



**Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación**  
**Facultad de Ciencias Básicas**  
**Departamento de Biología**

**Los Líquenes de Laguna Carén: Caracterización de la diversidad liquénica  
en un ambiente parcialmente antropizado de la ciudad de Santiago, Región  
Metropolitana, Chile**

Memoria de título para optar al grado de Licenciada/o en Educación en Biología y Pedagogía  
en Biología mención en Ciencias Naturales

KAREN BELÉN BRAVO PAILLALEF  
JAVIERA IGNACIA FERNÁNDEZ VENEGAS

Profesora Guía: Reinaldo Iván Vargas Castillo



**Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación**  
**Facultad de Ciencias Básicas**  
**Departamento de Biología**

**Los Líquenes de Laguna Carén: Caracterización de la diversidad liquénica en un ambiente parcialmente antropizado de la ciudad de Santiago, Región Metropolitana, Chile**

Memoria de título para optar al grado de Licenciada/o en Educación en Biología y Pedagogía en Biología mención en Ciencias Naturales

KAREN BELÉN BRAVO PAILLALEF  
JAVIERA IGNACIA FERNÁNDEZ VENEGAS

Profesora Guía: Reinaldo Iván Vargas Castillo

Aprobada:

Profesor/a guía : \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_

Profesor/a corrector : \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_

Profesor/a corrector : \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_

Aprobada:

Director/a del

Departamento de Biología : \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecemos a la profesora Paulette Naulin (UCHILE) por la invitación a trabajar en Laguna Carén y a Esteban Rodríguez de Parque Carén, Universidad de Chile, por las facilidades de acceso.

Al profesor Reinaldo Vargas por su paciencia, dedicación y entrega durante este tiempo de investigación. Así también por las enseñanzas entregadas, siendo un ejemplo importante para nuestra formación profesional.

A nuestros padres, quienes siempre nos han brindado su apoyo, contención y cariño en los diferentes procesos académicos de nuestras vidas, ayudándonos a cumplir nuestros objetivos y metas.

A nuestros amigos y seres queridos, quienes nos brindaron compañía, apoyo y palabras de aliento en tiempos difíciles.

Karen Bravo y Javiera Fernández

## Tabla de contenido

Agradecimientos.....	2
Resumen .....	5
Introducción.....	6
1.1 Líquenes.....	6
1.2 Los líquenes como bioindicadores.....	7
1.3 Líquenes en Chile. ....	8
1.4 Líquenes en la Región Metropolitana. ....	8
Pregunta problema.....	10
Objetivos de investigación: .....	11
3.1 Objetivo general:.....	11
3.2 Objetivos específicos: .....	11
Materiales y métodos.....	12
4.1 Área de estudio .....	12
4.2 Metodología de muestreo.....	14
4.3 Consideraciones previas para el levantamiento de inventario .....	16
4.4 Consideraciones al momento del muestreo. ....	17
4.5 Análisis de datos. ....	19
Resultados.....	22
Discusión: .....	33
Conclusión:.....	35
Referencias .....	36

## **Listado de figuras**

Figura 1. Área de estudio, Parque Laguna Carén, Región Metropolitana.....	13
Figura 2. Formaciones vegetacionales presentes en el Parque Laguna Carén .....	14
Figura 3. Método fitosociológico de Braun-Blanquet .....	15
Figura 4. Parcelas de 100 x 100 m. ....	16
Figura 5. Puntos de muestreo dentro del área de estudio. ....	17
Figura 6. Cuadrícula de estimación de cobertura .....	18
Figura 7. Planilla de toma de datos. ....	19
Figura 8. Gráfico de riqueza por puntos de muestreo.....	23
Figura 9. Gráfico de rarefacción.....	25
Figura 10. Red bipartita de especies por ambientes. ....	28
Figura 11. Riqueza por ambientes. ....	29
Figura 12. Correlación lineal entre riqueza y número de puntos por ambiente.....	30
Figura 13. Origen biogeográfico de las especies observadas en el área de estudio. ....	32

## **Listado de figuras**

Tabla 1. Categorías de cobertura de la biota liquenológica.....	18
Tabla 2. Resumen taxonómico de la diversidad observada.....	22
Tabla 3. Estadísticos de diversidad .....	24
Tabla 4. Tabla de frecuencias .....	26
Tabla 5. Origen biogeográfico de las especies de Laguna Carén.....	30
Tabla 6. Resumen del origen biogeográfico de las especies de Laguna Carén .....	32

## Resumen

En la actualidad no existen registros publicados de la diversidad liquénica de la Región Metropolitana, y la mayoría de los estudios realizados están dirigidos a su uso como bioindicadores de la contaminación ambiental. Este vacío en el conocimiento determina insuficiencias en la toma de decisiones referentes a la preservación del patrimonio biológico de la zona central de Chile. Con el fin de aportar antecedentes para mejorar el conocimiento de la biota de los alrededores de la ciudad de Santiago de Chile, el presente estudio tiene por objetivo caracterizar la diversidad de líquenes presentes en el Parque Laguna Carén, Región Metropolitana, utilizando estrategias de muestreo con el método modificado de Braun-Blanquet, logrando evidenciar su porcentaje de cobertura, el sustrato que habitan y variables topográficas que determinen la distribución espacial. Nuestros resultados preliminares indican la presencia de 25 especies, con una mayor riqueza y diversidad observada en zonas topográficamente más diversas, junto con una baja riqueza asociada a zonas vegetacionalmente uniformes, dominadas por *Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger.

**Palabras clave:** Diversidad, Líquenes, cobertura.

# Introducción

## 1.1 Líquenes

Los líquenes se definen como una estrategia de vida fúngica, caracterizados como una asociación simbiótica, la que suele ocurrir entre al menos un micobionte (hongo dominante) y al menos un fotobionte (alga o cianobacteria). Para comprender la organización de estos organismos, éstos se pueden separar en dos componentes: El componente fotosintetizador, el que puede contener a una o más especies de alga y/o cianobacterias. Por otro lado, el componente fúngico está compuesto por al menos una especie fúngica, la que se beneficiará de la presencia del fotobionte debido a su capacidad de realizar el proceso de fotosíntesis. A su vez, el fotobionte se beneficiará de la presencia del micobionte dado que le aporta estructura y permite la interacción con el medio (Caycho *et al.*, 1992). Es importante destacar que no todos los hongos ni todas las algas forman líquenes, además la morfología del talo liquenizado es definida y no tiene una similitud a ninguno de los simbioses asociados, teniendo una estructura única y constante (Huereca *et al.*, 2018).

Una perspectiva contemporánea de los líquenes los define como holobiontes, es decir, comunidades de organismos que coexisten en el mismo tiempo y espacio. Estas comunidades generalmente consisten del hospedero (micobionte) y las especies que conviven en él (fotobiontes y microbioma asociado). De esta manera, estos conjuntos de organismos se desarrollan ecológicamente y evolucionan en conjunto. En estas asociaciones, todos los participantes presentan algún grado de beneficio, permitiendo la aparición de nuevas características, o propiedades emergentes, que difieren de las características individuales de sus partes o de la sumatoria de estas. Esto es precisamente a lo que se refiere el concepto de holobionte: una asociación de diferentes especies que se convierte en una unidad ecológica, sujeta a presiones selectivas. En otras palabras, es cuando un anfitrión vive en simbiosis con sus huéspedes (Margulis, 1991).

Barreno y Pérez-Ortega (2003) explican la naturaleza del complejo liquénico, con un metabolismo y crecimiento lento, el cual, conlleva a que factores como el sustrato y el clima ejerzan una influencia significativa en cada simbionte, dada la ausencia de estrategias de

autoregulación del talo en su totalidad, o estrategias de excreción. Estos factores no solo afectan durante la vida del líquen, sino que son especialmente relevantes en el reconocimiento y la compatibilidad entre los componentes de la simbiosis. Es por esto que los líquenes pueden ser utilizados para medir la calidad atmosférica, es decir, pueden ser utilizados como bioindicadores, esto ya que obtienen gran parte de sus nutrientes del aire (en particular, aquellos solubles en agua) y suelen ser muy sensibles a las impurezas presentes en el ambiente.

Junto con lo anterior, en ausencia de estrategias o vías de excreción, algunas especies liquénicas acumulan grandes cantidades de sustancias contaminantes como azufre, plomo y flúor, dada su disponibilidad en la atmósfera. Dado que esta es la vía habitual por la que captan nutrientes, se ha observado a menudo que diferentes especies tienen una respuesta diferencial a la contaminación, incluyendo la resistencia de esta, favoreciendo en ocasiones una amplia longevidad en condiciones estresantes. Sin embargo, otras especies liquénicas, al estar en contacto con sustancias contaminantes, manifestarán cambios morfológicos o alteraciones en sus funciones vitales, expresando una marcada sensibilidad ambiental (Canseco *et al.*, 2006).

## **1.2 Los líquenes como bioindicadores**

Las diversas actividades humanas que han amenazado la biodiversidad, como la agricultura, las deforestaciones, la construcción de caminos, las industrias, entre otros; han afectado y generado una disminución de la biomasa de algunas especies de líquenes (Cornelissen *et al.*, 2001; Lättman *et al.*, 2014). Los daños a la biodiversidad causados por los efectos de las acciones del ser humano son cada vez más graves, esto incluye la contaminación ambiental. Hawksworth & Iturriaga (2005) sostienen que los líquenes tienen un importante papel como bioindicadores indirectos y de lectura inmediata de la contaminación medioambiental, de los cambios climáticos y de la estabilización del suelo.

Los líquenes son utilizados como bioindicadores, entre otras razones, esto debido a que son inmóviles y tienen metabolismos lentos que permiten su seguimiento en el corto, mediano y largo plazo (Lange, 2002; Piercey-Normore *et al.*, 2016). Hawksworth & Iturriaga (2005) sostienen que las asociaciones liquénicas resultan particularmente atractivas para ser utilizadas

como bioindicadores, ya que, la longevidad y el hecho de que obtienen la mayor parte de sus nutrientes de la atmósfera, no suele darse simultáneamente en otros seres vivos de comparable sensibilidad.

