/wp-content/uploads/2021/04/Guia-de-los-Liquenes-del-Parque-Nacional-de-Monfraque.pdf>

Cordero, V. (2018). Diversidad de líquenes y briófitos epífitos en diferentes tipos de bosques tropicales amazónicos del área de conservación los Tepuyes de la Cordillera del Cóndor- cantón Nangaritza. Universidad Técnica Particular de Loja.

Déleg, J. (2017). Diversidad de líquenes y briófitos epífitos en un gradiente de perturbación del bosque tropical amazónico de la Estación Científica Timburi Cocha, Loreto-Orellana.

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. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107890>

Dettki, H., Klintberg, P., & Esseen, P. (2000). Are epiphytic lichens in young forests limited by local dispersal? *Ecoscience*, 7(3), 317-325. <https://doi.org/10.1080/11956860.2000.11682601>

Fernández, 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. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n1.86522>

GADPS, G. A. D. P. de S. (2022). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Sucumbíos 2019-2023. http://www.eloro.gob.ec/wp-content/uploads/2013/12/PDOT_2014.pdf

González, Y., Aragón, G., & Prieto, M. (2019). Nuevos registros de líquenes terrícolas en los páramos ecuatorianos. *Caldasia*, 41(2), 445-449. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n2.72040>

Granados, D., Lopéz, G., Hernández, M., & Sánchez, A. (2003). Ecología de las plantas epífitas. *Chapingo*, 9(2), 101-111.

Granja, G. (2022). *Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de Quito, Ecuador*. [Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Licenciada en Ciencias Biológicas y Ambientales]. UCE.

Guevara, J., Neill, D., Morales, C., Chinchero, M., & Medina, B. (2013). Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador. Sistema de clasificación de los ecosistemas de Ecuador Continental. En Subsecretaría del Patrimonio Natural (pp. 1-235).

Hawksworth, D., Iturriaga, T., & Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22(2), 71-82. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(05\)70013-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1130-1406(05)70013-9)

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. En McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A. de C.V. McGraw-Hill. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología de la investigación.pdf>

Herrera, T., & Peñafiel, H. (2013). Estudio comparativo de líquenes en el área urbana y sitios rurales de vegetación remanente de la ciudad de Ibarra- Imbabura, como indicadores de la calidad atmosférica. [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2576/1/03 RNR 175 Tesis.pdf>

INAMHI, I. N. de M. e H. (2022). Estadística agroclimática decadal.

INEC, I. N. de E. y C. (2010). Censo Población y Vivienda. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Jácome, D., & Zapata, E. (2022). Evaluación de la calidad del aire mediante el uso del líquen Parmotrema austrosinense (Zahlbr.hale) como bioindicadores en 6 localidades del DMQ, con diferentes niveles de tránsito vehicular e industrias. [Universidad Politécnica salesiana sede Quito]. En Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

Käffer, M., Koch, N., Martins, S., & Vargas, V. (2016). Lichen community versus host tree bark texture in an urban environment in southern Brazil. *Iheringia - Serie Botanica*, 71(1), 49-54.

Lie, M., Arup, U., Grytnes, J., & Ohlson, M. (2009). The importance of host tree age, size and growth rate as determinants of epiphytic lichen diversity in boreal spruce forests. *Biodiversity and Conservation*, 18(13), 3579-3596. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9661-z>

López, V., Espíndola, F., Calles, J., & Ulloa, J. (2013). Amazonía ecuatoriana bajo presión. *EcoCiencia*, 58.

Lücking, R. (2009). The taxonomy of the genus *Graphis* sensu Staiger (Ascomycota: Ostropales: Graphidaceae). *The Lichenologist*, 41(4), 319-362. <https://doi.org/10.1017/S0024282909008524>

Lücking, R., Chaves, J. L., Sipman, H., & Aptroot, A. (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, 1-130. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3158/0015-0746>

Lücking, R., & Rivas, E. (2008). Clave y Guía Ilustrada Para Géneros de Graphidaceae. *Revista electrónica del Grupo Latino Americano de Lichenólogos (GLALIA)*, 1(1), 1-39.

Lücking, R., Rivas, E., Chaves, J. L., Umaña, L., & Sipman, H. (2009). How many tropical lichens are there... really? *Bibliotheca Lichenologica*, 100, 399-418.

Márquez, B. (2016). Caracterización del espacio urbano de la Ciudad de Nueva Loja [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/10268>

Matamoros, D. (2013). Efectos de la alteración antrópica sobre la diversidad de las comunidades de líquenes y briófitos en los bosques secos del sur del Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja.

