

Comunidades liquénicas urbanas de la Ciudad de Concepción

Urban lichen communities of the city of Concepción

Francibelk Roa García¹⁾, Mailen Ríos²⁾ & Víctor Hernández Santander¹⁾

¹⁾ Universidad de Concepción, Chile.
Email: froa@udec.cl, vhernand@udec.cl
²⁾ Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.
Email: mrios@uvq.edu.ar

Resumen

La Ciudad de Concepción, perteneciente a la región del Biobío, delimitada por la Cordillera de la Costa y Cordillera de los Andes en Chile, posee amplia vegetación de Bosque esclerófilo y bosque caducifolio, que confluyen en el casco urbano de la ciudad; resguardado por los Parques: a) Metropolitano Cerro Caracol y b) Ecuador, ambos hábitat de líquenes urbanos. Se muestrearon más de 201 forófitos de la ciudad y se registraron 15 familias de líquenes predominando: Parmeliaceae, Ramalinaceae y Teloschistaceae. Se muestrearon un total de cuatro (4) zonas del casco urbano de Concepción, y se identificaron: a) líquenes típicos de sitios soleados y abiertos como *Flavopunctelia soledica* (Nyl.) Hale, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., y *Usnea* sp. hasta, b) líquenes de microsítios semi-abiertos como *Haematomma puniceum* (Ach.) A. Massal. Se concluyó, que la ciudad alberga un total de 30 especies, que deben ser conservados como parte de patrimonio natural del casco urbano de la ciudad, y enmarcado en los bosques urbanos de Concepción como potencial para propiciar la conservación y estudio de la liquenología.

Palabras claves: Biobío, caducifolio, esclerófilo, tolerantes.

Abstract

The City of Concepción, belonging to the Biobío region, bounded by the Coastal Range and the Andes Mountains in Chile, has extensive vegetation of sclerophyll forest and deciduous forest, which converge in the urban area of the city; protected by the Parks: a) Metropolitan Cerro Caracol and b) Ecuador, both habitats for urban lichens. More than 201 phorophytes from the city were sampled and 15 predominant lichen families were recorded: Parmeliaceae, Ramalinaceae, and Teloschistaceae. A total of four (4) areas of the urban area of Concepción were sampled, they were identified: a) lichens typical of sunny and open sites such as *Flavopunctelia soledica* (Nyl.) Hale, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., and *Usnea* sp. to, b) semi-open microsite lichens such as *Haematomma puniceum* (Ach.) A. Massal. It was concluded that the city houses a total of 30 species, which must be preserved as part of the natural heritage of the urban area of the city, and framed in the urban forests of Concepción as a potential to promote the conservation and study of lichenology.

Key words: Biobío, deciduous, sclerophyllous, tolerant.

Introducción

Particularmente, Chile posee un diverso patrimonio ambiental, protegido por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), creado y administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). El Sistema se compone actualmente por 106 unidades, distribuidas en 42 Parques Nacionales, 46 Reservas Nacionales y 18 Monumentos Naturales (CONAF 2022).

La mayoría de los ecosistemas en Chile, son destruidos anualmente por la tala ilegal y quema indiscriminada de miles de hectáreas de bosques, y muchos de estos sitios son devastados (Armesto *et al.* 2014). No todos los sitios y ecosistemas están dentro de la jurisdicción de SNASPE y CONAF (Anderson *et al.* 2010, Armesto *et al.* 2014), existen en la actualidad varios sitios no frecuentados o visitados por especialistas en líquenes y entre ellos se encuentran los de zonas perimetrales urbanas y cascos urbanos de las ciudades.

Una de las ciudades que están perimetradas por relictos de bosques esclerófilos, en el centro-sur de Chile, es la ciudad de Concepción perteneciente a la Región del Biobío (Zamora-Mansur *et al.* 2011), que posee un casco urbano central, caracterizado por alto tránsito vehicular e impacto antropogénico, típico de las urbes, y que suele ser considerados desierto de líquenes (Correa-Ochoa *et al.* 2020).

Además, debido al aumento poblacional, se incrementa, el empleo de estufas y calderas en épocas de invierno [León *et al.* 2019, Consejo Políticas de Infraestructuras (CPI) 2022, Maturana *et al.* 2022], traduciéndose en un aumento de la contaminación e impacto ambiental (Fenger 1999, Mares 2017, Valdivia *et al.* 2018).

Estos impactos antropogénicos, afectan negativamente el establecimiento y desarrollo del líquen, ya que este último, al no poseer una cutícula protectora o estomas (Farci *et al.* 2011, García & Pineda 2022), permea a través de su talo componentes químicos como dióxido de carbono, dióxido de azufre, ozono, hidrocarburos aromáticos (HAP), entre otros. Por ende, los líquenes son particularmente sensibles al sinergismo provocado por el efecto integrado de varios contaminantes presentes en la atmósfera al mismo tiempo, y no a cada uno por separado (Fernández-Salegui *et al.* 2006, Correa-Ochoa *et al.* 2021), traduciéndose en bioindicadores ambientales de la calidad del aire.

Asimismo, la calidad del aire y sus componentes químicos, característicos de las áreas urbanas, afecta el balance entre los componentes del líquen (ficobionte: alga; micobionte: hongo) (Pereira *et al.* 2018, Zuñiga *et al.* 2015), volviendo al líquen vulnerable a variaciones ambientales, y asociando urbe con desierto de líquenes (Seaward 1997, Vareschi & Moreno 1973).

Sin embargo, existen líquenes que debido a sus características fisiológicas y morfoanatómicas (como metabolitos secundarios: antraquinonas, flavonoides, entre otros) sobreviven dentro de zonas antropizadas de la ciudad (Bravo 2022, Pereira *et al.* 2018), formando parte de la líquenobiota de los cascos perimetrales y urbanos, siendo un potencial recurso para la bioindicación de la calidad de aire a un bajo costo (Mares 2017, Acevedo & Charry 2018) y una manera preventiva para mitigar, evaluar y regularizar a tiempo los efectos negativos de impactos ambientales.

En consecuencia, los cambios en la composición de las comunidades líquénicas, son correlacionados con los que ocurren a nivel de la contaminación atmosférica. Los líquenes pueden ser usados como bioindicadores en tres formas, históricamente comprobadas: la primera, por el mapeo de todas las especies presentes en un área específica; la segunda, mediante el muestreo individual, de las especies líquénicas y la tercera evaluando la medición de los contaminantes acumulados en sus talos (trasplante de líquenes, cambios morfo fisiológicos, evaluación de bioacumulación) (Vareschi & Moreno 1973, Conti & Cecchetti 2000, Santoni & Lijteroff 2006, Pereira *et al.* 2018, Varela *et al.* 2018, Correa-Ochoa *et al.* 2020, Villagra *et al.* 2021, García & Pineda 2022).

Por lo tanto, entre las razones que motivaron la realización de esta investigación, destacan: el potencial investigativo de bajo costo empleando los líquenes urbanos (Calatayud *et al.* 2011, Izquierdo 2015, García & Pineda 2022), la escasez de estudios previos de este tipo, tanto en el ámbito

regional como nacional (Riquelme 2014; Varela *et al.* 2018; Pereira *et al.* 2018; Correa-Ochoa *et al.* 2020; Correa-Ochoa *et al.* 2022), y la necesidad de consolidar especialistas conocedores de la biota no solamente dentro de bosques sino en áreas que pasan desapercibidas para estudios ambientales como las ciudades (Hawksworth *et al.* 2005; Armesto *et al.* 2014; González De Luca 2020).

