UEA Agroindustria
PrePrint UEA

Sección Biología "Lago Agrio"
Vol. BLGEL2324. ep10–105

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

Uso de líquenes como bioindicadores de calidad de aire en tres parques de la ciudad de Nueva Loja, Ecuador

Use of lichens as bioindicators of air quality in three parks in the city of Nueva Loja, Ecuador

Richard Alirio Moreno Moreno[1], Jenny Maritza Suarez Cano[1] Adolfo Gilberto Chamba Carrillo[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBLGEL2324ep10-105 Crossref

Resumen

Los líquenes son organismos utilizados como bioindicadores en la evaluación de contaminación atmosférica por su sensibilidad a compuestos tóxicos que pueden afectar sus comunidades. Por ello, el estudio se enfocó en analizar la diversidad de las comunidades liquénicas y la calidad del aire en la ciudad de Nueva Loja. El levantamiento de información se realizó en tres parques dentro de la ciudad, en los cuales se eligieron 20 árboles al azar por área, de cada uno se tomó variables como: cobertura de líquenes, DAP, altura y porcentaje de cobertura de dosel, también se extrajo muestras de cada especie de liquen. Una vez tomados los datos se procedió con la identificación de las muestras donde se reconocieron un total de 20 especies. Se evaluó la comunidad liquénica en diversidad y composición mediante índices de diversidad alfa y beta, análisis de Escalamiento Multidimensional No Numérico, PERMANOVA y análisis lineal multivariado. Estos análisis permitieron establecer como familias predominantes a Graphidaceae, Parmeliaceae y Arthoniaceae. En la composición de las comunidades de líquenes, se encontró mayor relación entre el Parque Recreativo Nueva Loja y el Parque Simón Bolívar, los cuales se encuentran en el centro de la ciudad y más expuestos a la circulación vehicular. Según los niveles establecidos para el índice de pureza atmosférica, los parques se clasificaron como: Contaminación baja (Perla), moderada (Recreativo Nueva Loja) y media (Simón Bolívar). Por tanto los resultados evidencian la relación entre la composición de líquenes, la contaminación atmosférica y la ubicación de los parques con respecto al área urbana.

Palabras clave

diversidad, índice, pureza, contaminación, forófito, cortícola

Abstract

Lichens are organisms used as bioindicators in the evaluation of atmospheric pollution due to their sensitivity to toxic compounds that can affect their communities. Therefore, the study focused on analyzing the diversity of lichen communities and air quality in the city of Nueva Loja. The information gathering was carried out in three parks within the city, in which 20 trees were chosen at random per area, from each one variables were taken such as lichen coverage, DAP, height, and percentage of canopy coverage, also extracted samples of each species of lichen. Once the data was taken, we proceeded with the identification of the samples where a total of 20 species were recognized. The lichen community was evaluated in diversity and composition using alpha and beta diversity indices, Non-Numerical Multidimensional Scaling analysis, PERMANOVA, and multivariate linear analysis. These analyses allowed us to establish Graphidaceae, Parmeliaceae, and Arthoniaceae as predominant families. In the composition of the lichen communities, a greater relationship was found between the Nueva Loja Recreational Park and the Simón Bolívar Park, which are located in the center of the city and more exposed to vehicular traffic. According to the levels established for the atmospheric purity index, the parks were classified as Low pollution (Perla), moderate (Recreativo Nueva Loja), and medium (Simón Bolívar). Therefore, the results show the relationship between the composition of lichens, atmospheric pollution, and the location of the parks concerning the urban area.

Keywords

diversity, index, purity, contamination, phorophyte, corticola

Direcciones

[1]Universidad Estatal Amazónica. Sucumbíos, Ecuador. Email: ra.morenom@uea.edu.ec, jm.suarezc@uea.edu.ec, ag.chambac@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia

Richard Alirio Moreno Moreno. Universidad Estatal Amazónica. Sucumbíos, Ecuador. Email: ra.morenom@uea.edu.ec

Cómo citar

MORENO MORENO, Richard Alirio , SUAREZ CANO, Jenny Maritza and CHAMBA CARRILLO, Adolfo Gilberto 2026. Uso de líquenes como bioindicadores de calidad de aire en tres parques de la ciudad de Nueva Loja, Ecuador. PrePrint UEA. Vol. BLGEL2324. p. ep10–105. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBLGEL2324ep10-105

Editores Académicos Jorge Lenin León Arcos

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright

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

1. Introducción

El creciente aumento de la urbanización es un problema importante en la Amazonía ecuatoriana, pues al aumentar la población, las emisiones de compuestos tóxicos provocados por actividades antrópicas, crecen de igual manera (Carrillo, Calva y Benítez 2022). Debido a esto, la calidad de aire se deteriora gradualmente, por lo que también se presentan con mayor severidad enfermedades respiratorias, cardiacas y pulmonares (Muñoz, Salcedo y Sotomayor 2021). Las principales fuentes de contaminación del aire son la combustión, principalmente por los medios de transporte, la energía y la industria, provocando emisiones de ozono, monóxido de azufre, monóxido de nitrógeno y monóxido de carbono .

Se describe como contaminación del aire, a las alteraciones nocivas que presentan los niveles de calidad y pureza del aire (Torres Sánchez 2019). Estas alteraciones se dan principalmente por la emisión de gases provenientes de la quema

de combustibles fósiles . Las emisiones de estos gases en su mayoría son de origen antrópico, sin embargo, también las hay de origen natural, como por ejemplo en las erupciones volcánicas (Torres Sanchez 2019; Mares Rueda 2017; Gonzales Vargas et al. 2016; Canseco, Anze y Franken 2006).