Méndez, V., & Campos, C. (2015). Cobertura de líquenes arborícolas y su relación con la orientación cardinal en parques municipales de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED, 7(2), 313-317.

Monge, J., González, M. I., Rossi, M. R., & Méndez, V. H. (2002). A new method to assess air pollution using lichens as bioindicators. Revista de Biología Tropical, 50(1), 321-325.

Morales, E., Lücking, R., & Anze, R. (2009). Una introducción al estudio de los líquenes de Bolivia. En Universidad Católica Boliviana (Número 1). www.ucbcba.edu.bo

Nash, T. (2008). Nutrients, elemental accumulation, and mineral cycling. En T. Nash III (Ed.), Lichen Biology, Second Edition (pp. 234-251). Cambridge: Prensa de la Universidad de Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790478.013>

Ochoa, D., Cueva, A., Prieto, M., Aragón, G., & Benítez, A. (2015). Cambios en la composición de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Iloja (Ecuador). Caldasia, 37(2), 333-343. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n2.53867>

Oksanen, J., Simson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., & Wagner, H. (2022). Package «vegan»: Community Ecology Package version 2.6-4. <https://github.com/vegandevs/vegan>

Pennisi, E. (2016). A lichen ménage à trois. Science, 353(6297), 337. <https://doi.org/10.1126/science.353.6297.337>

Plata, E. R., & Lücking, R. (2012). High diversity of Graphidaceae (lichenized Ascomycota: Ostropales) in Amazonian Perú. Fungal Diversity, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s13225-012-0172-y>

Ramírez, N., León, M., & Lücking, R. (2016). Uso de biotipos de líquenes como bioindicadores de perturbación en fragmentos de bosque Altoandino (Reserva Biológica "Encenilo", Colombia). Caldasia, 38(1), 31-52. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57821>

Rodríguez, D. (2012). El desarrollo sustentable de la Cuenca amazónica en la Agenda Ambiental de la Comunidad Andina. Revista del Centro Andino de Estudios Internacionales, 12, 73-112. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3693/1/07-TC-Rodriguez.pdf>

Rusch, V., & Fracassi, N. (2021). Indicadores de Biodiversidad: Informe preparado por el proyecto INTA PI 038. Evaluación, monitoreo y manejo de la biodiversidad en sistemas agropecuarios y forestales. Verónica (EEA Barilo). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Salavarría, E. (2017). Diversidad de líquenes y briófitos epífitos en bosques Amazónicos de la provincia de Orellana, con diferentes tipos de manejo. 35.

Sarango, L. (2012). Efectos de la fragmentación sobre la diversidad de líquenes y briófitos epífitos en bosques amazónicos. 34.

Seaward, M. R. D. (2008). Environmental role of lichens. En T. Nash III (Ed.), Lichen Biology, Second Edition (pp. 274-298). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790478.015>

Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años. En *Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends*. (Vol. 71, Número 1).

Simijaca, D., Moncada, B., & Lücking, R. (2018). Bosque de roble o plantación de coníferas, ¿qué prefieren los líquenes epífitos? *Colombia Forestal*, 21(2), 123-141. <https://doi.org/10.14483/2256201X.12575>

Sinche, F., Cabrera, M., Vaca, L., Segura, E & Carrera, P. (2022). Determination of the ecological water quality in the Orienco stream using benthic macroinvertebrates in the Northern Ecuadorian Amazon. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 19. 10.1002/ieam.4666.

Sipman, H., & Aptroot, A. (2001). Where are the missing lichens?*. *Mycol*, 105(July 2000), 1433-1439. <https://doi.org/10.1017/S0953756201004932>

Spribile, T., Tuovinen, V., Resl, P., Vanderpool, D., Wolinski, H., Aime, C., Schneider, K., Stabentheiner, E., Toome, M., Thor, G., Mayrhofer, H., Johannesson, H., & McCutcheon, J. P. (2016). Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. *Science*, 353(6298), 488-492. <https://doi.org/10.1126/science.aaf8287>

Tirira, D. (2007). Ecuador, es un país diverso. *Primenet*, January, 4-7. https://www.researchgate.net/publication/313023380_Ecuador_un_pais_diverso

Vega, M., Déleg, J., & Benítez, Á. (2021). Primer registro del líquen *Pyrenula hirsuta* para Sudamérica. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 75-77. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1894862>

Wickham, H., Chang, W., Pedersen, T., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., & Dunninton, D. (2022). Package 'ggplot2' Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics version 3.4.0. <https://ggplot2.tidyverse.org>

Zárate, N., Moreno, M., & Torres, A. (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, Físicas y Naturales*, 43(169), 737-745. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.886>