El estudio de los líquenes como bioindicadores de calidad de aire, se cuantifico con el uso del Índice de Pureza Atmosférica (I.P.A: IPA), el cuál ha sido históricamente usado, siendo comprobada su utilidad para evaluar zonas que impliquen una línea base para estudios de bioindicación en el tiempo (Vareschi & Moreno 1973, Fernández-Salegui *et al.* 2006, Conti & Cecchetti 2001, Calatayud *et al.* 2011, Riquelme 2014, Mares 2017, Pereira *et al.* 2018, Correa-Ochoa *et al.* 2021, García & Pineda 2022).

Asimismo, el IPA, es denominado como: Lichen Biodiversity, ya que aporta datos sobre la cobertura líquénica y la diversidad de especies (Calatayud-Lorente & Sanz-Sánchez 2000, Correa-Ochoa *et al.* 2021), ofreciendo un valor numérico del nivel de contaminación atmosférica, en función del número de especies taxonómicas de líquenes y de su frecuencia en el área o zona muestreada.

Para el estudio de las comunidades de líquenes urbanos, se empleó el Índice de Pureza Ambiental (Fernández-Salegui *et al.* 2006, Pereira *et al.* 2018, Correa-Ochoa *et al.* 2020, Correa-Ochoa *et al.* 2021) para poder estimar la calidad del aire (Correa-Ochoa *et al.* 2020, García & Pineda 2022). El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar las especies líquénicas del casco urbano de la Ciudad de Concepción, para su empleo como recursos de bioindicación en la calidad del aire, y a largo plazo, emplearse como estrategia didáctica para propiciar la educación ambiental y conocimientos de estos organismos.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Región VIII de Chile: Biobío, en la ciudad de Concepción, UTM: Longitud:73.061828, Latitud:36.787660, la ciudad está delimitada por las Planicies Litorales y la Cordillera de La Costa Chilena; posee un clima templado con temperaturas promedio anuales de 12,7°C y mínima anual de 8°C en invierno (Sistema Nacional de la calidad de aire, usando estación meteorológica Kingston College de Concepción: SINCA 2023), con precipitaciones promedio anuales de 1110 mm (Armesto *et al.* 2014, CONAF 2022).

En Concepción, algunos de los principales agentes contaminantes que influyen en la calidad del aire son NO₂ y SO₂, constatándose para meses a finales de otoño y comienzo de invierno (agosto a septiembre 2022) siendo producto de uso continuo de estufas y quema de leña (SINCA 2023, Ministerio del Ambiente de Chile 2019).

Se tomó un área central de la ciudad de Concepción, la cual abarcó 494 hectáreas aproximadamente (4,94 Km²). Dentro de esta área, se encontraron cuatro (4) zonas características que incluyeron: Parque Metropolitano Cerro Caracol, Parque de la avenida Manuel Rodríguez, Parque Ecuador y su zona aledaña vecina: el Campus de la Universidad de Concepción (UdeC).

Se muestrearon durante un año, las comunidades líquénicas urbanas de la ciudad, presentes a lo largo de la fisionomía vegetal de Concepción, compuesta por árboles como: Pehuén (*Araucaria araucana* (Molina) Molina), Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst), Raulí (*Nothofagus alpina* Pepp & Endl), Liquidambar (*Liquidambar styraciflua* L.), Plátano (*Platanus x hispánica* Mill. Exmünchh.), Aromo (*Acacia caven* (Molina) Molina), Cerezo (*Prunus serrullata* Lindl), Peumo (*Cryptocarpa alba* R.Br.), y Palma chilena (*Jubaea chilensis* Molina Baill) (Alvarado *et al.* 2013).

Para realizar el mapa con las zonas de estudio y estaciones de muestreo respectivas, se utilizó el programa gvSIG-desktop-2.5.1, con uso de datos georreferenciales (shapes) de Concepción disponibles en el Ministerio de Bienes Nacionales: Infraestructura y datos geoespaciales (IDE) (2020) de Chile.

Se utilizó la técnica transectos: cada 100 metros se registraron un mínimo de 4 árboles (forófitos) y mapearon en total 201 forófitos (E: estación de muestreo) sanos, con corteza homogénea, y de difícil desprendimiento en el tiempo, así como con características similares de textura y rugosidad (Richardson 1991, Gries 1996, Seaward 1997, Asta 2002, Correa-Ochoa *et al.* 2021).

Se inventariaron las comunidades liquénicas presentes solo en los forófitos que tuvieran un diámetro más o menos semejante (30-40 cm), para asegurarse que las comunidades liquénicas asentadas en ellos se encontraran bien desarrolladas (Fernández-Salegui *et al.* 2006, Correa-Ochoa *et al.* 2020).

El muestreo de los líquenes, se realizó a una altura máxima de 1,50 metros de cada forófito (E) y se empleó una red (grilla) de muestreo (compuesta por 10 rectángulos de 10 x 15 cm cada uno) (Fernández-Salegui *et al.* 2006). A cada una de las especies presentes en el área que abarcó la red de muestreo, se le asignó un valor de frecuencia de 1 a 10, en función del número de cuadros máximo de la red de muestro (10), en los que estuvieran presente cada especie taxonómica de liquen (Calatayud-Lorente & Sanz 2000, Pereira *et al.* 2018, Correa-Ochoa *et al.* 2020).

Las muestras fueron colectadas en bolsas de papel kraft, con ayuda de espátula y navaja, colectándose solo los líquenes representativos para identificar cada especie taxonómica respectivamente.

Se consideraron para el inventario, todos los flancos del forofito (E), orientación (norte, sur, este y oeste) es decir: 360 grados del tronco, para así evitar la subjetividad y estandarizar la metodología (Fernández - Salegui *et al.* 2006).

Posteriormente, las muestras colectadas, se secaron en una estufa con una temperatura no mayor de 30 grados centígrados, y luego en el laboratorio se procedió a su identificación, realizando las pruebas químicas habituales en liquenología y mediante el uso de claves especializadas, de las siguientes referencias: Consortium of Lichen Herbaria of North América (CNALH: 2021), Farci *et al.* (2011), Gauslaa *et al.* (2006); Lucking *et al.* 2007; Nash (2008) y Conti & Cecchetti (2001) y revisando incidencias en Checklist de líquenes para Chile (Galloway & Quilhot 1998; Vargas & Sandoval 2020).

En el análisis estadístico, se utilizó la frecuencia de especies, es decir la cantidad de ocurrencias de cada especie en cada estación de muestreo (E) y los datos se organizaron en una matriz por zona de estudio, donde la frecuencia de cada especie se expresa como el valor medio de la frecuencia registrada entre todos los inventarios que conforman cada zona de estudio. Además, las especies se categorizaron considerando los diferentes biotipos: Costroso (Cost), Fructiculoso (Fru), Filamentoso (Fila) y Folioso (Fol) (Fernández- Salegui *et al.* 2006).

Para las zonas muestreadas, se usó el Índice de Pureza Atmosférica (IPA), utilizando la siguiente fórmula:

$$IPAJ = 1/n \sum (f_i * Q_i)$$

Dónde:

IPAJ = Índice de Pureza Atmosférica de la estación j.

n = número total de forófitos muestreados en cada estación j.

f_i = grado de frecuencia.

Q_i = factor de tolerancia/sensibilidad de la especie i.

Para poder definir el Q_i se debe realizar la siguiente ecuación la cual determinará el número de especies i en las estaciones de monitoreo, usando la fórmula siguiente:

$$Q_i = \sum_j (A_j - 1) / N_j$$

Dónde:

Q_i = factor de resistencia de la especie i .

A_j = número de especies presentes en cada estación (j) donde se encuentra la especie i .