Según en el año 2022 la tasa de matriculación a nivel nacional aumentó a 160,24 vehículos matriculados por cada mil habitantes. En lo que respecta a la provincia de Sucumbíos, incrementó la tasa anual a 167,63 vehículos matriculados, reflejando un crecimiento de 4,6% en el parque automotor de la provincia, principalmente en el cantón de Lago Agrio. Este incremento en el uso de vehículos contribuye al aumento de la contaminación ambiental a través de la generación de ruido, emisiones de dióxido de carbono y deterioro del paisaje urbano (Torres Sánchez 2019).

Para evaluar la calidad de aire, existen diversos organismos que pueden ser utilizados por la sensibilidad que presentan a determinados parámetros . Organismos como los líquenes, al tener una estrecha conexión con el medio ambiente y la capacidad de retener contaminantes, son usados como bioindicadores en muchos países alrededor del mundo (Carrillo, Calva y Benítez 2022). Los líquenes poseen características que en su conjunto los hacen idóneos como bioindicadores; como el crecimiento lento, facilidad de colonización, gran dependencia de los componentes ambientales, ya que obtienen sus nutrientes del aire y no presentan cutícula, lo que les permite absorción de contaminantes en mayor cantidad .

La presencia o ausencia de estos organismos, la proporción en que se encuentran y su diversidad, pueden otorgar información sobre la calidad del aire en un determinado sector . Por ello, para el presente estudio se plantean los objetivos: (1) Analizar la diversidad y composición de especies en tres parques de la ciudad de Nueva Loja. (2) Determinar la calidad del aire en cada zona de muestreo aplicando el Índice de Pureza Atmosférica.

2. Metodología

2.1. Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en tres diferentes parques de la ciudad de Nueva Loja, Ecuador; Parque Recreativo Nueva Loja (P1), Parque Simón Bolívar (P2) y el Parque Ecológico Recreativo Lago Agrio “PERLA” (P3) **Figura 1**.

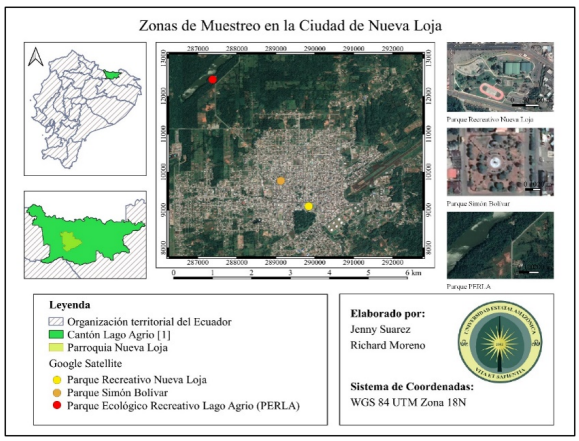

Figura 1 | Ubicación de las estaciones de muestreo (parques) en la ciudad de Nueva Loja

Los parques se encuentran dentro de la delimitación de la ciudad de Nueva Loja, presentando un clima cálido húmedo, con una altitud que oscila entre los 250 – 300 m.s.n.m. Los parques se ubican dentro del ecosistema de bosque siempreverde de penillanura del sector Aguarico-Putumayo-Caquetá . La temperatura oscila entre 29,4 °C a 28 °C con una precipitación de 435 mm en promedio mensual (Cabrera Quezada et al. 2018; Salavarría Loor 2017).

2.2. Diseño y recolección de datos

En cada zona de estudio se realizó la toma de datos y colección de muestras de líquenes cortícolas de 20 árboles al azar por parque, 60 en total. Tomando en cuenta que el perímetro del tronco del forófito midiera más de 33 cm, o un DAP (Diámetro a la altura del Pecho) mayor a 10 cm. Para tomar la frecuencia y cobertura de los líquenes, se utilizó una rejilla o malla plástica con medidas de 30 x 20 cm y un total de 192 cuadrículas (Salavarría Loor 2017), ubicándola a una altura entre 1.5 y 2 m.

Las variables tomadas por cada árbol fueron; la cobertura por especie en la rejilla, DAP en cm, altura y porcentaje de cobertura del dosel. La recolección de las muestras se realizó en tres días, con un ambiente soleado. Para la identificación, los especímenes colectados se almacenaron en fundas de papel para evitar la sudoración. Se registró la fecha, número de parque y número de árbol donde se colectó la muestra, para posteriormente ser llevados a un proceso de secado y almacenamiento (Torres Sanchez 2019; Salavarría Loor 2017), procedimientos realizados en el laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica sede Lago Agrio.