### **1.3 Líquenes en Chile.**

Existe evidencia de que Chile posee una de las floras liquénicas más variadas del mundo, esto debido a la gran cantidad de hábitats presentes a lo largo del país, desde desiertos cálidos en el norte hasta bosques lluviosos en el sur (Quilhot *et al.*, 1998). Sin embargo, son un grupo poco conocido y poco estudiado en el país (Quilhot, 1995). Para Chile se ha mencionado la presencia de un aproximado de 1.400 especies de hongos liquenizados (Galloway & Quilhot, 1998). Esta aproximación está basada en revisiones bibliográficas y podrían representar sólo un bajo grado de conocimiento del grupo en el país a la fecha de la publicación del listado (Galloway & Quilhot, 1998). Por su parte, Follmann sugiere, basado en la revisión de la literatura y en su experiencia en terreno, un aproximado de 2.500 especies para todo el territorio nacional (Follmann, 1995). Proyecciones recientes enmarcadas en el nuevo catálogo sistemático de los líquenes de Chile (Vargas & Sandoval, 2020) indican que la riqueza de especies en Chile bordearía las 2.500 a 3.000 especies.

Por otro lado, y de manera general, se adolece de estudios ecológicos sobre estructura poblacional y comunitaria en hongos liquenizados, con algunas excepciones en especies del bosque valdiviano (Lücking *et al.*, 2003; Rundel, 1980; Redón, 1973), en su utilización como organismos modelo en estudios ecológicos (Armesto & Contreras, 1981), y en estudios de la selectividad de micobiontes por sus fotobiontes en zonas del desierto costero de la Región de Tarapacá (Vargas & Beck, 2012) y en la región de Magallanes (Zuñiga *et al.*, 2015).

### **1.4 Líquenes en la Región Metropolitana.**

No existen muchos registros conocidos de la biodiversidad liquénica de la Región Metropolitana. En su gran mayoría, la literatura reciente se ha centrado en la evaluación del uso de líquenes como bioindicadores de la calidad ambiental (Mahu, 1989; Cortés, 2004).

Sin embargo, en estudios realizados en la zona central de Chile, específicamente en la localidad de Zapallar y Cachagua, se contabilizaron 85 especies las cuales pertenecen a 25 familias y 47 géneros (Redón, 1972). Otro estudio preliminar realizado en el Parque Nacional La Campana contabilizó un total de 47 especies, las cuales pertenecen a aproximadamente 29 géneros (Redón & Walkowiak, 1978). Es por esto que resulta significativo determinar la diversidad de especies líquénicas ubicadas en el sector de estudio y poder realizar una aproximación sobre la riqueza y abundancia de especies en la zona central de Chile en zonas parcialmente antropizadas.

En cuanto al estudio de líquenes como bioindicadores, en la Región Metropolitana, se han realizado inventarios, obteniendo evidencia de aproximadamente 14 taxa de líquenes en diferentes sectores de la Provincia de Santiago (Mahú, 1989). Así también, en estudios de descripción de la flora líquénica en la Región Metropolitana, se obtuvo que existe una diversidad de 34 especies y 21 géneros (Quilhot, 1995). Por otra parte, el reciente catálogo sistemático de líquenes de Chile, el que aún está en preparación, pero cuya primera versión se encuentra en línea, se indica la presencia de aproximadamente 99 especies de líquenes en la Región Metropolitana (Vargas & Sandoval 2020).

## **Pregunta problema**

La ausencia de datos publicados de la diversidad de líquenes de la Región Metropolitana, una de las regiones más urbanizadas del país, genera un importante vacío territorial en el conocimiento de la diversidad del grupo en el país. Junto con lo anterior, en un escenario de cambio climático, y dada una marcada ampliación de los límites urbanos y del cambio del uso de suelo, el establecimiento de patrones de riqueza en zonas aledañas a la ciudad podría entregar un punto de referencia del impacto de la ampliación del radio urbano. Junto con lo anterior, existe escaso conocimiento de la dinámica comunitaria de hongos liquenizados en diferentes sustratos y diferentes condiciones ambientales. De este modo, la evaluación de los patrones de variación espacial, y su relación con factores ambientales, podría entregar luces de la potencial diversidad presente en los alrededores de la ciudad, así como establecer un punto de referencia para futuros estudios de variación de la diversidad.

Considerando los antecedentes anteriores, surge la pregunta: ¿Cómo se presenta la riqueza y diversidad de líquenes presentes en el Parque Laguna Carén, Región Metropolitana?

## **Objetivos de investigación:**

### **3.1 Objetivo general:**

Caracterizar la diversidad liquénica presente en el Parque Laguna Carén, Región Metropolitana.

### **3.2 Objetivos específicos:**

- Adaptar el método fitosociológico de caracterización vegetacional de Braun-Blanquet para el estudio de comunidades liquénicas.
- Preparar levantamientos florísticos de líquenes.
- Describir la estructura comunitaria de la biota liquenológica del Parque Laguna Carén.

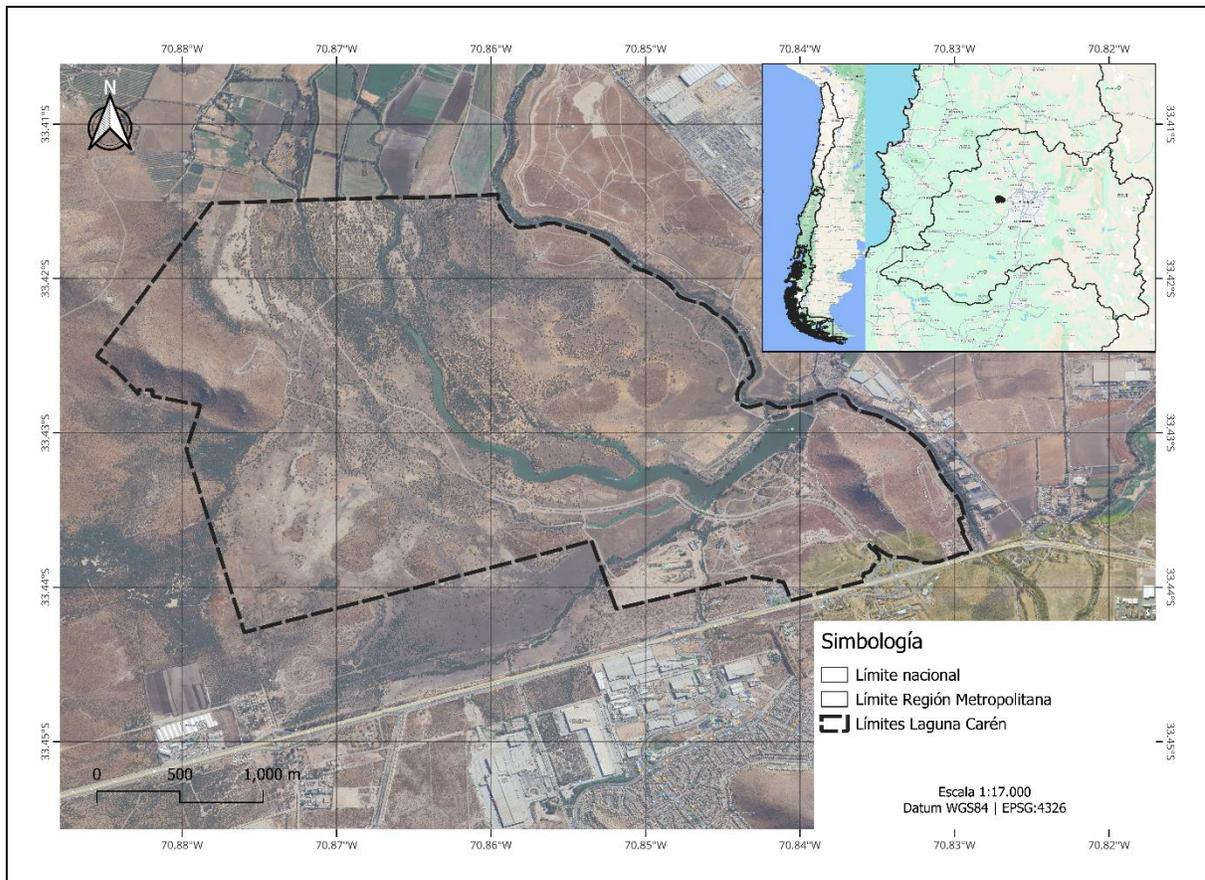
## **Materiales y métodos**

### **4.1 Área de estudio**

El estudio se llevó a cabo en el parque Laguna Carén, parte del “Parque Científico Tecnológico Laguna Carén” perteneciente a la Universidad de Chile y administrado por esta en la comuna de Pudahuel, Región Metropolitana, a 20 km del centro de Santiago (Figura 1). El Parque cuenta con 1022 hectáreas de superficie, cuenta con un laboratorio sustentable, que abre sus puertas para estudios nacionales e internacionales para la integración de nuevos conocimientos.