N_j = número de estaciones (j) donde se encuentra la especie i .

Se calculó el IPA en cada forófito y luego se obtuvo el IPA total de cada zona de estudio, mostrando indirectamente la diversidad de especies presentes.

Con el programa Past 4.0, se empleó la herramienta de análisis de estadística descriptiva (Bojorque 2020, Rodríguez-Bárceñas 2022) para mostrar relaciones entre datos que no son aparentes a priori: el análisis multivariado, utilizando la opción: clustering classic, permitiendo calcular las similitudes máximas, entre el universo de datos ingresados de toda la zona muestreada.

Mediante el algoritmo exacto y preciso: análisis tipo Clúster (clustering classical:CC) y su distancia Euclidiana, se calcularon las similitudes de los datos y sus variables categóricas, agrupándolos de manera no jerárquica objetivamente (Rodríguez-Bárceñas 2022) obteniéndose un dendrograma principal con las estaciones de muestreo (201) y finalmente de las cuatro zonas resultantes del estudio.

Se obtuvieron cuatro (4) grandes grupos de datos estadísticos, que se traducen en las cuatro (4) zonas características del estudio, agrupándose en conjunto de pares homogéneos correspondientes: a) Zona 1 (Z1) y Zona 2 (Z2); b) Zona 3 (Z3) y Zona 4 (Z4).

Para evaluar las características estructurales, de las comunidades líquénicas urbanas y entender su composición, se emplearon algunos índices ecológicos, como el índice de Margalef o índice de diversidad específica de Margalef (Álvarez & Guerrero 2022, García Pineda 2022) el cual se utilizó para estimar la diversidad de las zonas de estudio, ya que relaciona la cantidad de unidades de cada especie versus el logaritmo natural del total de individuos en el lugar.

Cuando el índice de Margalef es inferior a dos (2), un sitio es considerado de baja biodiversidad y valores superiores a cinco indican lo contrario, como se supondrá, indica una alta diversidad (García Pineda 2022).

Asimismo, se utilizó, el índice de Shannon (H), ya que considera tanto la riqueza en especies como su abundancia, empleando una escala logarítmica.

Resultados

Se registraron 15 familias de líquenes urbanos, con un total de veinte (20) géneros (Tabla 1) y treinta (30) especies (Figura 1, Tabla 1 y 2). De un total de quince (15) familias, las tres (3) familias más representativas fueron: Parmeliaceae con un total de 25,13%, Ramalinaceae (17,64%), y Teloschistaceae (13,22%).

Las zonas con mayor riqueza de especies (I) y diversidad (H), encontradas respectivamente fueron: la Zona 4 (Z4) (Campus de UdeC) con 8,8968 (I) y 24 especies (es) (Tabla 4).

Entre los líquenes de Z4 se encontraron: *Crypthotecia rubrocincta*, *Crypthotecia candida*, *Cladonia* sp., *Graphis lineola*, *Graphis scripta*, *Flavopunctelia flaventior*, *Flavopunctelia soledica*, *Heterodermia leucomela*, *Leptogium azureum*, *Parmotrema perlatum*, *Parmotrema crinitum*, *Phycia caesia*, *Phycia stellaris*, *Phycia adscendens*, *Punctelia subrudecta*, *Punctelia borneri*, *Ochrolechia* sp., *Ramalina chilensis*, *Ramalina* sp., *Stereocaulon* sp., *Teloschistes chrysophthalmus*, *Usnea sulcata*, *Usnea nidulans* y *Xanthoria parietina*.

La segunda zona con mayor I, fue la Zona 3 (Parque Ecuador) con 2,912 (I), y 10 (es).

Entre los líquenes representativos de la Zona 3 (Z3), destacan: *Sticta fuliginosa*, *Pertusaria pertusa* y *Haematomma puniceum*, los cuales solo se presentan en esta zona.

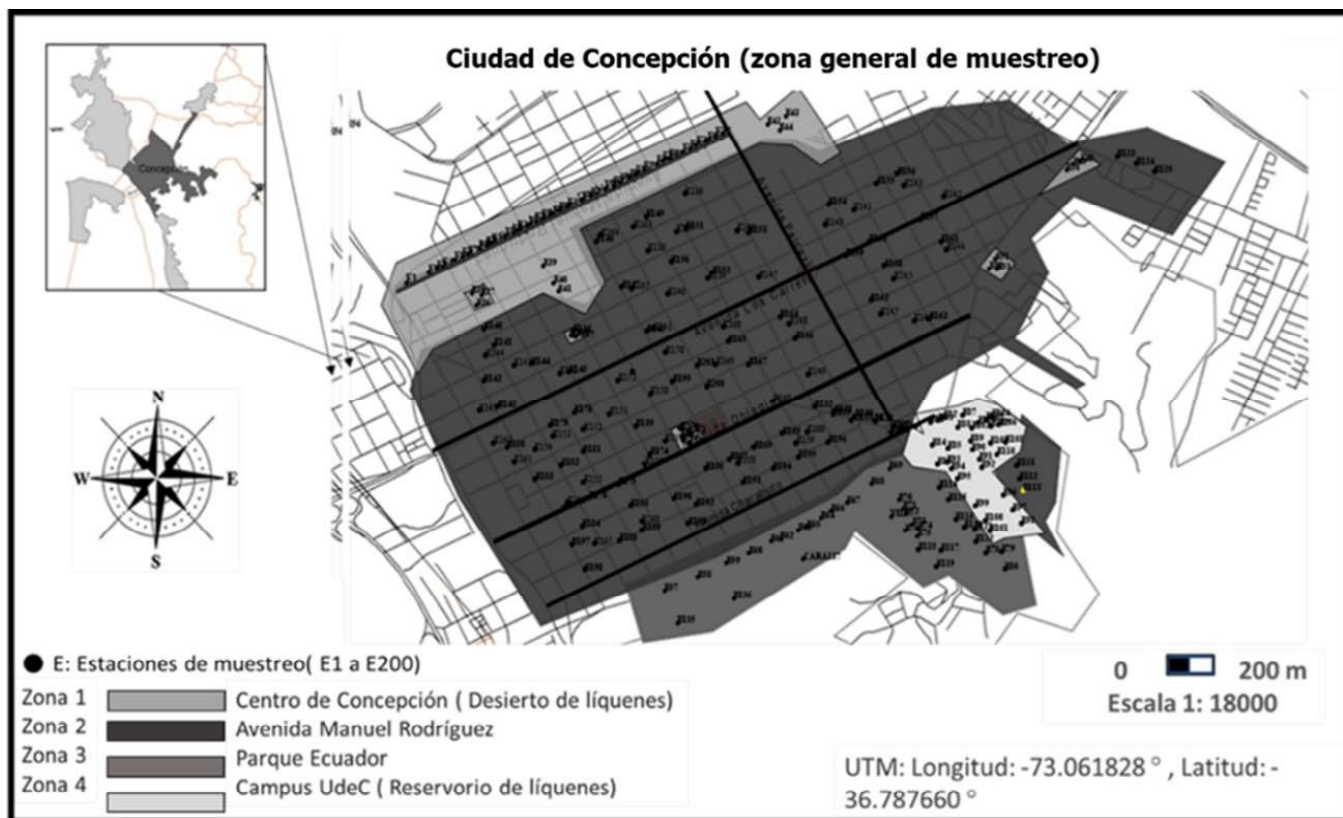


Fig. 1. Mapa de la Ciudad de Concepción con la zona de estudio

La Zona 2 (Z2) (Manuel Rodríguez) resultó con 3,87 I) y 4 (es). Entre los líquenes representativos de esta zona destacan: *Physcia caesia* y *Xanthoria parietina* siendo esta última la más representativa.