2.3. Identificación taxonómica

Tabla 1 | Guías taxonómicas usadas en la identificación de especies

Autor(es) y Año	Título
Benítez et al. 2019	Guía de líquenes epífitos de la Reserva Ecológica Arenillas
Cáceres et al. 2014	Remarkable diversity of the lichen family Graphidaceae in the Amazon rain forest of Rondônia, Brazil
Campos S, Uribe M y Aguirre 2008	Santa María, líquenes, hepáticas y musgos: guía de campo
Morales, Lücking y Anze 2009	Líquenes de Bolivia
Naranjo, Yanez y Zambrano 2022	Common Lichens of Quito´s Botanical Garden
Ramírez Roncallo, Gómez Ramírez y Negritto 2020	New records of lichenized fungi in sierra nevada de santa marta, colombia
Rincón Espitia, Aguirre y Lücking 2011	Líquenes corticícolas en el Caribe Colombiano
(Consorcio de Herbarios de Líquenes 2024)	Consorcio de Briofitas y Líquenes

Para realizar la identificación taxonómica de las muestras colectadas, se utilizaron guías taxonómicas elaboradas por diversos autores. Estas referentes a líquenes encontrados en Ecuador, Bolivia, Colombia y la Amazonía de Brasil, con la ayuda de un estereoscopio binocular con objetivos 2X y 4X para observar las estructuras que no se pueden diferenciar

a simple vista, en el laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica Sede Lago Agrio como se muestra en la **Tabla 1**.

2.4. Análisis de datos

2.4.1. Diversidad

Para medir la diversidad alfa de los líquenes en cada parque de estudio, se utilizó las medidas de Riqueza específica (S), el índice de Shannon – Wiener, que mide la diversidad de los individuos considerando que son muestras al azar y que las especies que componen la comunidad están representadas en la muestra , Representa la heterogeneidad de una comunidad, toma en cuenta la cantidad de especies presentes (Riqueza) en la zona y la abundancia relativa . También se tomaron los datos del modelo no paramétrico de Chao 1, que estima el número de especies de una comunidad según la cantidad de especies raras obtenidas en la muestra (Moreno 2001).

La diversidad beta se calculó con el Índice de Jaccard (Similitud/Disimilitud), que presenta la similitud de especies liquénicas entre las zonas de muestreo, considerando que los valores resultantes van de 0 cuando no se hallan especies en común hasta 1 cuando los sitios poseen una composición específica igual .

2.4.2 Análisis estadísticos

La composición, agrupamiento, patrones de similitud en la frecuencia de especies y variabilidad, relacionados a los factores ambientales, se determinó mediante un análisis NMDS con los valores de abundancia determinados usando la distancia de Bray-Curtis. De igual manera se elaboró un análisis PERMANOVA con esta misma distancia para evidenciar la variabilidad entre parques, tomando los datos de cobertura de las especies . Además de esto se realizó un análisis con el Modelo Lineal Multivariado para evidenciar el factor más influyente en la frecuencia de las especies liquénicas.

2.4.3 Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

Este índice biológico toma como base la presencia de líquenes epífitos, la frecuencia, abundancia, cobertura y distribución de las especies en una misma área. Este índice fue formulado por Le Blanc y De Sloover (1970) , y ha sido ampliamente usado para la determinación de calidad atmosférica, empleando prioritariamente organismos liquénicos. Se considera que si un lugar tiene niveles de contaminación altos existirá menor abundancia de especies y de manera contraria, a mayor abundancia de líquenes menor contaminación atmosférica .

Para la obtención del IPA, se incluye la siguiente **ecuación 1** :

$$Q_i = \sum_j \frac{A_j - 1}{E_j} \quad (1)$$

Donde:

Qi : Factor de resistencia de la especie i

Aj: Número de especies presentes en cada parque (j) donde se encuentre la especie (i).

Ej: Número de estaciones (j) donde se halle la especie (i). En la ecuación 2:

$$IPA_j = \sum_j^n \frac{f_i \cdot Q_i}{n} \cdot C_i \quad (2)$$

IPA_j: Índice de Pureza Atmosférica del parque j.

Cj: Cobertura relativa de la especie i en el parque j.

Fi: Frecuencia de la especie i (número de forófito del parque j en que aparece la especie i).

n: Número total de forófitos censados en el parque j.

El IPA asume valores desde 0 cuando no existe presencia de líquenes, y un valor o valores positivos, donde la zona con mayor valor de IPA se establece como el rango máximo, y se asume como libre de contaminación. Esta a su vez sirve como base para crear rangos para la valoración de los demás datos . Los IPAs se registran en una clasificación de acuerdo con la dispersión o similitud entre los datos . Por tanto, se establece la siguiente **Tabla 2.**

Tabla 2 | Rango de clasificación de datos

VALOR DEL IPA	CLASIFICACIÓN
IPA 0 – 50	Contaminación máxima
IPA 51 – 125	Contaminación alta
IPA 126 – 225	Contaminación media
IPA 226 – 325	Contaminación moderada
IPA > 326	Contaminación baja o sin contaminación

2.4.4. Aplicativos usados en el desarrollo del estudio

Para el desarrollo de los índices de diversidad, Análisis Multivariado, Escalamiento Multidimensional No Numérico (NMDS) y PERMANOVA, se utilizó el Software estadístico Past 4.03 . El índice de Jaccard y el IPA se calcularon en la aplicación Excel del paquete de Microsoft Office 365. El mapa que establece la ubicación de las áreas del estudio se elaboró en QGIS versión 3.16.15 - Hannover .

3. Resultados y discusión

3.1. Resultados

En la **Tabla 3** se puede observar la composición de las especies liquénicas de los tres parques, donde se registra un total de 20 especies, repartidas en 15 géneros y 8 familias, de las cuales las que poseen mayor cantidad de especies son las familias Graphidaceae (6), Parmeliaceae (4) y Arthoniaceae (3) en su respectiva **Figura 2**.