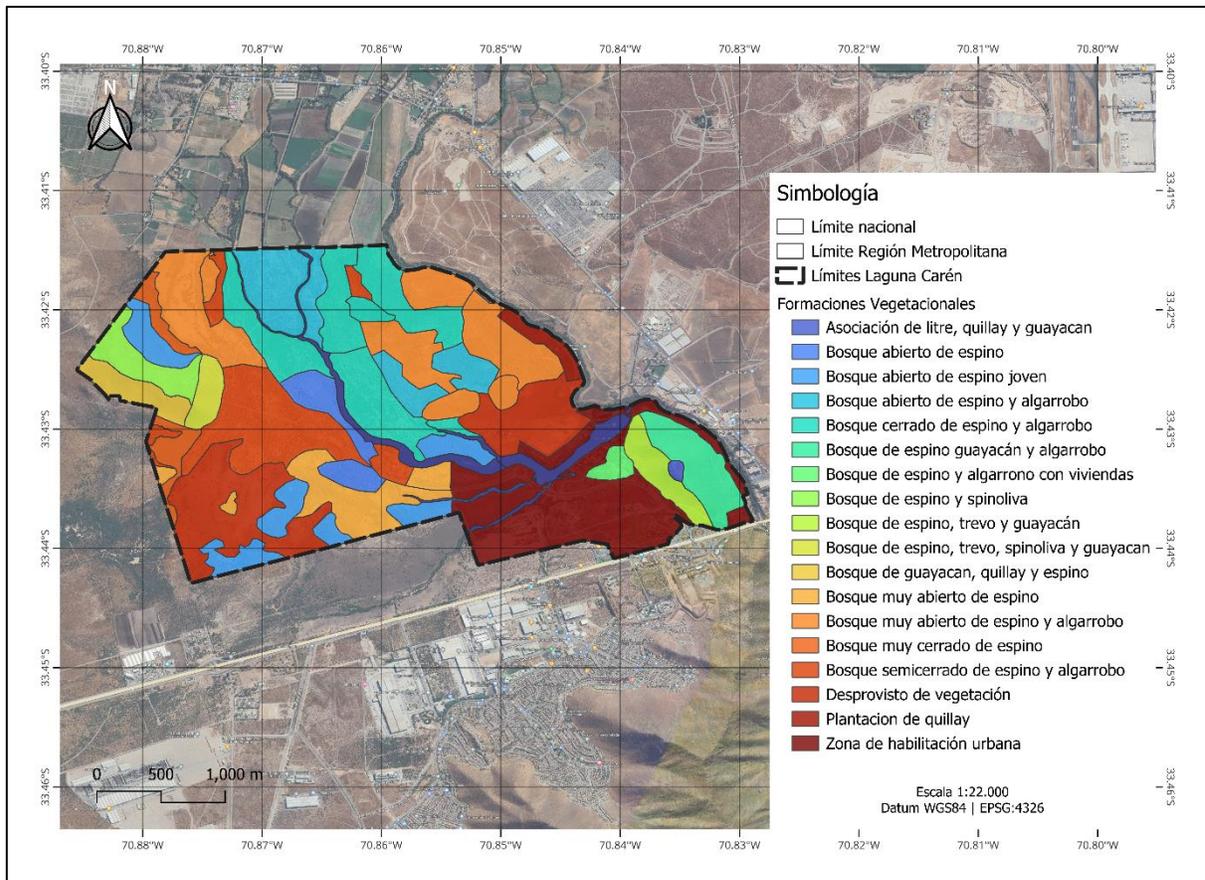
Posee una población de *Ardea cocoi* Linnaeus (garza cuca), *Fulica armillata* Vieillot (taguas), entre otras especies de aves. Cuenta también con la presencia de *Eucalyptus globulus* Labill. (eucalipto), *Prosopis chilensis* (Molina) Stuntz (algarrobo), *Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger (espino) y *Maytenus boaria* Molina (maitén).

El Parque Laguna Carén presenta un clima mediterráneo, presentando tanto estaciones secas estivales, como precipitaciones en invierno, con mayores precipitaciones hacia la Cordillera de la Costa. Presenta mañanas con una baja presencia de viento y tardes muy ventosas, permitiendo que se ventile la cuenca de Santiago. La temperatura media anual es de 14° C, sus precipitaciones anuales suman una media de 356.2 mm, que desaparecen desde la costa hasta la depresión intermedia. Es denominado un punto caliente de biodiversidad, es por esto que es importante la preservación de la flora, fauna y funga del lugar, donde se presenta un alto endemismo.



**Figura 1. Área de estudio, Parque Laguna Carén, Región Metropolitana**

Por otra parte, estudios previos han mostrado una gran diversidad de condiciones ambientales, con dominancia de zonas intervenidas en forma de pastizales con presencia de espino, diferentes formaciones de bosque esclerófilo y bosque espinoso, así como matorral esclerófilo y matorral espinoso (Figura 2). Estas formaciones vegetacionales, así como su complejidad, se ven asociadas a la heterogeneidad espacial, dada por la presencia de zonas intervenidas y urbanizadas en las cotas más bajas del parque, así como áreas de esparcimiento, junto con grandes áreas dominadas por espino en diferentes composiciones vegetacionales, hasta llegar a formaciones guayacán, quillay y espino en las partes más altas del parque, asociada a los pies de los últimos remanentes de la cordillera de la costa. En la Figura 2 se muestra la distribución de formaciones vegetacionales presentes en el área de estudio.



**Figura 2. Formaciones vegetacionales presentes en el Parque Laguna Carén**

## 4.2 Metodología de muestreo

Para la toma de muestras, y para poder caracterizar tanto la riqueza como la abundancia, se utilizó el método fitosociológico de Braun-Blanquet. Este permite, basado en inventarios florísticos, establecer coberturas cualitativas de las especies observadas sobre un área definida. De este modo, el área de cobertura se utiliza como un proxy a la abundancia, permitiendo utilizar diferentes estadísticos ecológicos para definir la diversidad presente en los ambientes estudiados (Alcaraz, 2013).

Este método, originalmente desarrollado para trabajar a escala del paisaje con plantas vasculares, describiendo su composición y asociaciones principales (Barkman, 1990), se vuelve relevante en el estudio de organismos holobiontes como los líquenes, dado que nos permite evaluar su ocupación espacial, dada la imposibilidad de establecer individuos, en la mayoría de

los casos, dado que en ocasiones diferentes talos coalescentes pueden cubrir una gran superficie de los sustratos, sin delimitaciones establecidas entre holobiontes individuales.

El método fitosociológico de Braun-Blanquet (Figura 3) se utiliza para analizar la vegetación desde el punto de vista de su composición florística, es por esto que el método fitosociológico recoge información directamente de las especies que componen las comunidades vegetales. Este método es el más utilizado en la actualidad y se basa en un inventario florístico (fitosociológico) (Ramírez et al., 1997).

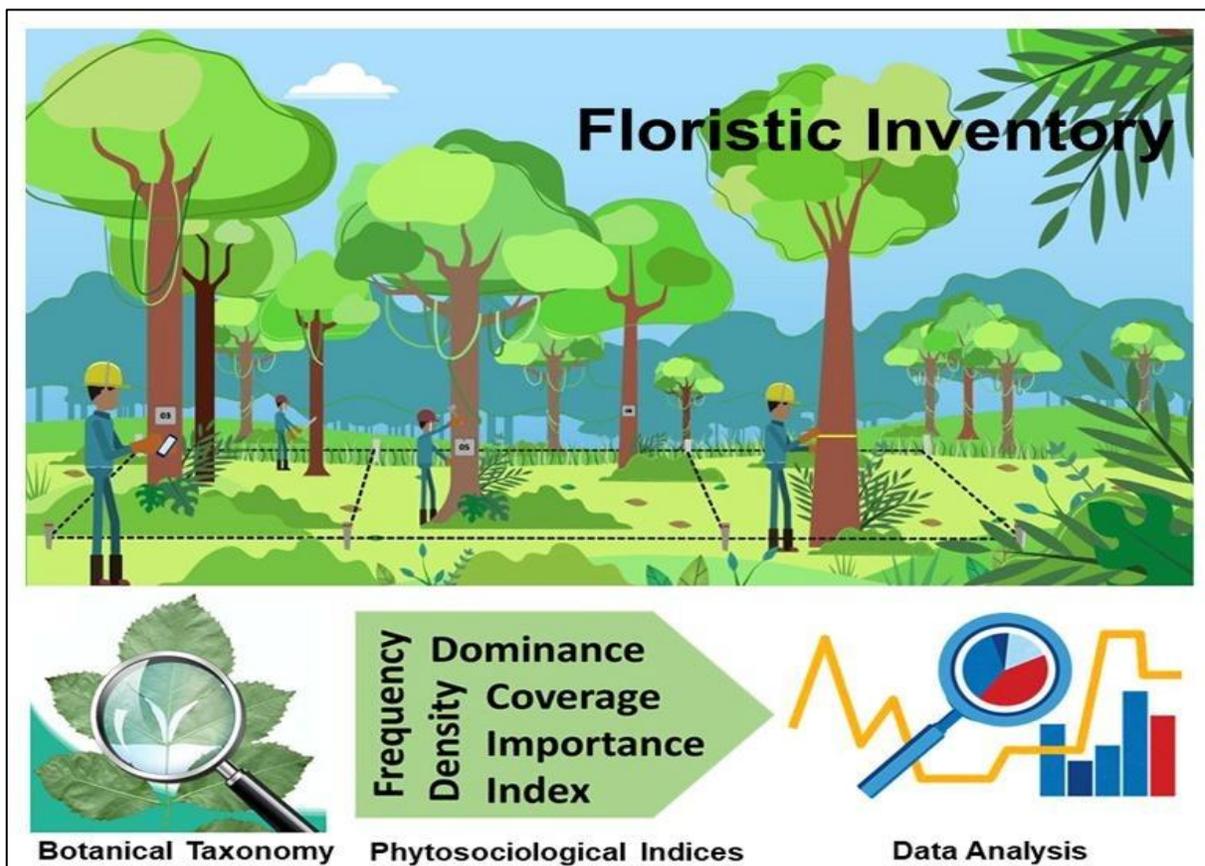


Figura 3. Método fitosociológico de Braun-Blanquet

Sin embargo, en el presente estudio, se desarrollará una versión modificada de la metodología fitosociológica de Braun-Blanquet ya que, además de analizar la comunidad líquénica, también se analizará la composición del ambiente en el que se encuentran las especies, de esta manera se espera poder identificar algunas variables topográficas que podrían intervenir en el crecimiento de líquenes, es por ello que se analizará la relación existente entre la ubicación y la

altitud dependiendo de la cumbre del cerro, es decir, se analizará dependiendo si las comunidades se encuentran en la parte alta del cerro, en la ladera o valle.

### 4.3 Consideraciones previas para el levantamiento de inventario

El tipo de muestreo utilizado comúnmente en el método fitosociológico es el muestreo estratificado preferencial. En el presente estudio, el área del parque fue subdividida en parcelas de 100 x 100m. Dentro de cada parcela, se estableció un centroide, y 5 subcuadrículas de 20 x 20 cm se realizaron azarosamente sobre diferentes sustratos dentro de la parcela alrededor del centroide, donde se evaluó la diversidad presente siguiendo la metodología que se indica más adelante (Figura 4). En total, se evaluaron 31 parcelas, cada una con 5 cuadrículas de 20 x 20 cm (Figura 5).

En cuanto a la información a considerar al momento de levantar el inventario son: las coordenadas GPS, el orden de las muestras recogidas, sustrato que habitan y cobertura de las especies liquénicas.