Finalmente, la Zona 1 (Z1) (Centro ciudad) resultó con 0 (I) y 3 (es) teniendo entre sus líquenes: *Xanthoria parietina*, *Candelaria concolor*, y la representativa *Chrysothrix candelaris* (Tabla 1 y 2, Figura 2).

La zona de mayor riqueza de especies y diversidad medida por el índice de Shannon (H) fue la Zona 4 (Z4) con $H=2,651$, seguida de la Zona 2 (Z2) ($H=1,8$), Zona 3 (Z3) ($H=1,5$) y Zona 1 (Z1) ($H=1,15$) respectivamente.

En consecuencia, la zona de mayor riqueza de especies, y diversidad fue la Zona 4 (Z4) (Campus de UdeC) en contraposición a la Zona 1 (Z1) (Casco urbano de la ciudad) con menor riqueza de especies y diversidad respectivamente (Tabla 4 y Figura 1).

La zona con mayor IPA fue la Zona 4 (IPA=31,09) indicando un ambiente con nivel C de moderada contaminación (Tabla 3) siendo un escenario y más propicio para el desarrollo de comunidades líquénicas (mayores valor: H, I) considerándose reservorio de líquenes (Figuras 1 y 2).

El IPA de la Zona 1 (IPA=3,57) indica mayor contaminación, con un nivel A de contaminación (Tabla 3), por tanto una zona poco propicia para el desarrollo y sobrevivencia de las comunidades líquénicas (menor valor: H, I) considerándose esta última zona como desierto de líquenes (Tabla 3 y Figura 1).

El resultado del dendrograma se tradujo en la agrupación de zonas homogéneas, y de las

Tabla 1. Familia, géneros y especies de líquenes por zonas de estudio.

Nº	Género	Cant. Especies	Nombre científico	Zonas				fp	Familia
				1	2	3	4		
1	Gyothythecia	2	<i>C. candida</i> (Kriemp.) R. Sant.				■	4	Arthoriaceae
			<i>C. rubrocineta</i> (Ehrenb.) G. Thor				■	2	Arthoriaceae
2	Candelaria	1	<i>C. concolor</i> (Dickson) Stein	■	■			100	Candelariaceae
3	Chrysothrix	1	<i>C. candelaris</i> (L.) J.R. Laundon				■	50	Chrysothricaceae
4	Cladonia	2	<i>C. sp.</i>				■	2	Cladoniaceae
			<i>F. flaventior</i> (Stirton) Hale				■	12	Parmeliaceae
5	Flavopunctelia	2	<i>F. soredica</i> (Nyl.) Hale				■	8	Parmeliaceae
			<i>G. lineolata</i> Ach.				■	2	Graphidaceae
6	Graphis	2	<i>G. scripta</i> (L.) Ach.			■	■	3	Graphidaceae
			<i>H. puniceum</i> (Ach.) A. Massal			■		4	Haematommataceae
7	Haematomma	1	<i>H. leucomela</i> (L.) Poet				■	10	Physciaceae
8	Heterodermia	1	<i>L. azureum</i> (Sw.) Mont.				■	2	Colemataceae
9	Leptogium	1	<i>Ochrolechia</i> sp.				■	100	Ochrolechiaceae
10	Ochrolechia	1	<i>P. perlatum</i> (Huds.) M. Choisy			■	■	80	Parmeliaceae
			<i>R. crinitum</i> (Ach.) M. Choisy				■	120	Parmeliaceae
11	Parmotrema	2	<i>P. pertusa</i> (L.) Tuck.				■	4	Pertusariaceae
			<i>P. adscendens</i> (Fr.) H. Olivier				■	1	
12	Pertusaria	1	<i>P. caesia</i> (Hoffm.) Hampe ex Fűrnr.	■			■	74	Physciaceae
			<i>P. stellaris</i> (L.) Nyl.				■	125	Physciaceae
13	Physcia	3	<i>P. subrudecta</i> (Nyl.) Krog				■	15	Parmalinaceae
			<i>P. barreni</i> (Turner) Krog				■	5	Parmeliaceae
14	Punctelia	2	<i>R. chilensis</i> Bertero ex Nyl.				■	180	Ramalinaceae
			<i>Ramalina</i> sp.				■	20	Ramalinaceae
15	Ramalina	2	<i>Stereocaulon</i> sp.				■	1	Stereocaulaceae
16	Stereocaulon	1	<i>Siccia fuliginosa</i> (Hoffm.) Ach				■	1	Lobariaceae
17	Siccia	1	<i>T. chrysophthalmus</i> (L.) Norman ex Tuck.				■	10	Tebschistaceae
18	Tebschistes	1	<i>Usnea nidulans</i> Motyka				■	15	Parmeliaceae
			<i>Usnea subcata</i> Motyka				■	35	Parmeliaceae
19	Usnea	2	<i>X. parietina</i> (L.) Th. Fr	■	■	■	■	150	Tebschistaceae
20	Xanthoria	1							
Especímenes por zona				3	4	10	24	1135	
Total		30							

cuatro (4) zonas obtenidas, se encontraron dos (2) zonas con menores ocurrencias de líquenes y bajos niveles de IPA, siendo estas las Zona 1 y Zona 2 (Tabla 2 y Figura 1), que se describieron como sigue:

Zona 1: Casco central de la ciudad (latitud: 36°49'37.09"S, longitud: 73°3'0.74"O), área poligonal, con 280 metros cuadrados aproximadamente. Delimitada por la Zona 2 al norte, y por la Zona 3 al sur (Figuras 1 y 2).

Zona 2: Parque en Avenida Manuel Rodríguez (36°49'3.86"S, 73° 3'26.42"O), área lineal , con 400 metros aproximados de longitud y 60 metros cuadrados. Se sitúa al norte de la ciudad de Concepción (Figuras 1 y 2).

Por otro lado, las otras dos (2) zonas restantes: Zona 3 y Zona 4, se adjudicaron una mayor ocurrencia de líquenes, y un mayor nivel de IPA, que se traduce en una mayor calidad del aire, describiéndose a continuación:

Zona 3: Plaza Ecuador (36°49'57.94"S, 73° 2'50.56"O) área lineal, con 406 metros de longitud y 56 metros cuadrados. Situada al Sur de la ciudad, limitada por la avenida Chacabuco (Figuras 1 y 2).

Zonas 4: Campus de la Universidad de Concepción (36°49'38"S, 73°03'01"O), área poligonal de 200 metros cuadrados aproximadamente, que delimita en uno de sus lados con el Bosque Caracol (Figuras 1 y 2).

Tabla 2. Liquenobiota e IPA por zona de estudio.