Tabla 3 | Especies de líquenes encontrados en los tres parques muestreados

			Parques		
Familia	Género	Especie	Recreativo Lago Agrio	Simón Bolívar	PERLA
Arthoniaceae	Arthonia	*Arthonia sp.*	x		
	Cryptothecia	*Cryptothecia striata*	x	x	x
	Stirtonia	*Stirtonia sp*	x	x	x
Caliciaceae	Diploicia	*Diploicia canescens*	x		
Chrysotrichaceae	Chrysothrix	*Chrysothrix granulosa*	x	x	x
		Chrysothrix xanthina			x
Collemataceae	Leptogium	*Leptogium azureum*	x	x	x
Graphidaceae	Aggregatorygma	*Aggregatorygma triseptatum*	x		x
	Graphis	*Graphis amazonica*	x		
		Graphis duplicata	x	x	
		Graphis rondoniana	x		
	Malmographina	*Malmographina plicosa*		x	
	Myriotrema	*Myriotrema subclandestinum*			x
Parmeliaceae	Parmotrema	*Parmotrema arnoldii*		x	
		Parmotrema sorodiiferum		x	
		Parmotrema sp.	x	x	
	Punctelia	*Punctelia sp*	x	x	x
Physciaceae	Heterodermia	*Heterodermia sp.*		x	
	Physcia	*Physcia undulata*		x	
Roccellaceae	Dichosporidium	*Dichosporidium nigrocinctum*			x

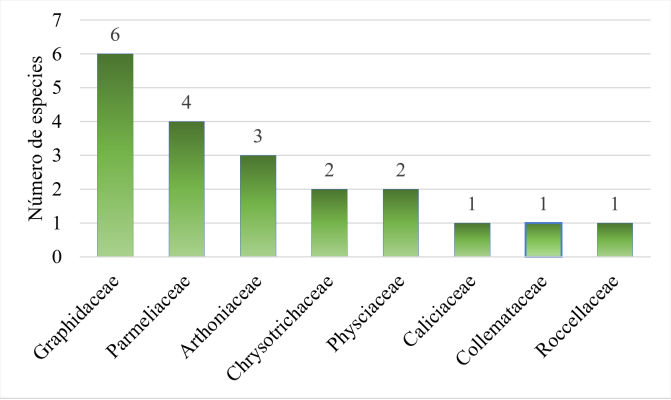

Figura 2 | Riqueza de especies de líquenes por familia

Como se observa en el **Figura 3**, las especies *Cryptothecia striata*, *Punctelia sp.* y *Stirtonia sp.* son las que poseen mayor frecuencia, con presencia en 34, 25 y 19 árboles respectivamente, y se encuentran en las tres estaciones de estudio. Por otro lado, 13 especies tienen frecuencia menor a 5, por lo que se caracterizan como menos toxicotolerantes. Mientras otras especies como *Dichosporidium nigrocinctum*, se encuentran exclusivamente en lugares con cobertura vegetal amplia, condiciones climáticas favorables y menor contaminación.

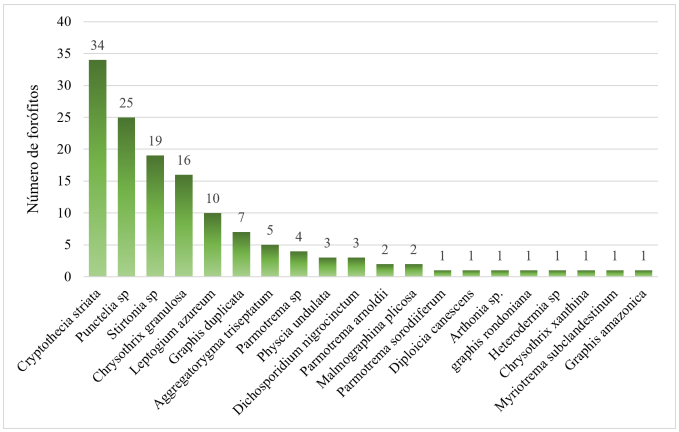

Figura 3 | Frecuencia de especie de líquenes registradas en el estudio

En cuanto a cobertura en la **Figura 4**, las especies predominantes por el número de cuadrículas ocupadas son; *Stirtonia sp*. (819 en 19 árboles), *Cryptothecia striata* (702 en 34 árboles) y *Punctelia sp*. (502 en 25 árboles), sumando entre estas más del 50 % de la cobertura total tomada (3204). También es posible notar un gran incremento en contraste con la frecuencia, de la especie *Aggregatorigma triseptatum* (277 cuadrículas en 5 árboles), mientras la mayoría de las especies poseen valores de cobertura debajo de las 200 cuadrículas.

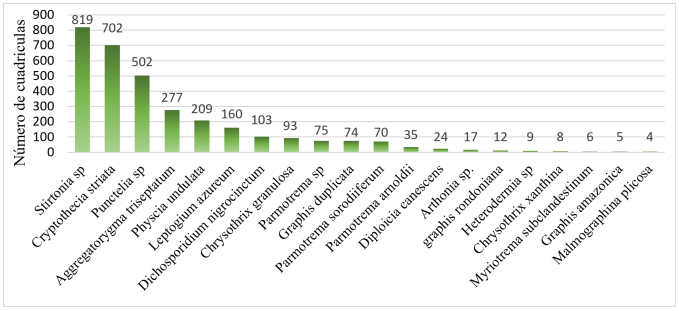

Figura 4 | Cobertura total por especie de liquen registrada por cuadrículas

La riqueza está representando el número total de especies presentes en el área de muestreo, siendo 12 especies en los parques Recreativo Nueva Loja y Simón Bolívar y 9 especies en el Parque PERLA. El índice Shannon – Wiener indica valores superiores a dos para los parques Recreativo Nueva Loja y Simón Bolívar, revelando alta diversidad, mientras en el parque PERLA, existe baja diversidad de especies. La equitatividad demuestra que en los tres parques las especies se distribuyen de manera similar, siendo sus valores cercanos a 1, sugieren un equilibrio en las 3 estaciones de estudio.