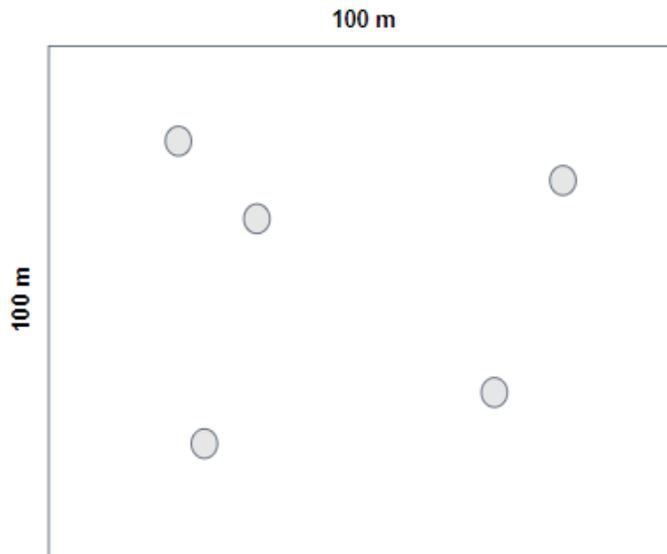
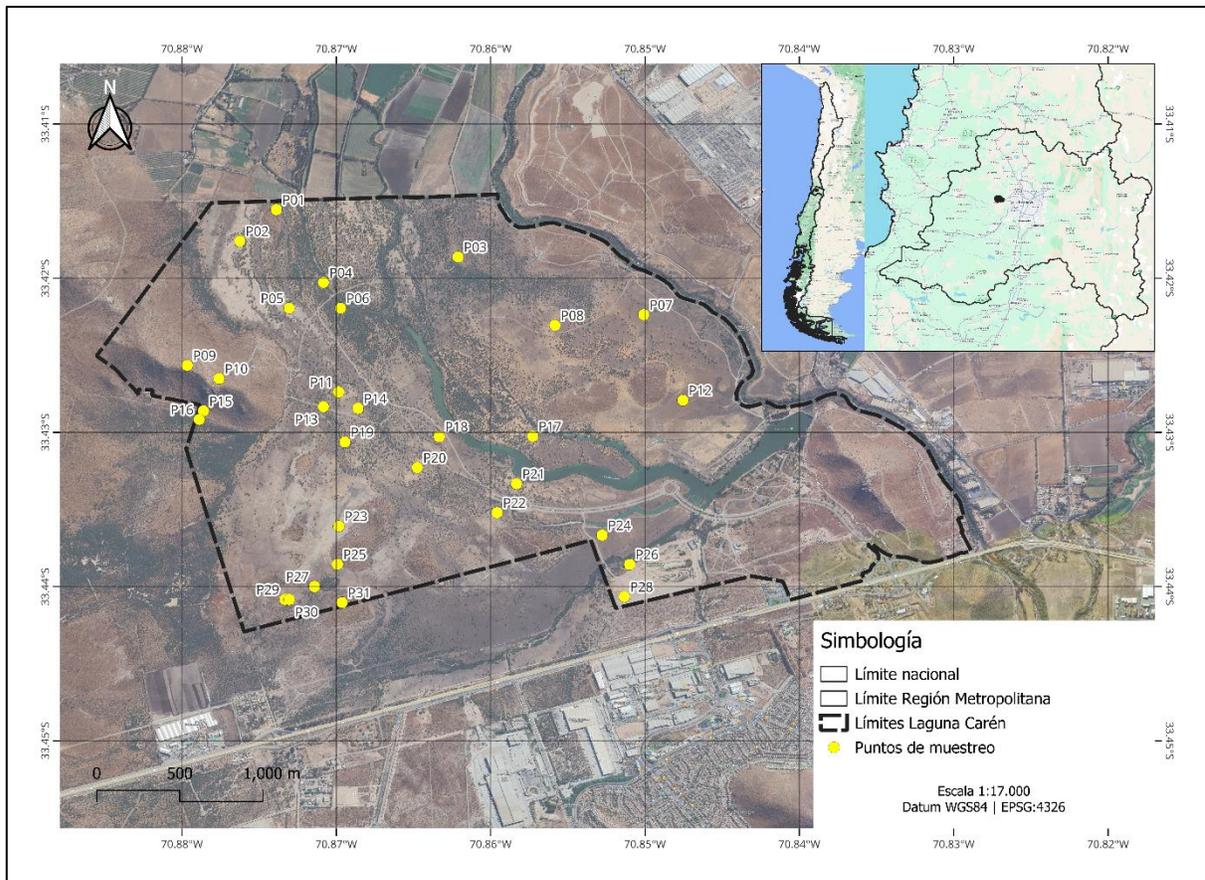


Figura 4. Parcelas de 100 x 100 m.

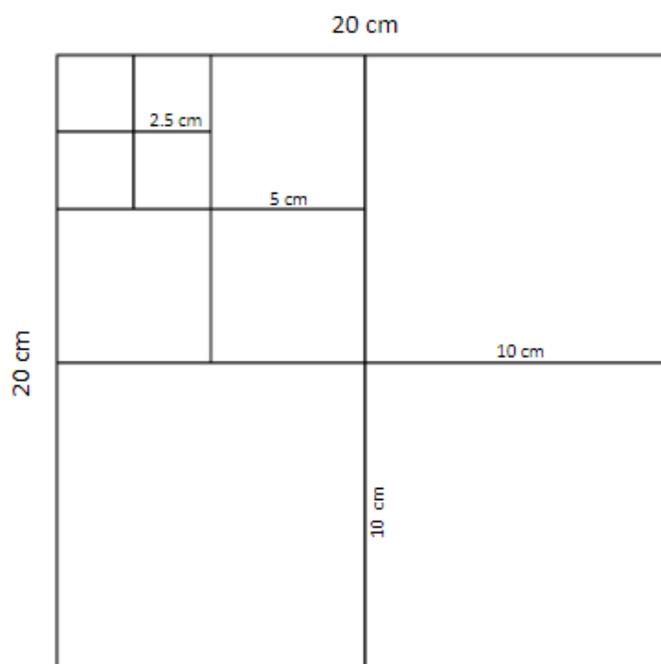


**Figura 5. Puntos de muestreo dentro del área de estudio.**

#### **4.4 Consideraciones al momento del muestreo.**

Para evaluar la riqueza y abundancia de las especies, se utilizaron cuadrículas de 20 x 20 cm en cada parcela (ver Figura 6). Estas cuadrículas están subdivididas para facilitar la estimación del área. Se registró la cobertura de especies liquénicas en cada punto de muestreo utilizando esta cuadrícula. La cobertura de cada especie fue identificada individualmente, lo que permitirá caracterizar posteriormente las especies de líquenes y determinar su riqueza y abundancia.

El método de evaluación de cobertura de especies siguió el enfoque propuesto por Larraín & Vargas (2021). Se definieron distintas categorías de cobertura cualitativa, las cuales luego fueron convertidas a porcentajes según se detalla en la Tabla 1.



**Figura 6. Cuadrícula de estimación de cobertura**

**Tabla 1. Categorías de cobertura de la biota liquenológica**

<b>Categoría Braun-Blanket</b>	<b>Estimación</b>	<b>% final</b>
r	1 talo, cobertura muy baja	1%
+	1 o más talos, cobertura baja	3%
1	<5% de la cuadrícula	5%
2	5-25% de la cuadrícula	25%
3	25-50% de la cuadrícula	50%
4	50-75% de la cuadrícula	75%
5	>75% de la cuadrícula	100%

Para facilitar el reconocimiento posterior de las especies, en cada área en la que se realice una toma de muestras, se tomará una fotografía y a cada individuo recolectado se le asignará un código que consta de las coordenadas del GPS más el número de la fotografía. De esta forma, si existiera un problema al momento de su reconocimiento se tendrá registro de la muestra.

Finalmente, en la Figura 7, se muestra una planilla estándar para la toma de datos fitosociológicos.

FICHAS RELEVAMIENTOS LAGUNA CARÉN						
Fecha:	Categorías de cobertura					
Cuadrícula:	r	1 ind., cobertura muy baja				
Evaluadores:	+	>1 ind., <u>cobertura baja</u>				
Observaciones:	1	<5%				
	2	5-25%				
	3	25-50%				
	4	50-75%				
	5	>75%				
Especie	Cobertura cuadrícula					Código espécimen
	1	2	3	4	5	

**Figura 7. Planilla de toma de datos.**

#### 4.5 Análisis de datos.

Los especímenes colectados fueron analizados en el Herbario Federico Johow, Departamento de Biología, siguiendo técnicas estandarizadas para su identificación.

Los datos de las cuadrículas fueron ingresados en una base de datos única, considerando los valores individuales por cuadrícula, así como los valores conjuntos por punto de muestreo. De este modo, es posible establecer la diversidad presente por punto de muestreo, y el efecto anidado de las diversidades individuales por cuadrícula, por punto de muestreo.

Para evaluar la diversidad, se calculó la Dominancia (D) para cada parcela utilizando el método de Simpson, que evalúa la proporción de individuos de cada especie en relación con el total de individuos presentes. Calculamos el índice de Simpson para medir la diversidad de especies en

cada parcela, considerando la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. El índice de Shannon fue usado para cuantificar la diversidad de especies y su equitatividad en cada parcela, considerando la abundancia relativa de cada especie. Finalmente, calculamos la equitatividad utilizando la relación entre el índice de Shannon y el índice de Simpson para evaluar la uniformidad de la distribución de las especies dentro de cada comunidad.

Asimismo, se utilizaron los parámetros frecuencia absoluta y frecuencia relativa, con el objetivo de obtener un valor aproximado de la abundancia de cada una de las especies registradas. La frecuencia absoluta fue calculada a través de la siguiente fórmula:

$$Fi (\%) = \frac{PMi}{PMT} \times 100$$

Donde:

$Fi$  = Frecuencia absoluta de la especie  $i$  (expresada en %).

$PMi$  = Número de puntos de muestreo donde fue detectada la especie  $i$ .

$PMT$  = Número total de puntos de muestreo realizados.

Posteriormente, con el fin de estandarizar la frecuencia y de este modo obtener la importancia relativa de las especies, se calculó la frecuencia relativa de cada especie a través de la siguiente fórmula:

$$Fri (\%) = \frac{Fi}{\sum Fi} \times 100$$

Donde:

$Fri$  = Frecuencia relativa de la especie  $i$  (expresada en %).

$Fi$  = Frecuencia de la especie  $i$ .

$\sum Fi$  = Sumatoria de las  $Fi$  de todas las especies detectadas.

Finalmente, se llevará a cabo un análisis biogeográfico de las especies encontradas para obtener una caracterización más completa de las especies liquénicas del área en cuestión. Este análisis se basará en las sugerencias de Galloway (2008), que incluyen las siguientes categorías:

- Especies cosmopolitas: Son especies con una alta distribución y es posible encontrarlas en distintos ambientes alrededor del mundo.
- Especies Neoaustrales: aquellas que han ocupado más de una masa de tierra por dispersión a gran distancia.
- Especies bipolares: Aquellas especies con una distribución disjunta en el hemisferio norte y en el hemisferio sur, prefiriendo zonas mediterráneas y templadas, y normalmente ausentes en las zonas tropicales, excepto a gran altura.