Nº	Género	Especie	Biotipo	IPA			
				Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
1	<i>Candelaria</i>	<i>Candelaria concolor</i>	Cost	0	3,29	7,89	1,37
2	<i>Chrysothrix</i>	<i>Chrysothrix candelaris</i>	Cost	0,16	2,37	2,57	1,73
3	<i>Cladonia</i>	<i>Cladonia sp.</i>	Fru	1,76	0	0	0,37
4	<i>Cryptothecia</i>	<i>Cryptothecia rubrocincta</i>	Cost	0,66	0	0	0,4
5		<i>Cryptothecia candida</i>	Cost	0	0	0	0,2
6	<i>Flavopunctelia</i>	<i>Flavopunctelia flaventior</i>	Fol	0	0	0	0,98
7		<i>Flavopunctelia soledica</i>	Fol	0	0	0	2,27
8		<i>Flavopunctelia sp.</i>	Fol	0	0	0	4,47
9	<i>Graphis</i>	<i>Graphis lineola</i>	Cost	0	0	0	0,16
10		<i>Graphis scripta</i>	Cost	0	0	0	0,16
11	<i>Haematomma</i>	<i>Haematomma puniceum</i>	Cost	0	0	0,16	0,16
12	<i>Heterodermis</i>	<i>Heterodermis leucomela</i>	Fol	0	0	0	0,32
13	<i>Leptogium</i>	<i>Leptogium azureum</i>	Fol	0	0	0	0,16
14	<i>Ochrolechia</i>	<i>Ochrolechia sp.</i>	Cost	0	0,16	0	0,16
15	<i>Parmotrema</i>	<i>Parmotrema crinitum</i>	Fol	0	0,83	0	0,16
16		<i>Parmotrema reticulatum</i>	Fol	0	1,38	0	3,54
17	<i>Pertusaria</i>	<i>Pertusaria pertusa</i>	Cost	0	0	0,16	0
18	<i>Physcia</i>	<i>Physcia adscendens</i>	Fol	0	0,16	0,61	0,98
19		<i>Physcia caesia</i>	Fol	0	0	0,08	0,08
20		<i>Physcia stellaris</i>	Fol	0,99	0,83	0	5,76
21	<i>Punctelia</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	Fol	0	0,2	4,64	3,3
22		<i>Punctelia borrieri</i>	Fol	0	0	0	0,37
23	<i>Ramalina</i>	<i>Ramalina chilensis</i>	Fru	0	0	0	0,24
24		<i>Ramalina sp.</i>	Fru	0	0	0	1,48
25	<i>Stereocaulon</i>	<i>Stereocaulon sp.</i>	Fru	0	0	0	0,2
26	<i>Sticta</i>	<i>Sticta fulgorans</i>	Fol	0	0	0,2	0
27	<i>Teloschistes</i>	<i>Teloschistes chrysophthalmus</i>	Fru	0	0	0	0,16
28	<i>Usnea</i>	<i>Usnea nidulans</i>	Fru	0	0	0,08	1,57
29		<i>Usnea sulcata</i>	Fru	0	0	0	0,08
30	<i>Xanthoria</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	Fol	0	2,37	9,085	0,26
IPA Total				3,57	11,59	25,475	31,09

Tabla 3. Niveles de índice de Pureza ambiental (IPA) (Según Riquelme *et al.* 2008).

Nivel	IPA	Descripción
A	0 < IPA ≤ 12,5	Muy alto nivel de contaminación
B	12,5 < IPA ≤ 25	Alto nivel de contaminación
C	25 < IPA < 37,5	Moderado nivel de contaminación
D	37,5 < IPA ≤ 50	Bajo nivel de contaminación
E	IPA > 50	Muy bajo nivel de contaminación

Niveles de contaminación propuestos por Riquelme *et al.* (2008). Siendo en Nivel A, de mayor contaminación, y nivel E de menor contaminación. Traduciéndose en A de mayor impacto antropogénico y E de menor impacto antropogénico.

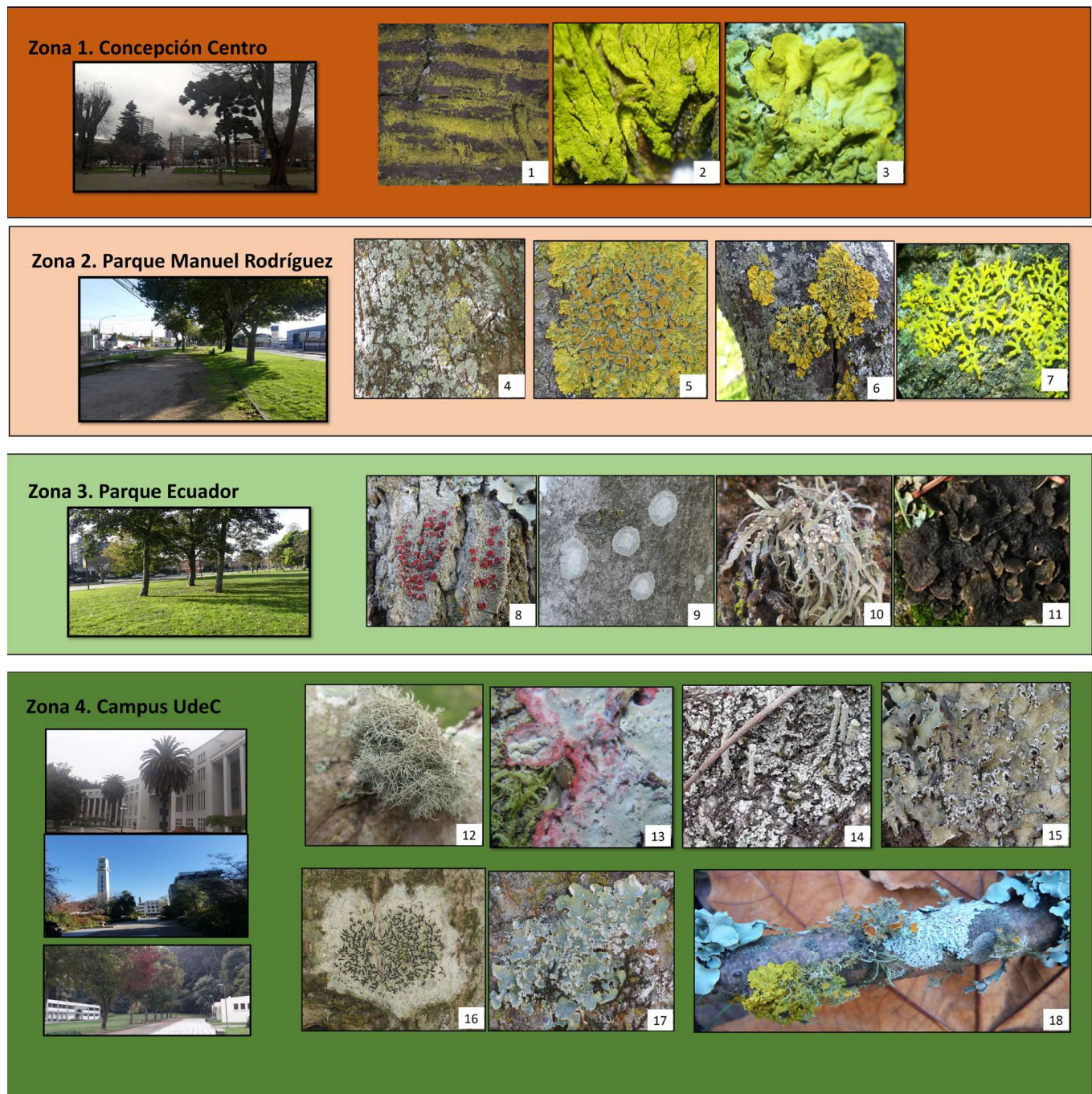


Fig. 2. Zona 1 : Centro de Concepción. Zona 2: Parque Manuel Rodríguez. Zona 3: Parque Ecuador. Zona4: Campus UdeC. 1, 2. *Chrysothrix candelaris*(L.) J.R.Laundon. 3. *Xanthoria parietae* (L.) Th. Fr ; 4. *Physcia* sp. 5 y 6 *Xanthoria parietae* (L.) Th. Fr., 7. *Candelaria concolor* (Dickson) Stein ; 8. *Haemmatoma* sp., 9. *Cryptothecia candida* (Kremp.) R. Sant. , 10. *Ramalina chilensis* Bertero ex Nyl. ., 11 *Ramalina* (Hoffm.) Ach ; 12. *Usnea* sp., 13 *Cryptothecia rubrocincta* (Ehrenb.) G.Thor , 14. *Cladonia coniocraea* (Flörke) Sprengel ,15. *Flavopunctelia* (Stirton) Hale, 16. *Graphis lineola* Ach. 17. *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog , 18 Various: *Parmotrema* sp., *Xanthoria parietae* (L.) Th. Fr., *Teloschistes chrysophthalmus* (L.) Norman ex. Tuck., *Physcia stellaris* (L.) Nyl. .