La dominancia por otro lado es más alta en el parque PERLA, por lo que la proporción de sus individuos es más dominante en relación con el total de individuos pues estos tienen mayor distribución y presencia en los árboles, pero con una menor diversidad. Por último, el estimador Chao1 nos da un aproximado del número de especies que se podrían encontrar en cada zona, donde se nota un gran aumento de especies en el parque Recreativo Nueva Loja. Se considera

que el umbral de especies llegaría a 22 con un aumento en el esfuerzo de muestreo, y de la misma forma sucedería con los otros parques, aumentara los especímenes si el esfuerzo de muestreo es mayor como se muestra en la **Tabla 4.**

Tabla 4 | Resultados de los índices de diversidad

Índices	Parques		
	Recreativo Nueva Loja	Simón Bolívar	PERLA
Riqueza_S	12	12	9
Shannon – Wiener_H	2,105	2,113	1,689
Equitatividad_J	0,847	0,850	0,768
Dominancia_D	0,152	0,151	0,245
Chao 1	22	15,33	12

La similitud entre las zonas de muestreo en la **Figura 5**, según las especies halladas en cada área es mayor al 50% entre el Parque Recreativo Lago Agrio y el Parque Simón Bolívar, expresando que la composición de especies de líquenes se comparte en este porcentaje (56%). Mientras la relación se distancia entre estos dos parques y el Parque PERLA, donde la composición de especies no alcanza el 50% de similitud.

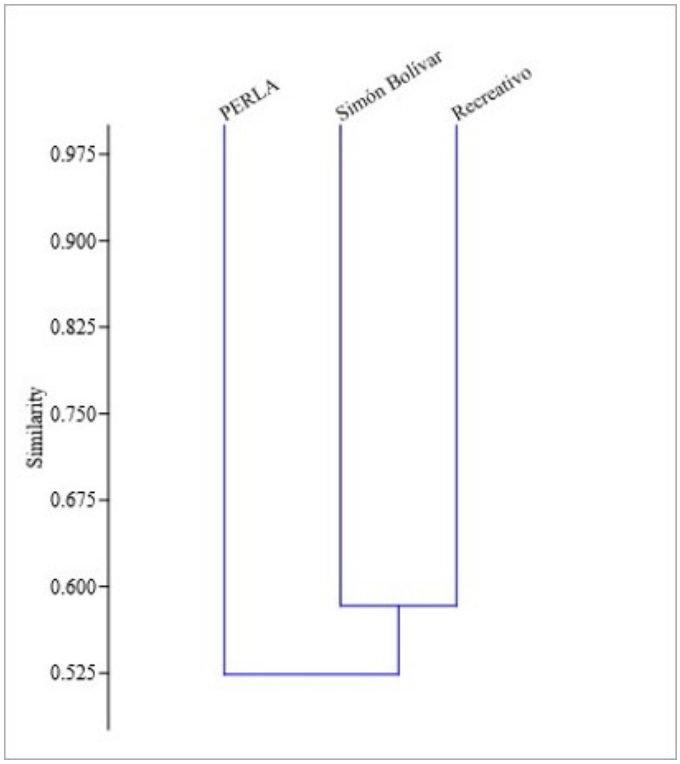

Figura 5 | Índice de Similitud de Jaccard entre las zonas estudiadas

El Escalamiento Multidimensional No Numérico en la **Figura 6** tomó en cuenta las variables frecuencia de especies, cobertura de líquenes, DAP, porcentaje de cobertura del dosel y la altura de los árboles.

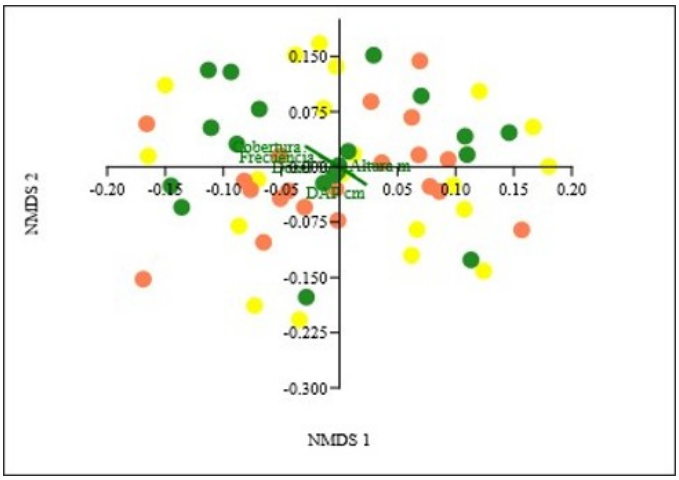

Figura 6 | Escalamiento Multidimensional No Numérico (NMDS)

Basados en el gráfico y la cantidad de variables aplicadas al análisis, se puede interpretar que no existe una diferenciación significativa en la composición de especies de las tres áreas. Ya que como muestra el gráfico, los puntos permanecen a distancias cortas y similares formando una única agrupación. También se puede notar que los puntos tienden al eje "y" positivo, expresando que hay mayor correlación entre la cobertura, frecuencia y cobertura de dosel, que con la atura y el DAP, con menor influencia o diferenciación entre las áreas de estudio.