## Resultados

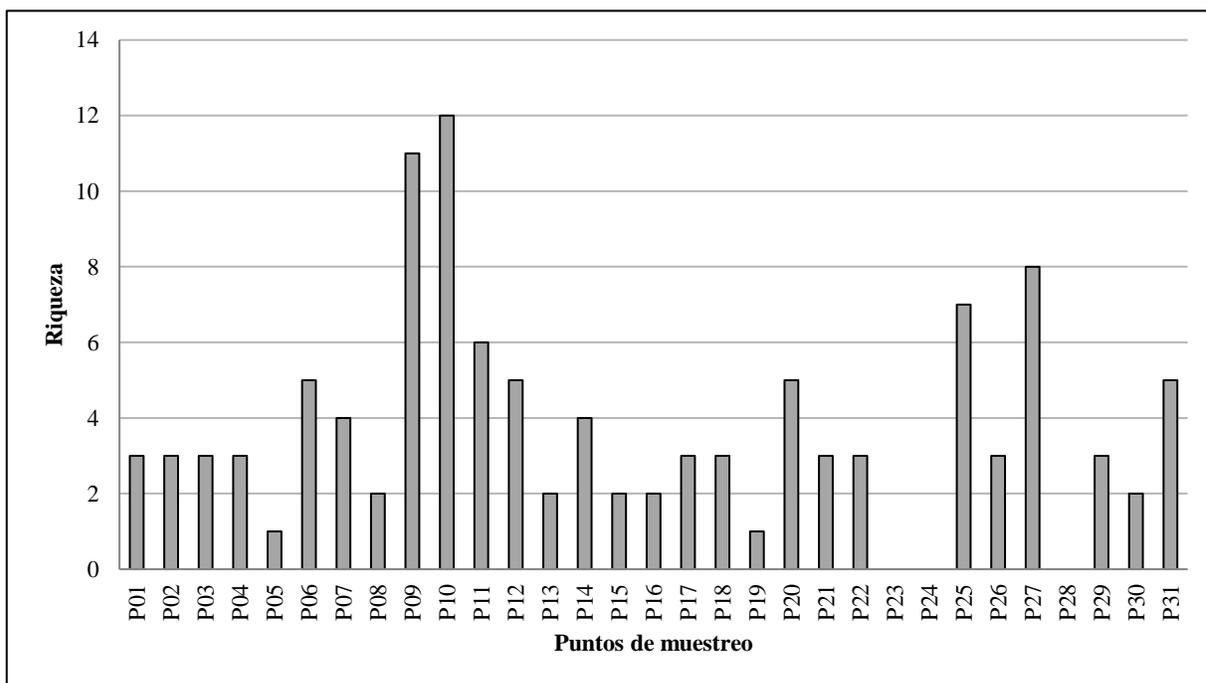
Según los muestreos realizados, se obtuvo un total de 35 especies de líquenes, todos correspondientes al phylum *Ascomycota*, organizados en 2 clases, 8 órdenes, 11 familias, y 25 géneros (Tabla 2).

**Tabla 2. Resumen taxonómico de la diversidad observada**

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especies			
<i>Ascomycota</i>	<i>Arthoniomycetes</i>	<i>Arthoniales</i>	<i>Chrysothricaceae</i>	<i>Chrysothrix</i>	2			
				<i>Acarospora</i>	3			
	<i>Lecanoromycetes</i>	<i>Acarosporales</i>	<i>Acarosporaceae</i>	<i>Myriospora</i>	1			
				<i>Polysporina</i>	1			
				<i>Caliciales</i>	<i>Caliciaceae</i>	<i>Buellia</i>	1	
						<i>Phyciaceae</i>	<i>Phycia</i>	2
							<i>Rinodina</i>	1
				<i>Candelariales</i>	<i>Candelariaceae</i>	<i>Candelaria</i>	1	
		<i>Candelariella</i>	1					
		<i>Lecanorales</i>	<i>Lecanoraceae</i>	<i>Circinaria</i>	1			
				<i>Lecanora</i>	1			
				<i>Protoparmelia</i>	1			
				<i>Protoparmeliopsis</i>	1			
			<i>Parmeliaceae</i>	<i>Canoparmelia</i>	1			
				<i>Flavoparmelia</i>	1			
				<i>Neofuscelia</i>	1			
				<i>Xanthoparmelia</i>	1			
		<i>Ramalinaceae</i>	<i>Ramalina</i>	1				
		<i>Lecideales</i>	<i>Lecideaceae</i>	<i>Lecidea</i>	1			
		<i>Pertusariales</i>	<i>Megasporaceae</i>	<i>Aspicilia</i>	1			
	<i>Teloschistales</i>	<i>Teloschistaceae</i>	<i>Caloplaca</i>	4				
			<i>Flavoplaca</i>	1				
			<i>Polycauliona</i>	3				
			<i>Scutaria</i>	1				
			<i>Teloschistes</i>	2				
<b>TOTAL</b>					35			

Según el análisis de las muestras realizadas, los puntos de muestreo con mayor riqueza son P10, con 12 especies, seguido por P10 con 11 especies (Figura 8). Estos corresponden a los puntos realizados en una de las cumbres dentro del Parque, como se observa en la Figura 5.

Los puntos de muestreos que no contienen riqueza de especies coinciden con los puntos de muestreo de suelo desnudo en zonas homogéneas y lejanas a la cumbre, los que nos lleva a identificar que las especies encontradas tienen preferencia de sustratos como troncos y rocas, evitando el suelo desnudo.



**Figura 8. Gráfico de riqueza por puntos de muestreo**

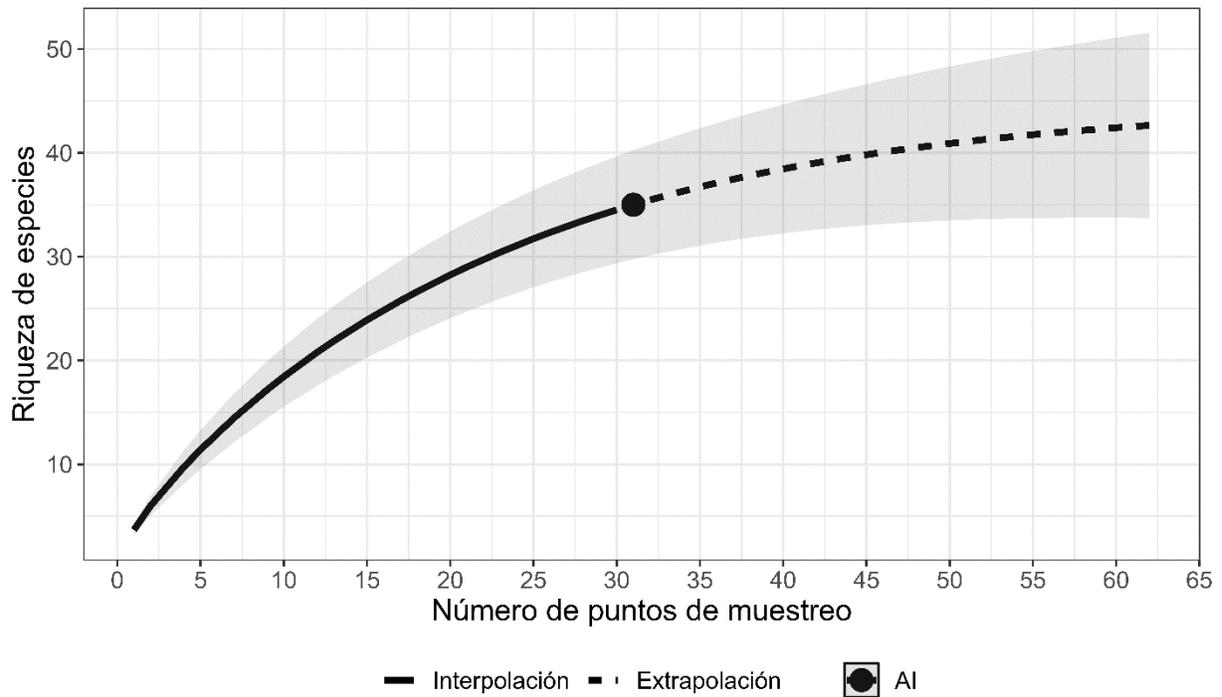
En la Tabla 3 se presentan los estadísticos de diversidad de las comunidades evaluadas. El índice de Shannon revela una menor diversidad en áreas con características homogéneas, lo que se refleja en un índice de dominancia más elevado (ver Tabla 3).

En relación con la diversidad, se evidencia que en el área de estudio hay una distribución desigual en áreas homogéneas, donde prevalece la especie *Candelaria concolor*, lo que contribuye al incremento de la dominancia. Sin embargo, en regiones con una mayor riqueza de especies, se observa una equidad más pronunciada, indicando una distribución más uniforme de la abundancia entre las especies presentes.

**Tabla 3. Estadísticos de diversidad**

Puntos	Riqueza	Cobertura total %	Dominancia (D)	Índice de Simpson	Índice de Shannon	Equitatividad
P01	3	282	0.5361	0.4639	0.6758	0.6151
P02	3	184	0.5787	0.4213	0.6685	0.6085
P03	3	135	0.5965	0.4035	0.686	0.6244
P04	3	306	0.9613	0.03868	0.1086	0.09886
P05	1	275	1	0	0	
P06	5	80	0.2937	0.7063	1.295	0.8047
P07	4	131	0.7123	0.2877	0.6204	0.4475
P08	2	103	0.9429	0.05711	0.1365	0.197
P09	11	326	0.1797	0.8203	1.96	0.8175
P10	12	279	0.218	0.782	1.744	0.7018
P11	6	104	0.6001	0.3999	0.9195	0.5132
P12	5	137	0.6012	0.3988	0.8537	0.5304
P13	2	101	0.9802	0.0198	0.0605	0.08728
P14	4	98	0.6749	0.3251	0.6891	0.4971
P15	2	356	0.7459	0.2541	0.4222	0.609
P16	2	8	0.75	0.25	0.4393	0.6337
P17	3	103	0.625	0.375	0.6936	0.6314
P18	3	256	0.3594	0.6406	1.056	0.9608
P19	1	65	1	0	0	
P20	5	72	0.5931	0.4069	0.8907	0.5534
P21	3	34	0.5633	0.4367	0.7892	0.7183
P22	3	68	0.7827	0.2173	0.4547	0.4139
P25	7	188	0.3654	0.6346	1.338	0.6874
P26	3	41	0.6598	0.3402	0.647	0.589
P27	8	245	0.2548	0.7452	1.639	0.7881
P29	3	104	0.9248	0.07524	0.1943	0.1768
P30	2	88	0.8328	0.1672	0.3103	0.4477
P31	5	125	0.5032	0.4968	0.9864	0.6129

La evaluación del gráfico de rarefacción (Figura 9), que representa la cobertura de muestreo y los puntos de muestreo, sugiere que la riqueza de especies encontrada está dentro del intervalo de confianza, indicando que se acerca a la asíntota. Este análisis respalda la efectividad del muestreo y sugiere que la riqueza encontrada se aproxima a la riqueza total esperada en el área de estudio desde un punto de vista matemático.