Tabla 4. Frecuencia e índices empleados por zona de estudio.

Zona	Especies	ff	F(E) %	IPA	Shannon(H)	Margalef(I)
Zona 1	3	0,01	1	3,57	1,156	0
Zona 2	4	0,01	1	11,59	1,826	3,847
Zona 3	10	0,04	4	25,47	1,5	2,912
Zona 4	24	2,4	24	31,09	2,651	8,869

Discusión

La familia Parmeliaceae y sus representantes como *Flavopunctelia flaventior*, *Punctelia*, *Parmotrema crinitum*, son dominantes en sitios abiertos conservados y de baja perturbación antropogénica, junto con *Usnea* sp. y *Ramalina chilensis*, que se ubicaron en las zonas menos perturbadas: Z3 y Z4. Estas especies, pierden representatividad en áreas de mayor perturbación: Z1 y Z2.

En consecuencia, *Ramalina*, no cumple con la adjudicación, que históricamente se le ha etiquetado: un líquen tolerante a los efectos antropogénicos (González De Luca 2020, Cohn- Berger & Quezada 2016), en razón que este, no se presentó en Z1 ni Z2, quedando este caso, para futuros estudios de variables directas e indirectas, patrones y mecanismos, que influyan en la presencia de *Ramalina*.

Dominan en la mayoría de las zonas: *Candelaria concolor*, *Chrysothrix candelaris* y *Xanthoria parietina* siendo líquenes típicos de las zonas abiertas y con mayor nivel (A) de contaminación (Figueroa Salina 2020, Mares 2017, Riquelme *et al.* 2008), confirmándose que estos (3) ejemplares de líquenes, están dentro de los denominados líquenes tolerantes a la contaminación aérea, (Figueredo Salina 2020, Cohn-Berger & Quezada 2016, Mares 2017, Fernández-Salegui *et al.* 2006).

Finalmente, se tiene a *Xanthoria parietina*, como líquen predominante de zonas con alta perturbación antropogénica como lo corroboran estudios previos de líquenes urbanos (Figueredo Salinas 2020, Cohn-Berger & Quezada 2016, Mares 2017) y teniendo una mayor abundancia en sitios de la urbe abiertos y soleados.

Por otro lado, una especie poco común de zonas urbanas y encontrada en un sitio sombreado, conservado y con menor contaminación, al pie de una formación montañosa dentro del Campus de UdeC, fue el representante de la familia Collemataceae: *Leptogium azureum*, siendo un nuevo registro para la ciudad de Concepción y evidenciándose la importancia de conservar los relictos de bosque esclerófilo (Villagra *et al.* 2021, González De Luca 2020, Gatica *et al.* 2011) para alguna futura propuesta de proyecto de conservación dentro del Campus UdeC.

Asimismo, el hallazgo en el Campus de UdeC de *Leptogium azureum*, contradice varias hipótesis sobre la inexistencia de líquenes gelatinosos en sitios urbanos, ya que estos pueden ubicarse en fragmentos de bosques y micrositos con condiciones específicas gracias a la plasticidad del componente ficobionte (Vinces 2022, Pulido-Herrea & Ramos 2016, Gatica *et al.* 2011, Smith & Smith 2007), comprobándose la facultad ubiquista inclusive para la familia Collemataceae.

En cuanto a las similitudes de las zonas de estudio, se obtuvieron y evidenciaron dos (2) grupos zonales: un grupo conformado por: Zona 1 y Zona 2 (con menores niveles de IPA, menores valores: H, I) (Tabla 3 y Figura 3) ratificando la influencia de los niveles de contaminación similares, que van, en declive del desarrollo de las comunidades liquénicas. Por otro lado, se tuvo el grupo zonal: Zona 3 y Zona 4 (con mayores niveles de IPA, mayores valores: H, I) constatando la relevancia de calidad atmosférica y una moderada contaminación para el desarrollo de mayor número de comunidades liquénicas urbanas.

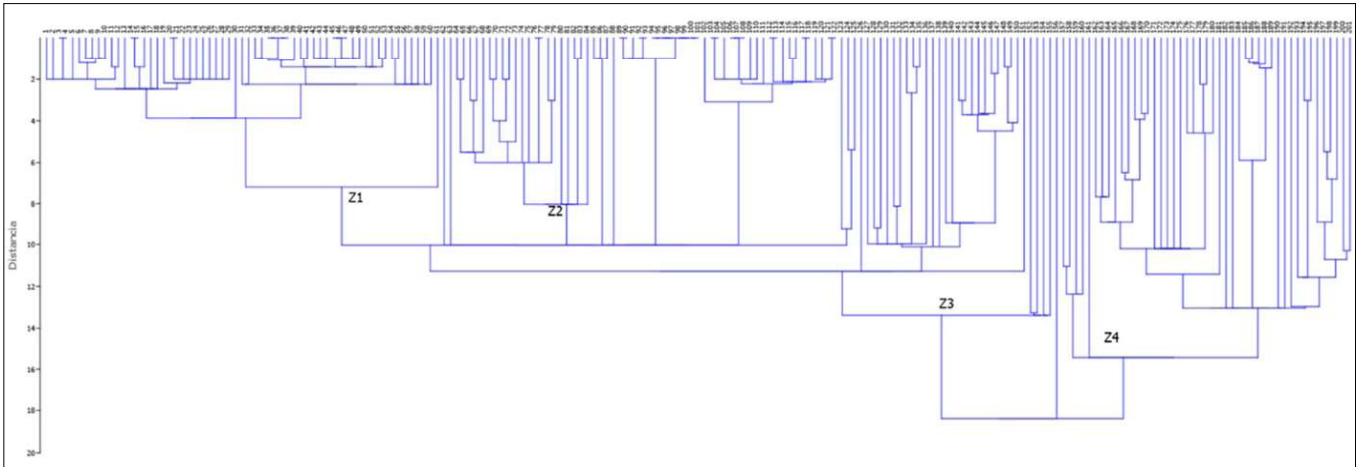


Fig. 3. Dendrograma de todas las estaciones del estudio, producto del análisis clúster general.

Asimismo, un menor valor de IPA, indicó un mejor escenario, para el establecimiento de comunidades líquénicas, lo que se traduce, en una mayor abundancia, frecuencia y riqueza de especies como diversidad, corroborándose a los líquenes como bioindicadores ambientales a corto, mediano y largo plazo (Correa-Ochoa 2021, Mares 2017, Pulido-Herrera & Ramos 2016).

El reservorio de líquenes, que se evidencia en el Campus de UdeC (Zona 4), permite resaltar las propiedades de laboratorio natural, de la Universidad de Concepción en sus áreas verdes, para el mantenimiento, conservación y estudio de la liquenobiota citadina.

En consecuencia, los líquenes como bioindicadores de calidad del aire, representan un recurso de prevención para urbes, siendo estos una herramienta de monitoreo viable por su de bajo costo, coadyuvando en la mitigación de la contaminación dentro y fuera de las ciudades; y al mismo tiempo caracterizando los líquenes propios de cada casco urbano, y cada uno de los sitios con múltiples factores que nos ayuden a la comprensión de las condiciones que rigen el establecimiento de las comunidades líquénicas.