El análisis PERMANOVA de la **Tabla 5** de un factor en la composición de líquenes por parque, con 9999 permutaciones y distancia Bray-Curtis, mostró el nivel de significancia de la disimilaridad entre los parques, con los siguientes valores; Parque Recreativo Nueva Loja vs Parque Simón Bolívar con 0,615, Recreativo Nueva Loja vs Parque PERLA con 0,086 y Parque Simón Bolívar vs Parque PERLA con 0,019, evidenciando en este último el valor más bajo. Es decir que existen diferencias significativas en la composición de especies entre el parque Simón Bolívar y el parque PERLA, los cuales poseen diferencias en cuanto a su ubicación, el primero se encuentra en el centro de la urbe mientras el otro se localiza en un área rodeada de vegetación. Mientras que existe menor significancia entre la composición de los parques que se hallan en las zonas urbanizadas (Recreativo Nueva Loja y Parque Simón Bolívar).

Tabla 5 | Prueba PERMANOVA de un factor, valores *p*

	Recreativo Nueva Loja	Simón Bolívar	PERLA
Recreativo Nueva Loja	1	0,6162	0,0870
Simón Bolívar	0,6162	1	0,0192
PERLA	0,0870	0,0192	1

Al analizar la relación entre la cobertura de líquenes con las demás variables a través del modelo lineal multivariado en la **Tabla 6**, se pudo determinar que la variable más relacionada es el porcentaje de cobertura de dosel de cada árbol donde se hallen los líquenes. Para esta variable el valor de significancia (p = 0.312) fue mucho mayor que para el DAP (p = 0,024) y la altura (p = 0,014). Sin embargo, el valor de determinación R2 fue el más bajo. Mientras que, al

realizar el análisis con la frecuencia, donde se evidencia que, en esta, el porcentaje de cobertura de dosel posee aún mayor determinación que las demás variables, en la frecuencia de especies por árbol. Dejando claro que tanto frecuencia como cobertura están influenciadas directamente por la cobertura del dosel.

Tabla 6 | Regresión lineal múltiple entre las variables mediadas en el estudio

		Variable dependiente			
		Frecuencia		Cobertura	
		p	R^2	*p*	R^2
Variables independientes	**DAP cm**	0,46701	0,0003	**0,0248**	0,0374
	Dosel %	0,28508	0,0133	0,3126	0,0126
	Altura	0,46111	0,0013	**0,0143**	0,0635

Para hallar el valor IPA por parque, primero fue necesario calcular el factor de resistencia de cada especie y sacar su valor IPA individuamente, para luego realizar la sumatoria y obtener el valor final en la **Figura 7**.

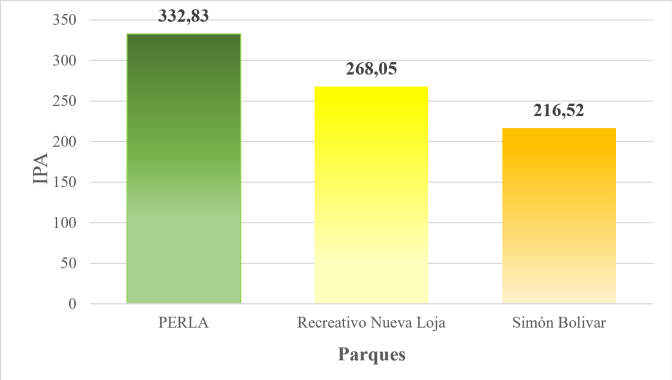

Figura 7 | Valores obtenidos de Índice de Pureza Atmosférica (IPA) por sitio de muestreo (Parques) El Parque Ecológico Recreativo Lago Agrio "PERLA" posee el valor de IPA más alto (332,83), considerándose como la zona con menor o ninguna contaminación, dada su ubicación apartada del centro de la ciudad y su gran extensión de áreas verdes. Mientas que el parque Simón Bolívar (216,52) es el área con un mayor impacto de la contaminación del aire, cabe recalcar que este sector no cuenta con suficientes áreas verdes aledañas, su ubicación está en medio de edificaciones y se encuentra junto a una de las vías con mayor tráfico en la Ciudad.

Por otro lado, el parque Recreativo Nueva Loja (268,05) con un valor de IPA intermedio, cuenta con más especies arbóreas, una mayor extensión de terreno, y la ubicación lateral al parque Turístico Nueva Loja (bosque), tomando en cuenta que a más presencia arbórea mejor la calidad de aire debido a su función como sumideros de carbono. Cabe mencionar que el resultado intermedio de IPA puede estar influenciado por la presencia de tráfico vehicular regular en la zona, además de actividades de recreación que se realizan con regularidad en el área, como por ejemplo los juegos pirotécnicos.

3.2. Discusión

Los líquenes no suelen ser diversos en zonas urbanas tanto como en entornos naturales, y generalmente se componen de individuos toxicotolerantes (Tolerante a componentes tóxicos) . Sin embargo, en este estudio los parques más diversos fueron los más centrados en la zona urbana, pero con menor cobertura. En este resultado concordamos con lo expuesto por Salavarría Loor (2017), donde reporta que en bosques intervenidos existe mayor riqueza de líquenes. Esto demuestra que las comunidades liquénicas pueden ser más diversas en ambientes con mayor intervención, debido principalmente a tener un dosel más abierto. Sin embargo, una mayor riqueza no infiere en la cobertura que estos posean sobre un forófito.