**Figura 9. Gráfico de rarefacción**

Para estimar el aporte relativo de importancia de cada una de las especies observadas en el área de estudio, se determinaron los parámetros frecuencia absoluta y frecuencia relativa de cada una de las especies, considerando el total de puntos realizados, independiente de si presentaron líquenes o no. En relación a la frecuencia encontrada (Tabla 4), *Candelaria concolor* es la especie con mayor frecuencia total en el área de estudio, donde además se puede observar una frecuencia absoluta porcentual mayor, tomando en cuenta que este porcentaje indica las veces que se repite esta especie en el total de muestreos realizados, como también la frecuencia relativa porcentual es mayor para esta especie, donde este porcentaje nos indica la representatividad de las especies en comparación con el total de la muestra.

**Tabla 4. Tabla de frecuencias**

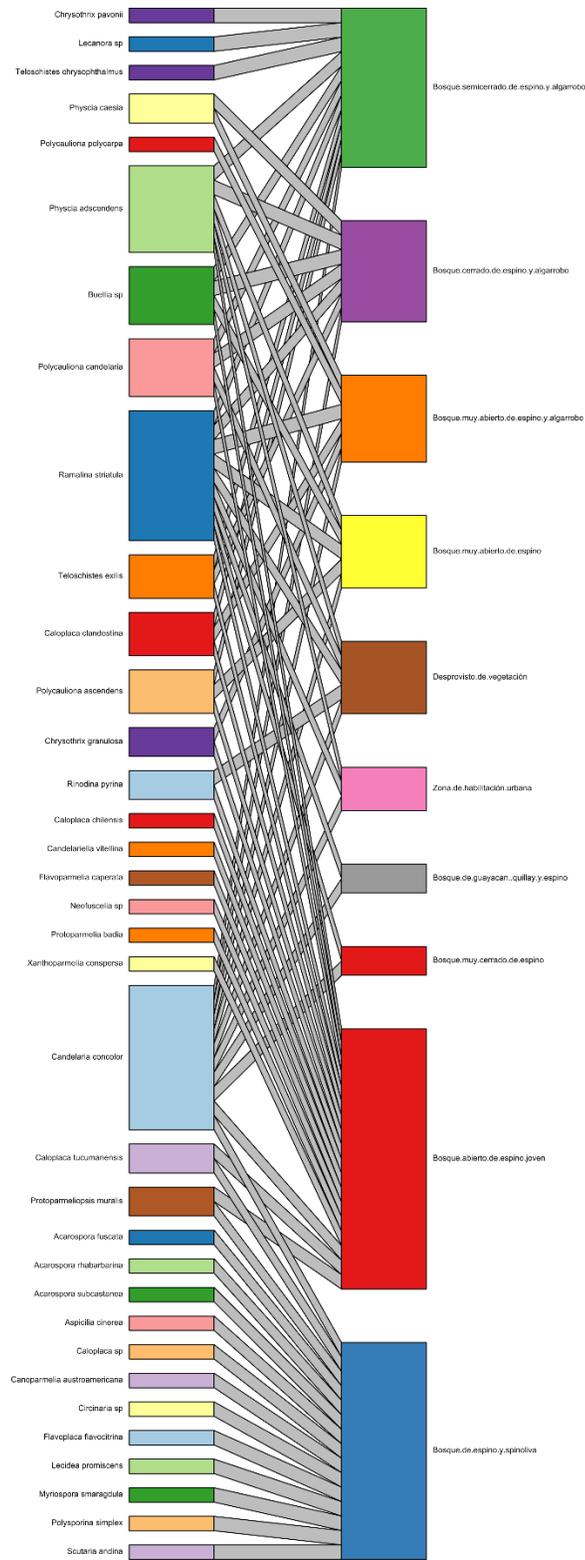
Espece todos los puntos	Frecuencia	Frecuencia absoluta %	Frecuencia relativa %
<i>Acarospora fuscata</i> (Nyl.) Th. Fr.	2	6.5	1.8
<i>Acarospora rhabarbarina</i> Hue	2	6.5	1.8
<i>Acarospora subcastanea</i> (Nyl.) Jatta	2	6.5	1.8
<i>Aspicilia cinerea</i> (L.) Körb.	2	6.5	1.8
<i>Buellia</i> sp.	4	12.9	3.5
<i>Caloplaca chilensis</i> Kärnefelt, S.Y. Kondr., Frödén & Arup	1	3.2	0.9
<i>Caloplaca clandestina</i> Zahlbr.	3	9.7	2.6
<i>Caloplaca</i> sp.	2	6.5	1.8
<i>Caloplaca tucumanensis</i> H. Magn.	2	6.5	1.8
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold	28	90.3	24.6
<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	1	3.2	0.9
<i>Canoparmelia austroamericana</i> Adler	1	3.2	0.9
<i>Chrysothrix granulosa</i> G. Thor.	2	6.5	1.8
<i>Chrysothrix pavonii</i> (Fr.) J.R. Laundon	1	3.2	0.9
<i>Circinaria</i> sp.	2	6.5	1.8
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	2	6.5	1.8
<i>Flavoplaca flavocitrina</i> (Nyl.) Arup, Frödén & Sjøchting	1	3.2	0.9
<i>Lecanora</i> sp.	1	3.2	0.9
<i>Lecidea promiscens</i> Nyl.	1	3.2	0.9
<i>Myriospora smaragdula</i> (Wahlenb.) Nägeli ex Uloth	1	3.2	0.9
<i>Neofuscelia</i> sp.	1	3.2	0.9
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	7	22.6	6.1
<i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Hampe ex Fűrnr.	2	6.5	1.8
<i>Polycauliona ascendens</i> (S.Y. Kondr.) Frödén, Arup & Sjøchting	5	16.1	4.4
<i>Polycauliona candelaria</i> (L.) Frödén, Arup & Sjøchting	4	12.9	3.5
<i>Polycauliona polycarpa</i> (Hoffm.) Frödén, Arup & Sjøchting	1	3.2	0.9
<i>Polysporina simplex</i> (Taylor) Vězda	1	3.2	0.9
<i>Protoparmelia badia</i> (Hoffm.) Hafellner	1	3.2	0.9

<i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) M. Choisy	3	9.7	2.6
<i>Ramalina striatula</i> Nees & Flot.	20	64.5	17.5
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	2	6.5	1.8
<i>Scutaria andina</i> (Räsänen) Søchting, Frödén & Arup	1	3.2	0.9
<i>Teloschistes chrysophthalmus</i> (L.) Norman ex Tuck.	1	3.2	0.9
<i>Teloschistes exilis</i> (Michx.) Vain.	3	9.7	2.6
<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh. ex Ach.) Hale	1	3.2	0.9

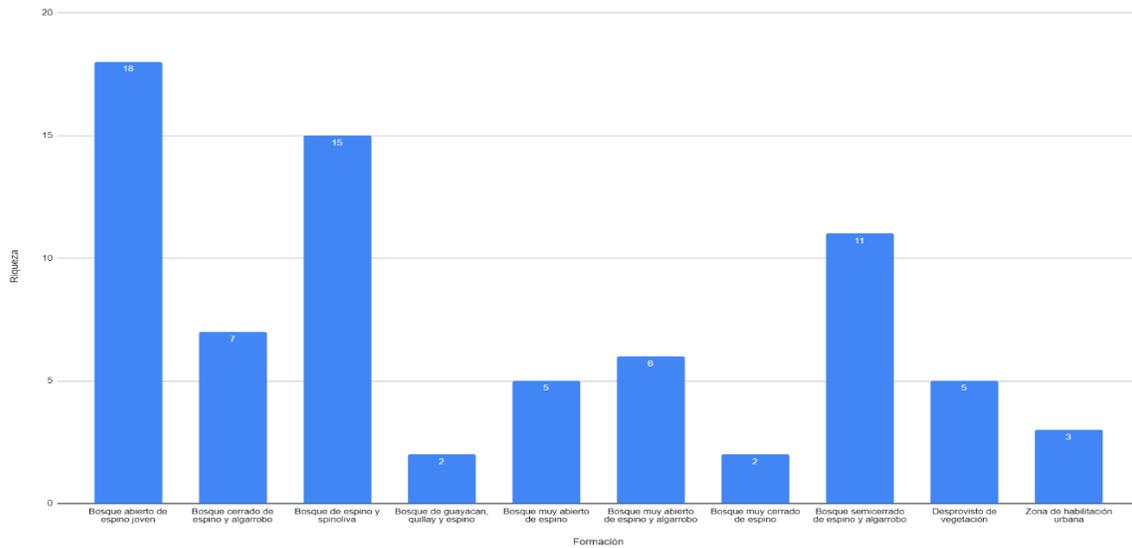
Para describir el aporte de las riquezas y composiciones comunitarias observadas en cada formación vegetal a la riqueza total, se procedió a elaborar un análisis de red bipartita, los que permiten visualizar la interacción entre dos sets de datos (por ejemplo, especies vs. formaciones) en una matriz (Borcard *et al.* 2011). Así, se puede determinar el aporte de cada especie a la riqueza observada por formación y a la riqueza total. En la Figura 10, se presenta el aporte de cada especie a la riqueza observada en cada formación del parque, donde el grosor de las bandas indica el número de puntos donde la especie fue observada. El análisis está optimizado para que se presente la menor cantidad de cruzamientos centrales, resultando que las columnas no estén ordenadas alfabéticamente.

El análisis revela la presencia generalizada de *Candelaria concolor* en todos ellos, con una dominancia y frecuencia destacadas en comparación con otras especies.