Lo anterior, puede deberse a un conjunto multifactorial de efectos antropogénicos, presentes en el casco central de la ciudad; es decir no solo producto de alto tránsito vehicular, sino también debido al uso de estufas a leña, quema de combustibles indiscriminado, entre otros impactos

antropicos que existen en la Zona 1 y limita el desarrollo de la liquenobiota, en este sentido, pero este no es objetivo de la investigación y debe ser abordados en futuros estudios.

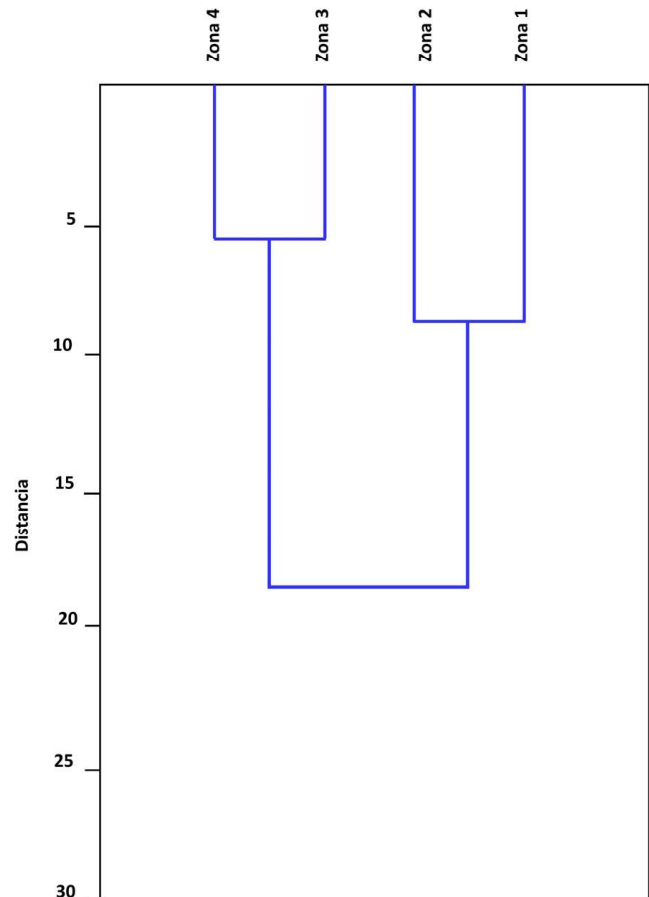


Fig. 4. Análisis Clúster por Zona de Estudio

Para finalizar, este trabajo constituye un esfuerzo preliminar para documentar la diversidad líquénica de la ciudad de Concepción y dar a conocer el patrimonio líquenológico urbano, ya que no existen registros de investigaciones de este tipo en esta urbe, hasta la presente fecha.

En consecuencia, la presente investigación marca un hito en estudios de líquenología urbana, como herramienta y recurso para propiciar el estudio de bioindicadores ambientales a través de la líquenología aplicada y como herramienta para vincular contenidos educativos sobre líquenes de la ciudad de Concepción para promover el conocimiento y conservación de la líquenobiota chilena.

Agradecimientos

Universidad Pedagógica Experimental Libertador de Barquisimeto (UPEL-IPB). Venezuela.
 Mis mentores líquenólogos.
 Grupo Latinoamericano de líquenólogos (GLAL).
 Universidad de Concepción (UdeC). Chile.
 Universidad Nacional de Quilmes. Argentina.
 Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

Referencias

- ACEVEDO, S. & CHARRY, Y. (2018) *Líquenes como bioindicadores de calidad de aire*. Universidad Autónoma de Occidente: Cali. Proyecto de Tesis. Disponible en: www.unao.edu.co. Consulta: Mayo 2023.
- ANDERSON, C., ROZZI, R., ARMESTO, J., & GUTIÉRREZ, J. (2010) Construyendo una Red Chilena para estudios socioecológicos a largo plazo: Avances, enfoques y relevancia. *Revista chilena de historia natural*. **83(1)**: 1–11. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2010000100001>
- ARMESTO, J., NÚÑEZ-ÁVILA, M., DONOSO, P., & ROZZI, R. (2014) Introducción a la Sección Especial de Revista Bosque. Avances de una red de sitios de estudios ecológicos a largo plazo en el suroeste de Sudamérica. *Bosque* (Valdivia) **35(3)**: 413–414. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000300015>.
- ASTA, J. (2002) Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. *En*: NIMIS, P. L., SCHEIDEGGER C. & WOLSELEY, P. A. (eds.) *Monitoring with lichens-Monitoring lichens*, pp. 273–279. Italia: Kluwer Academic Publishers.
- BOJORQUE, R. (2020) *Clustering de sistemas de recomendación mediante técnicas de factorización matricial*. Tesis (Doctoral), E.T.S.I. de Sistemas Informáticos (UPM). <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.58156>.
- CALATAYUD-LORENTE V. & SANZ-SÁNCHEZ M. J. (2000) *Guía de líquenes epífitos*. Ministerio de Medio Ambiente-Parques Nacionales, Serie Técnica, Madrid, 185 pp.
- CALATAYUD, V., CORRALES, J.M & HERNÁNDEZ, S. (2011) *Guía de líquenes del Parque Nacional Monfragüe*. Universidad de Extremadura: España. ISBN 978-84-7723-951-2. Disponible en: <http://catedraia.unex.es/wp-content/uploads/2021/04/Guia-de-los-Liquenes-del-Parque-Nacional-de-Monfrague>.
- COHN-BERGER, G. & QUEZADA, M. (2016) Lichens as bioindicators of air pollution in the metropolitan corridor Guatemala City. *Revista Científica* (Guatemala) **6(1)**: 20–39. Disponible en: Lasalle.edu.com.
- Corporación Nacional Forestal Chilena (CONAF) (2022) Disponible en: <https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/>. Consulta Enero 2022.
- CONSEJO POLÍTICAS INFRAESTRUCTURALES (CPI) (2022) Disponible en: infraestructurapublica.cl/. Provisto por Diario de Concepción.
- CONSORTIUM LICHEN HERBARIA (CNALH) (2021). Disponible en: <https://lichenportal.org/portal> Consulta Enero 2022.
- CONTI, M.E., & CECCHETTI, G. (2001) Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. *Environmental Pollution*. **114**: 471–492.