La familia Graphidaceae fue la de mayor dominio y riqueza en especies, a diferencia de los resultados obtenidos por , donde la familia con mayor dominio fue la familia Parmeliaceae. La familia Graphidaceae llega a ser la mas tolerante a perturbaciones, ya que la mayor parte sus especies tienen un mejor metabolismo secundario que protege al organismo contra la excesiva radiación .

Según diversos estudios se documenta que los sitios más contaminados, donde el IPA es el valor más bajo, existe una relación con condiciones de la zona como presencia vehicular alta o ser una zona industrial . Estos supuestos expresados por los autores mencionados, son corroborados en el presente estudio en base a los resultados de los análisis multivariantes y los resultados del IPA, ya que existe mayor similitud entre Parque Recreativo Nueva Loja y Parque Simón Bolívar siendo los más centrales de la ciudad y con gran presencia de tráfico vehicular debido a su ubicación aledaña a vías concurridas de la ciudad.

Los resultados obtenidos muestran que no existen gran divergencia en la riqueza de especies por parque, contrario a la información otorgada por en su estudio, en donde sí existe una significativa diferencia entre áreas de muestreo. Concordamos con dicho autor en que mientras más céntrica en la ciudad sea el área, menor es el IPA, es decir que existe menor calidad de aire.

Por la similitud entre los datos obtenidos por otros autores y los resultados del presente trabajo, se puede ratificar que la calidad de aire en zonas urbanas es menor a la que se puede encontrar en un área apartada de edificaciones y tránsito fluido. Sin embargo, en contraste con investigaciones realizadas por otros autores como (Yaulilahua Huacho et al. 2024), donde su valor más alto de IPA fue 46,3 y en nuestra investigación el valor IPA más alto fue 332,83, la composición de las comunidades y la contaminación difieren en gran cantidad.

4. Conclusiones

Se identificaron 20 especies de líquenes con más riqueza en la familia Graphidaceae (6 especies), y mayor frecuencia de la especie *Cryptothecia striata*, encontrándose en 34 de los 60 forófitos muestreados. Existe más diversidad en los parques Nueva Loja (1) y Simón Bolívar (2), mientras el parque PERLA (3) presenta mayor dominancia de especies. La similitud más alta se da entre los parques Recreativo Nueva Loja y Simón Bolívar, y los que más difieren en la composición de especies son el parque Recreativo Nueva Loja y PERLA.

El análisis de las variables tomadas por cada árbol muestreado demostró que no existe una relación directamente proporcional entre las medidas del DAP o la altura, con respecto a la frecuencia o cubertura de los líquenes. Sin embargo, estos dos factores si se ven influenciados directamente por la cobertura del dosel, es decir la cantidad de luz que reciben los líquenes.

Se determinó al parque PERLA con IPA 332,83, como el área con mejor calidad de aire, mientras el parque Simón Bolívar con IPA 216,52 se identificó como la zona con mayor contaminación atmosférica por su bajo valor del índice. Siendo esta la zona central de la ciudad, se afirma la influencia de la urbanización y el tráfico automovilístico en la generación de contaminantes y disminución de cobertura de las comunidades liquénicas.

Contribuciones de los autores:

Richard Alirio Moreno Moreno: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Jenny Maritza Suarez Cano: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Adolfo Gilberto Chamba Carrillo: 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

ANDREA CAMILA, F.S., 2020. Uso de líquenes foliosos como bioindicadores de la calidad del aire de Bogotá, D.C. [en línea]. S.l.: Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia.

BENITEZ, A., CHUQUIMARCA, L., RODRÍGUEZ, G., ARAGÓN, G., PRIETO, M. y GUZMÁN, E., 2019. Guía de líquenes epífitos de la Reserva Ecológica Arenillas. [en línea]. Arenillas, El Oro: Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/336731509.

CÁCERES, M.E.S., APTROOT, A., PARNMEN, S. y LÜCKING, R., 2014. Remarkable diversity of the lichen family Graphidaceae in the Amazon rain forest of Rondônia, Brazil. Phytotaxa, vol. 189, no. 1, ISSN 11793163. DOI 10.11646/phytotaxa.189.1.8.

CAMPOS S, L. V., URIBE M, Jaime. y AGUIRRE, Jaime., 2008. Santa María, líquenes, hepáticas y musgos: guía de campo. S.l.: Instituto de Ciencias Naturales-Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. vol. 3. ISBN 9789587190519.

CANSECO, Angela., ANZE, Rafael. y FRANKEN, M., 2006. Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolovia. Acta Nova, vol. 3,

CARRILLO, W., CALVA, J. y BENÍTEZ, Á., 2022. The Use of Bryophytes, Lichens and Bromeliads for Evaluating Air and Water Pollution in an Andean City. Forests, vol. 13, no. 10, ISSN 19994907. DOI 10.3390/f13101607.

CONSORCIO DE HERBARIOS DE LÍQUENES, 2024. Consorcio de Briofitas y Líquenes. [en línea]. [consulta: 1 marzo 2024]. Disponible en: https://lichenportal.org/portal/.

GONZÁLES VARGAS, N., LUJÁN PÉREZ, M., NAVARRO SÁNCHEZ, G. y FLORES MERCADO, R., 2016. Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba. ACTA NOVA, vol. 7, ISSN 1683-0768.

HARPER, D.A. y RYAN, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. 2001. S.l.: s.n. 4.03.