Este análisis ambiental también revela que la mayor diversidad de especies se encuentra en los bosques abiertos de espino joven, seguidos por los bosques cerrados de espino y algarrobo, los que se presentan en la Figura 11. Estos resultados coinciden con las áreas cercanas a la cumbre y muestran una distribución más heterogénea en el área de estudio.

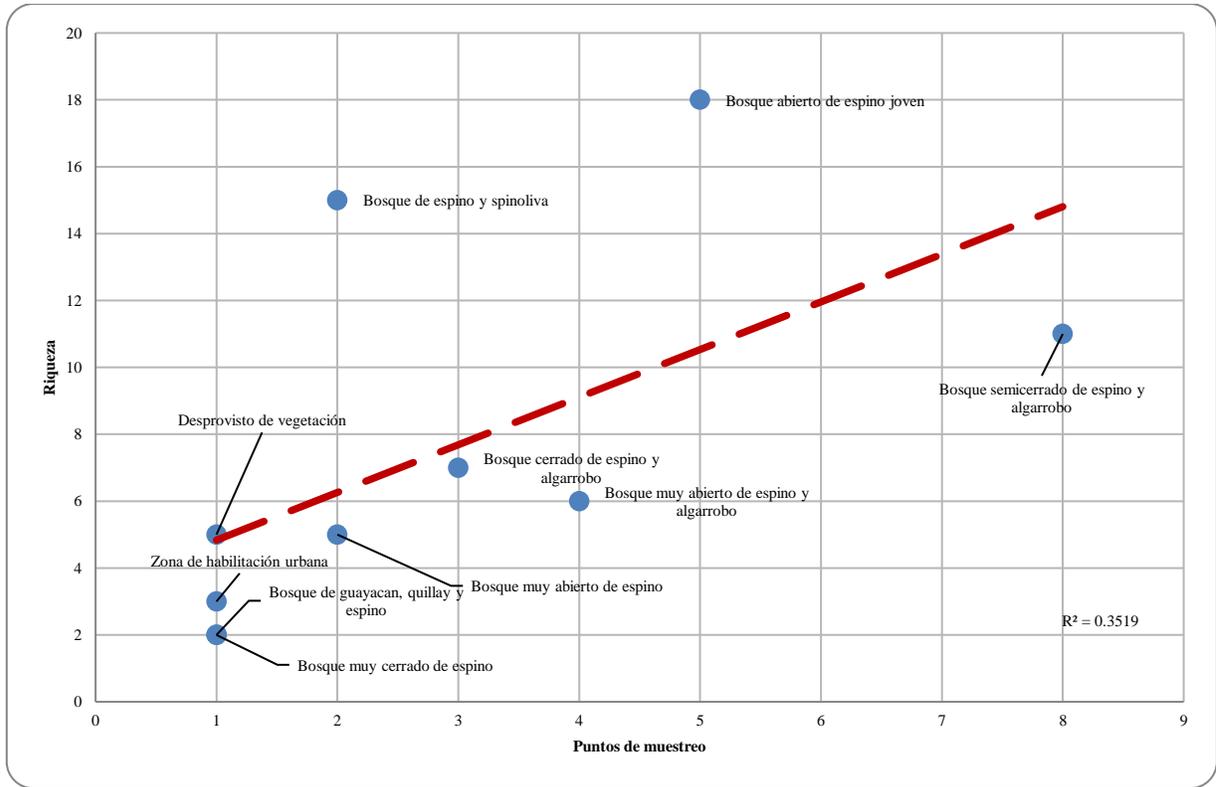


**Figura 10. Red bipartita de especies por ambientes.**



**Figura 11. Riqueza por ambientes.**

Por otro lado, para establecer las relaciones entre el número de puntos de muestreo y la riqueza observada por formación vegetal en el parque, se generaron correlaciones lineales basadas en el índice de correlación de Pearson, las que se presentan en la Figura 12. Esta indica que, a pesar de la preferencia por los bosques de espinos, la correlación positiva es baja, donde cerca del 32% de la variación observada puede ser explicada por el número de puntos de muestreo. Por lo tanto, la continuación del muestreo en estos puntos no garantiza necesariamente el hallazgo de más especies.



**Figura 12. Correlación lineal entre riqueza y número de puntos por ambiente**

En la Tabla 5 se proporciona el origen biogeográfico de las especies identificadas en el área de muestreo, considerando la información disponible sobre su distribución.

**Tabla 5. Origen biogeográfico de las especies de Laguna Carén**

Especie	Origen biogeográfico
<i>Acarospora fuscata</i> (Nyl.) Th. Fr.	Bipolar
<i>Acarospora rhabarbarina</i> Hue	Neoaustrial
<i>Acarospora subcastanea</i> (Nyl.) Jatta	Neoaustrial
<i>Aspicilia cinerea</i> (L.) Körb.	Cosmopolita
<i>Buellia</i> sp.	Sin información
<i>Caloplaca chilensis</i> Kärnefelt, S.Y. Kondr., Frödén & Arup	Endémica
<i>Caloplaca clandestina</i> Zahlbr.	Endémica
<i>Caloplaca</i> sp.	Sin información
<i>Caloplaca tucumanensis</i> H. Magn.	Neoaustrial
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold	Cosmopolita
<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	Cosmopolita

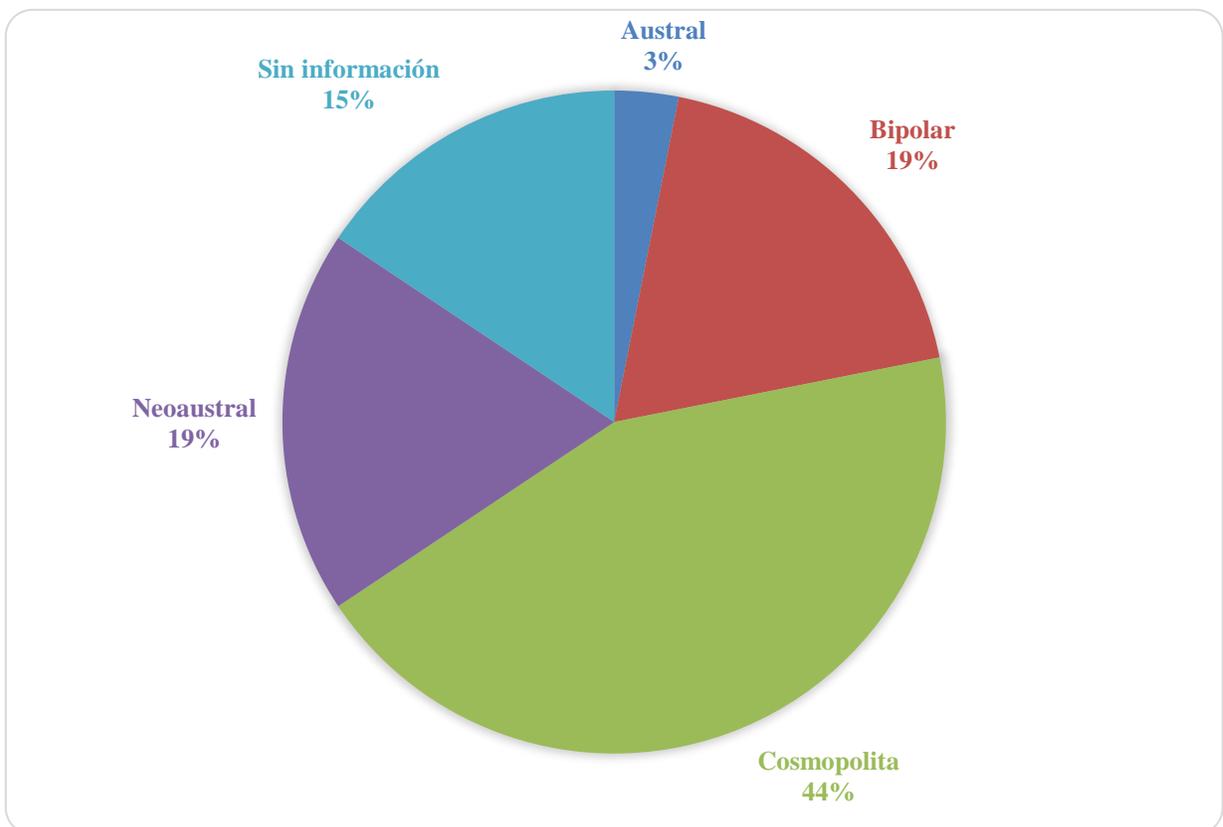
<i>Canoparmelia austroamericana</i> Adler	Austral
<i>Chrysothrix granulosa</i> G. Thor.	Neoaustral
<i>Chrysothrix pavonii</i> (Fr.) J.R. Laundon	Neoaustral
<i>Circinaria</i> sp.	Sin información
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	Cosmopolita
<i>Flavoplaca flavocitrina</i> (Nyl.) Arup, Frödén & Söchting	Bipolar
<i>Lecanora</i> sp.	Sin información
<i>Lecidea promiscens</i> Nyl.	Bipolar
<i>Myriospora smaragdula</i> (Wahlenb.) Nägeli ex Uloth	Cosmopolita
<i>Neofuscelia</i> sp.	Sin información
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	Cosmopolita
<i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Hampe ex Fűrnr.	Cosmopolita
<i>Polycauliona ascendens</i> (S.Y. Kondr.) Frödén, Arup & Söchting	Bipolar
<i>Polycauliona candelaria</i> (L.) Frödén, Arup & Söchting	Cosmopolita
<i>Polycauliona polycarpa</i> (Hoffm.) Frödén, Arup & Söchting	Cosmopolita
<i>Polysporina simplex</i> (Taylor) Vězda	Cosmopolita
<i>Protoparmelia badia</i> (Hoffm.) Hafellner	Bipolar
<i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) M. Choisy	Cosmopolita
<i>Ramalina striatula</i> Nees & Flot.	Endémica
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	Cosmopolita
<i>Scutaria andina</i> (Räsänen) Söchting, Frödén & Arup	Neoaustral
<i>Teloschistes chrysophthalmus</i> (L.) Norman ex Tuck.	Cosmopolita
<i>Teloschistes exilis</i> (Michx.) Vain.	Bipolar
<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh. ex Ach.) Hale	Cosmopolita

Por otro lado, la Tabla 6 muestra un análisis porcentual de la biogeografía del área de estudio, donde no se evidenció la presencia de especies endémicas. Este análisis revela que la mayoría de las especies tienen una distribución cosmopolita, lo que sugiere que es probable encontrarlas en diversos climas y ubicaciones. Esto es coherente con el clima mediterráneo característico del área de estudio, que se caracteriza por inviernos húmedos y veranos secos y calurosos.