- CORREA-OCHOA, M. A., VÉLEZ-MONSALVE, L. C. & SALDARRIAGA-MOLINA, J. C. (2021) Spatial distribution of Lichen communities and air pollution mapping in atropical city: Medellín, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, **69**: 1107–1123.
- CORREA-OCHOA, M. A., VÉLEZ-MONSALVE L. C., SALDARRIAGA-MOLINA, C. & JARAMILLO-CIRO M. (2020) Evaluation of the Index of Atmospheric Purity in an American tropical valley through the sampling of corticolous lichens in different phorophyte species. *Ecological Indicators* **115**: 106355. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106355> .
- FARCI, G., HERRERA, M., ROA-GARCÍA, F. & HERNÁNDEZ, J. (2011). *Los líquenes un matrimonio curioso*. Cuaderno 1. UPEL-IPB. Fundación Jardín Botánico de Venezuela. ISBN 978-980-7464-00-0.
- FENGER, J. (1999) Urban air quality. *Atmospheric Environment*, **33**: 4877–4900. Doi: 10.1016/S1352-10(99)00290-3.
- FERNÁNDEZ-SALEGUI, A., ARSENIO-TERRÓN, A. & BARRENO, E. (2006). Bioindicadores de la calidad del aire en La Robla (León, noroeste de España) diez años después.
- FIGUEREDO SALINAS, C. A. (2020) *Uso de líquenes foliosos como bioindicadores de la calidad del aire de Bogotá, D.C.* Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/86>
- GALLOWAY, D. J., & QUILHOT, W. (1998). Checklist of Chilean lichen-forming and lichenicolous fungi. *Gayana Botánica* **55**: 111–185.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (2021) GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset Disponible en : <https://www.gbif.org/es/https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2021-07-30.
- GARCÍA, A. & PINEDA, I. (2022) *Líquenes como bioindicadores para la evaluación de la contaminación del aire por fuentes móviles*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA). Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/53855/amgarciaj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consulta Mayo 2023.
- GATICA, A., PEREIRA, I. & VALLEJOS, O. (2018) Epiphytic lichens: a tool for to study the ecological continuity Mocha Island, Chile. *Gayana Botanica* **68(2)**: 226–235. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432011000200014>.
- GAUSLAA, Y., LIE, M., SOLHAUG, K. A., & OHLSON, M. (2006) Growth and ecophysiological acclimation of the foliose lichen *Lobaria pulmonaria* in forests with contrasting light climates. *Oecologia* **147**: 406–416. doi:10.1007/s00442-005-0283-1.
- GONZÁLEZ DE LUCA, C. (2020) *Evaluación de la comunidad de líquenes en matorral y bosque esclerófilo una temporada después de un incendio en el Santuario de la Naturaleza Quebrada de La Plata*. Universidad de Chile. Memoria de título. Disponible en: <ps://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/183254/Evaluacion-de-la-comunidad-de-liquenes-en-matorral>.
- GRIES, C. (1996) Lichens as indicators of air pollution. In: NASH, T. H. III (Ed). *Lichen Biology*. pp. 240–254. Cambridge University Press, Cambridge.
- 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. DOI: 10.1016/S1130-1406(05)70013-9.
- IZQUIERDO, A. (2015) El mundo de los líquenes: Naturaleza y utilización de unos organismos únicos. *Biología on line* **4**. ISSN:2339-5745.
- LEÓN J., CERDA F., & DEL VALLE, A. (2019) Participación ciudadana y movilidad sostenible: el caso del área metropolitana de Concepción, Chile. *Revista de Urbanismo* **40**. ISSN 0717-5051 <http://revistaurbanismo.uchile.cl>.
- LIJTEROFF, R., LIMA, L. & PRIERI, B. (2009) Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* **25(2)**.
- LUCKING, R., SIPMAN, H. & LOENGRIN, U. (2007) *Guía de Géneros de Líquenes*. The Field Museum.
- MARES RUEDA, I. (2017) *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire*. Universidad Complutense: España. Facultad de Farmacia: Trabajo fin de grado.
- MATURANA, F., MORALES, M., SEPÚLVEDA U. & MALDONADO J. (2022) Ciudades intermedias y parque automotriz en Chile. ¿En jaque la sustentabilidad territorial?. *Revista de Ciencias Sociales* **72**: 139–159. DOI: <https://doi.org/10.17141/iconos.72.2022.4866>
- MINISTERIO DE BIENES NACIONALES DE CHILE: INFRAESTRUCTURA Y DATOS GEOESPACIALES (2022) Disponible en: <https://www.ide.cl/index.php/informacion-territorial/descargar-informacion-territorial>.

- MINISTERIO DEL AMBIENTE DE CHILE. (2019) Decreto 6: Establece plan de prevención y de descontaminación atmosférica para las comunas de concepción metropolitano ministerio del medio ambiente. Fecha Publicación: 17-DIC-2019. Promulgación: 25-ENE-2018. Disponible en: Biblioteca de Congreso Nacional de Chile: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1140121>.
- NASH, T. H. III (2008). *Lichen Biology*. Cambridge. ISBN en línea:9780511790478. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790478>.
- PEREIRA, I., TAPIA, J., ERRAZURIZ, I. & BASUALTO, S. (2018). Comparative study of the presence of heavy metals utilizing epiphytic corticolous lichens in Talca city, Maule Region, Chile. *Gayana Botanica* **75(1)**: 494–500, 2018.Original Article. ISSN 0016-5301.
- Pulido-Herrera, K & Ramos C. (2016) Efecto de borde en la distribución de líquenes y el contenido de clorofilas en fragmentos de *Polylepis quadrijuga* (Rosaceae) en el páramo de La Rusia (Boyacá-Colombia). *Revista de Biología Tropical* **64(4)**: 1683–1697 Universidad de Costa Rica San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.
- Rodríguez-Bárceñas, G. (2022) Método de algoritmo de clúster para el análisis del perfil de investigadores científicos. *Revista e-Ciencias de la Información* **12(2)**: 160–184. DOI: <https://doi.org/10.15517/eci.v12i2.50456>.
- SANTONI, C. & LUTEROFF, R. (2006) Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la Provincia de Dan Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* **22(1)**: 49–58.
- SEAWARD, M. R. D. (1997) Urban deserts bloom: a lichen renaissance. In: KAPPEN, L. (ed.) *New species and novel aspects in lichenology and physiology of lichens*.
- Sistema de Información de calidad del aire (SINCA) (2023) Gobierno de la República de Chile. Disponible en: <https://sinca.mma.gob.cl/index.php/region/index/id/VIII>. Consulta Junio 2023.
- SMITH, T. M. & SMITH, R. L. (2007) *Ecología*. 6a. ed. Madrid, España: Pearson Educación.664p.
- Valdivia, D. & Ramírez, Á. (2018) Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en el pasivo ambiental minero Santo Toribio, Ancash, Perú. *The Biologist* (Lima) **16**: 77–95.
- VILLAGRA, J., MANUEL MUÑOZ-MUÑOZ, M., NÚÑEZ, P. & CASANOVA-KATNY, A. (2021) Estudio preliminar de líquenes del orden Peltigerales presentes en el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque, Región de La Araucanía, Chile. *Gayana Botanica* **78(1)**: 104–111. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/gbot/v78n1/0717-6643-gbot-78-01-104.pdf>.
- VARELA, Z., LÓPEZ-SÁNCHEZ, G., YÁÑEZ, M., PÉREZ, C., FERNÁNDEZ, J. A., MATOS, P., BRANQUINHO, C. & 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. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.023>.
- VARESCHI, V. & MORENO, E. (1973) La contaminación atmosférica en Caracas en 1953 y 1973. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* **30**: 387–444.
- VARGAS CASTILLO, R., SANDOVAL LEIVA, P. (2020) *Lista sistemática de los hongos liquenizados y liquenícolas presentes en Chile*. Version 1.6. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/jxynx2> accessed via GBIF.org on 2023-03-07.
- VINCES, F. (2022) *Cap a una Ecología Integral de paisatge*. España: Tirant Humanidades. ISBN: 9788419286840.
- ZAMORA-MANZUR, C., PARRA, L. & JAQUE, E. (2011) Patrones de distribución de los geométridos de la Región del Biobío, Chile: Una aproximación para su conservación. *Revista chilena de historia natural* **84(4)**: 465–480. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000400001>.
- ZÚÑIGA, C, LEIVA, D, RAMÍREZ-FERNÁNDEZ, L., CARÚ, M., YAHR, R & ORLANDO, J. (2015) Phylogenetic diversity of *Peltigera* cyanolichens and their photobionts in southern Chile and Antarctica. *Microbes and Environment* **30(2)**: 172–179. doi: 10.1264/jsme2.ME14156.