LIJTEROFF, Rubén., LIMA, Luis. y PRIERI, B., 2009. Liquenes como bioindicadores de contaminación atmosferica. Rev. Int. Contam. Ambient,

LIVIA ASTOCHADO, H. y ROJAS SEGURA, R., 2019. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LAS PRINCIPALES VÍAS DE TRÁNSITO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE JAÉN EMPLEANDO LÍQUENES COMO BIOINDICADORES [en línea]. Jaén, Perú: Universidad Nacional de Jaén. [consulta: 2 marzo 2024]. Disponible en: http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/135/1/Livia_AH_Rojas_SR.pdf.

MARES RUEDA, I., 2017. LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE. Trabajo de Fin de Grado. S.l.: Universidad Complutense.

MARTELLA, M., TRUMPER, E., BELLIS, L., RENISON, D., GIORDANO, P., BAZZANO, G. y GLEISER, R., 2012. Manual de Ecología, Evaluación de la biodiversidad. Reduca (Biología). Serie Ecología [en línea], vol. 5, no. 1, [consulta: 2 marzo 2024]. ISSN 1989-3620. Disponible en: https://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/917/928.

MINISTERIO DE AMBIENTE DEL ECUADOR, 2014. Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. [en línea]. Quito: [consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf.

MORALES, E.A., LÜCKING, R. y ANZE, R., 2009. Líquenes de Bolivia. [en línea]. Cochabamba, Bolivia: Disponible en: www.ucbcba.edu.bo.

MORENO, C.E., 2001. Métodos para medir la biodiversidad. MT manuales & tesis SEA [en línea], vol. 1, ISSN 1576-9526. Disponible en: http://entomologia.rediris.es/sea.

MUÑOZ, S., SALCEDO, J. y SOTOMAYOR, S. 2021. Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. Inventum, Vol 16, No. 30, pp. 20-30. doi: 10.26620/uniminuto. inventum.16.30.2021.20-30

NARANJO, D., YANEZ, A. y ZAMBRANO, R., 2022. Common Lichens of Quito's Botanical Garden. Quito.

OCHOA JIMÉNEZ, D.A., CUEVA AGILA, A., PRIETO, M., ARAGÓN, G. y BENITEZ, Á., 2015. Cambios en la composición de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Loja (Ecuador). Caldasia [en línea], vol. 37, no. 2, [consulta: 2 marzo 2024]. ISSN 03665232. DOI 10.15446/caldasia.v37n2.53867. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322015000200008.

PAQUI SARANGO, L.Ernan., 2017. Efectos de la fragmentación sobre la diversidad de líquenes y briófitos epífitos en bosques amazónicos. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.

QGIS ASSOCIATION, 1991. QGIS Geographic Information System [en línea]. 1991. S.l.: s.n. [consulta: 3 marzo 2024]. 3.16.15-Hannover. Disponible en: https://www.qgis.org/.

RAMÍREZ RONCALLO, K., GÓMEZ RAMÍREZ, H. y NEGRITTO, M.A., 2020. New records of lichenized fungi in sierra nevada de santa marta, colombia. Check List, vol. 16, no. 6, ISSN 1809127X. DOI 10.15560/16.6.1421.

RINCÓN ESPITIA, A., AGUIRRE, J. y LÜCKING, R., 2011. Líquenes corticícolas en el Caribe Colombiano. Caldasia [en línea]. S.l.: Disponible en: http://www.icn.unal.edu.co/.

RUBIANO OLAYA, L.J. y CHAPARRO DE VALENCIA, M., 2006. DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE ISOCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE BIOINDICADORES (LÍQUENES EPIFITOS). Acta Biológica Colombiana [en línea], vol. 11, no. 2, [consulta: 2 marzo 2024]. ISSN 0120-548X. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028579007.

TORRES SANCHEZ, M.E., 2019. LÍQUENES: LOS BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE [en línea]. Chachapoyas: Univer-

sidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Disponible en: https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2067/Torres%20Sanchez%20Maria%20Estelita.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

UNICEF ECUADOR, 2020. El aire que respiramos: Los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador. [en línea]. Quito, Ecuador, 2020. [consulta: 25 febrero 2024]. Disponible en: www.unicef.org/ecuador.

VALDIVIA, D. y RAMÍREZ, Á., 2018. USO DE LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL PASIVO AMBIENTAL MINERO SANTO TORIBIO, ÁNCASH, PERÚ. The Biologist (Lima) [en línea], vol. 16, [consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 1994-9073. Disponible en: https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/223.

YAULILAHUA-HUACHO, R., SUMARRIVA-BUSTINZA, L.A., GAVECHAGUA, J.L., HUERE-PEÑA, J.L. y GARCIA-TICLLACURI, R., 2024. Líquenes epifitos como bioindicadores de contaminación del aire en la ciudad de Lircay, Perú. Revista Alfa [en línea], vol. 8, no. 22, ISSN 2664-0902. DOI 10.33996/revistaalfa.v8i22.262. Disponible en: https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/348.

ZUÑIGA GONZÁLEZ, R.A., ALVAREZ BARAJAS, I., CORRAL AVITIA, A., FLORES MARGUEZ, J., ENRÍQUEZ ANCHONDO, I. y QUIÑÓNEZ MARTÍNEZ, M., 2021. Diversidad, ecología y uso potencial de líquenes epífitos de Chihuahua. Revista de Ciencia y Tecnología de la UACJ, vol. 16, ISSN 2007-042X.