No obstante, es importante destacar que a 5 de las 32 especies no fue posible asignarle información distribucional, dado que fueron identificadas solo a nivel de género. En la Figura 13 se presenta gráficamente el origen biogeográfico de las especies encontradas.

**Tabla 6. Resumen del origen biogeográfico de las especies de Laguna Carén**

Origen biogeográfico	N	%
Austral	1	3,13
Bipolar	6	18,75
Cosmopolita	14	43,75
Neoaustral	6	18,75
Sin información	5	15,63
TOTAL	32	100



**Figura 13. Origen biogeográfico de las especies observadas en el área de estudio.**

## Discusión:

En nuestra investigación, se extrajeron muestras de 31 puntos, como se detalla en la Figura 5. La selección de estos puntos se realizó prácticamente al azar, aunque se consideraron algunas restricciones previas, como mantener una distancia mínima de 100 metros entre cada punto y asegurar la accesibilidad a ellos. En cada uno de estos 31 puntos, se realizaron 5 submuestras también de manera aleatoria, lo que resultó en un total de 155 muestreos. En cada submuestra, se definió un centroide y se tomaron las muestras a partir de este punto de referencia.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación indican que el método de muestreo fue eficaz. Como se muestra en la curva de rarefacción (Figura 9), se logró capturar casi todas las especies presentes en el área de estudio, dado que se aproxima a la asíntota. Esto sugiere que es posible encontrar más especies en el futuro, pero esto no alteraría significativamente nuestra comprensión de la diversidad en el área, ya que el muestreo realizado nos proporcionó una buena aproximación de la riqueza total.

Nuestros hallazgos sugieren una posible influencia de la topografía del área en la diversidad de especies. Se observa una diferencia en la diversidad entre las laderas y los valles del área de estudio, donde las zonas más homogéneas y de menor altitud presentan una mayor predominancia de la especie *Vachellia caven*. Por otro lado, las áreas cercanas a la cumbre o de mayor altitud muestran una mayor diversidad de líquenes, posiblemente debido a una mayor diversidad de sustratos disponibles y una mayor heterogeneidad ambiental.

En cuanto a la correlación entre el número de puntos de muestreo y la riqueza de especies (**Figura 12**), se observa que los bosques abiertos de espinos muestran la mayor riqueza, con 5 puntos con la mayor cantidad de especies. Sin embargo, la correlación entre la riqueza y los diferentes tipos de hábitat es baja, lo que sugiere que la adición de más puntos de muestreo en estos hábitats no necesariamente aumentaría la riqueza de especies. Esto corrobora lo observado en la curva de acumulación de especies, que indica que estamos cercanos a alcanzar la saturación de especies en el área.

Los índices de diversidad obtenidos en nuestro estudio muestran que la mayor diversidad se encuentra en los puntos de muestreo más altos, como P09 y P10, lo que sugiere una relación

directa entre la altitud y la diversidad de especies líquenes. Por el contrario, los puntos de muestreo en zonas bajas y homogéneas muestran una menor diversidad.

*Candelaria concolor* emerge como la especie dominante y frecuente en todos los ambientes estudiados, siendo una especie cosmopolita que se encuentra principalmente en la especie *Vachellia caven*.

Al comparar nuestra investigación con un estudio previo realizado en el mismo lugar por Vargas (2022), se observa una alta correlación en las especies encontradas en Laguna Carén. Esto sugiere una consistencia en los resultados obtenidos en diferentes estudios, lo que aumenta la confianza en nuestros hallazgos.

## **Conclusión:**

La estrategia de muestreo adoptada en este estudio se basó en el método modificado de Braun-Blanquet, lo que influyó en la formulación de objetivos y en la interpretación de resultados centrados en la co-ocurrencia de especies en el área de estudio, seguidos de análisis de laboratorio.

El estudio nos permitió examinar cómo las condiciones ambientales y los sustratos afectan la riqueza y diversidad de líquenes. Se observó que las áreas con mayor heterogeneidad, como las zonas altas, albergan una mayor diversidad de líquenes.

En cuanto al objetivo general, podemos concluir que se logró caracterizar una parte significativa de la diversidad líquenica en Laguna Carén. Los resultados reflejan de manera efectiva la riqueza presente en el área, ya que los 31 puntos de muestreo permitieron capturar la diversidad con cierto grado de confianza, incluso ofreciendo estimaciones para el futuro.

Sin embargo, la investigación enfrentó una limitación debido a la escasez de artículos publicados sobre el tema en la Región Metropolitana, lo que dificultó las comparaciones con otros estudios.

En cuanto a futuras investigaciones, este estudio abre nuevas posibilidades para caracterizar la biota líquenica. La falta de información existente en la Región Metropolitana de Chile destaca la necesidad de más estudios en esta área.

Se sugiere un mayor énfasis en la importancia de los líquenes como bioindicadores de la contaminación ambiental y su potencial aplicación en esta región del país, considerando los avances que podrían derivarse de ello.

## Referencias

- Alcaraz, F. (2013). El método Fitosociológico. Murcia, España: Creative Commons.
- Barkman, J. J. (1990). A tentative typology of European scrub and forest communities based on vegetation texture and structure. *Vegetatio*, 86, 131-141.
- Canseno, A., Anze, A., & 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.
- Caycho, J., Morales Bueno, P., & Pastor de Abram, A. (1992). Líquenes y sustancias liquénicas. *Revista De Química*, 6(1), 65-76.
- Cornelissen, J. H. C., Callaghan, T. V., Alatalo, J. M., Michelsen, A., Graglia, E., Hartley, A. E., ... & Aerts, R. (2001). Global Change and Arctic Ecosystems: Is Lichen Decline a Function of Increases in Vascular Plant Biomass? *Journal of Ecology*, 89(6), 984-994.
- Follmann, G. (1995). On the impoverishment of the lichen flora and the retrogression of the lichen vegetation in coastal central and northern Chile during the last decades. *Cryptogamic Botany*, 5, 224-231.
- Galloway, D. J. (2008). Lichen biogeography. En T. H. Nash, III (Ed.), *Lichen Biology* (pp. 315-335). Cambridge University Press.
- Galloway, D. J., & Quilhot, W. (1998). Checklist of Chilean lichen-forming and lichenicolous fungi. *Gayana Botánica*, 55, 111-185.
- Hawksworth, D., Iturriaga, T., & Crespo, A. (Eds.). (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medioambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22(2), 71-82.
- Huereca Delgado, A., Salcedo-Martínez, S. M., Alvarado-Vázquez, M., & Moreno Limón, S. (2018). Los líquenes: definición, características, importancia y usos potenciales. *Biología Y Sociedad*, 1(1), 17-27. <https://doi.org/10.29105/bys1.1-58>
- Lange, O. (2002). Photosynthetic productivity of the epilithic lichen *Lecanora muralis*: Long-term field monitoring of CO<sub>2</sub> exchange and its physiological interpretation. *Flora*, 197, 233-249.
- Larraín, J., & Vargas, R. (2021). Briófitos y líquenes en las turberas de *Sphagnum* de la región de Aysén, Chile. En E. Domínguez y M.P. Martínez (Eds.), *Funciones y servicios*

- ecosistémicos de las turberas de Sphagnum en la región de Aysén (Cap. 7, pp. 161-191). Colección libros INIA N° 41. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Tamel Aike, Coyhaique.
- Lättman, H. Å., Bergman, K.-O., Rapp, M., Tälle, M., Westerberg, L., & Milberg, P. (2014). Decline in lichen biodiversity on oak trunks due to urbanization. *Nordic Journal of Botany*, 32, 518–528.
- Margulis, L. (1981). *Symbiosis in Cell Evolution: Origins of Cell Motility*. W.H. Freeman and Company.
- Mahu, M. (1989). Pollution atmospherique et lichens dans la Ville de Santiago du Chili. *Mycotaxon*, 34(2), 407–428.
- Piercey-Normore, M. D., Coxson, D., Goward, T., & Goffinet, B. (2006). Phylogenetic position of a Pacific Northwest North American endemic cyanolichen, *Nephroma occultum* (Ascomycota, Peltigerales). *The Lichenologist*, 38(5), 441–456.
- Quilhot, W. (1995). Líquenes. En J. Simonetti, M. Arroyo, A. Spotorno y E. Lozada (Eds.), *Diversidad Biológica de Chile* (pp. 26–37). Comité Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. Santiago de Chile.
- Quilhot, W., Pereira, I., Guzmán, G., Rodríguez, R., Serey, Í., & Barrera, E. (1998). Categorías de Conservación de Líquenes Nativos de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, 47, 9–22. Recuperado el 30 de junio de 2023, de [https://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/articles-65021\\_archivo\\_01.pdf](https://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/articles-65021_archivo_01.pdf)
- Ramírez, C., San Martín, C., & Ojeda, P. (1997). Muestreo y tabulación fitosociológica aplicados al estudio de los bosques nativos. *Bosque*, 18(2), 19-27.
- Redón, J. (1972). Líquenes de la Región de Cachagua y Zapallar. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso*, 5, 105–115.
- Redón, J., & Walkowiak, A. (1978). Estudio preliminar de la flora liquénica del parque nacional “La Campana”. I: Resultados sistemáticos. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso*, 11, 19–36.
- Redón, J. (1985). Líquenes de Chile I. *Boletín Micológico*, 2, 131–143. Recuperado el 21 de junio de 2023, de <https://ieya.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/view/1480/1569>

- Redón, J. (1979). Líquenes del Parque Nacional “Vicente Pérez”. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso*, 5, 117–127.
- Rundel, P. W. (1980). Corticolous lichen communities of *Nothofagus dombeyi* on Volcan Villarica in southern Chile. *The Bryologist*, 83, 82-84.
- Vargas, R. (2022). Línea de base biota Liquenológica Laguna Carén (v1). Reinaldo Vargas.
- Vargas Castillo, R., & Sandoval Leiva, P. (2020). Lista sistemática de los hongos liquenizados y liquenícolas presentes en Chile. v1.6. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Dataset/Checklist. [http://gbif-chile.mma.gob.cl/ipt/resource?r=checklist\\_liquenes\\_chile&v=1.6](http://gbif-chile.mma.gob.cl/ipt/resource?r=checklist_liquenes_chile&v=1.6)
- 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 Environments*, 30(2), 172-179.