



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLÓGIA Y BIOTECNOLOGÍA

TESIS

**LÍQUENES BIOINDICADORES SEGÚN EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE EN 2 ZONAS DEL
DISTRITO DE CAJAMARCA. 2024**

PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO BIOTECNÓLOGO

PRESENTADO POR:

Bach. Roger Vladimir Chavez Huayta

ASESORA:

Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado

Cajamarca – Perú

2026



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador: **Roger Vladimir Chavez Huayta**
DNI N.º 72437891
Escuela Profesional/Unidad UNC: **ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA**
- Asesor:
Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Facultad/Unidad UNC: **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**
- Grado académico o título profesional
 Bachiller **Título profesional** Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación
 Trabajo de suficiencia profesional Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:
LÍQUENES BIOINDICADORES SEGÚN EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE EN 2 ZONAS DEL DISTRITO DE CAJAMARCA.2024
- Fecha de evaluación: **11/03/2026**
- Software antiplagio: **X TURNITIN** **URKUND (ORIGINAL) (*)**
- Porcentaje de Informe de Similitud: **13%**
- Código Documento: **oid:::3117:566584797**
- Resultado de la Evaluación de Similitud:
 X APROBADO **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Cajamarca, 16 de marzo del 2026



En caso se realizó la evaluación hasta noviembre de 2024*

Copyright©

Roger Vladimir Chavez Huayta

Todos los derechos reservados

FICHA CATALOGRÁFICA

Chavez Huayta, R. 2026. **Líquenes bioindicadores según el índice de calidad del aire en 2 zonas del distrito de Cajamarca. 2024** / Roger Vladimir Chavez Huayta.

Escuela Académico Profesional de Biología y Biotecnología

Asesora: Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado

Disertación Académica para optar el Título Profesional de Biólogo Biotecnólogo

UNC - 2026

**LÍQUENES BIOINDICADORES SEGÚN EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE
EN 2 ZONAS DEL DISTRITO DE CAJAMARCA. 2024**


Autor: Bach. Roger Vladimir Chavez Huayta

Asesora: Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado

Tesis evaluada y aprobada para la obtención del Título Profesional de Biólogo

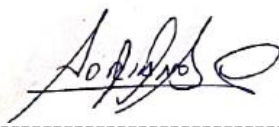
Biotechnólogo de la Universidad Nacional de Cajamarca, por los siguientes jurados:

JURADO EVALUADOR



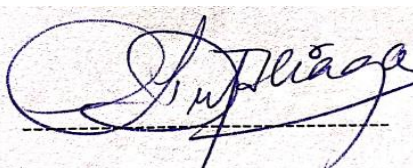
PRESIDENTE

PhD. Ronald Fernando Zelada Mazmela



SECRETARIO

Dr. William Edgardo Soriano Castillo



VOCAL

M.Cs. Arturo Ulises Díaz Aliaga

Cajamarca, 2026 – Perú



MODALIDAD "A"
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO BIOTECNÓLOGO

En Cajamarca, siendo las 08:10 am del 26 de Febrero del 2026, los integrantes del Jurado Evaluador para la revisión y sustentación de la tesis, designados en Consejo de Facultad a propuesta del Departamento Académico, reunidos en el ambiente 11-103 de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Cajamarca, dan inicio a la sustentación de tesis denominada: Líquenes bioindicadores según el índice de calidad del aire en 2 zonas del distrito de Cajamarca. 2024

del (a) Bachiller en Ciencias Biológicas:

Roger Vladimir Chavez Huayta

Siendo las 09:00 am del mismo día, se da por finalizado el proceso de evaluación, el Jurado Evaluador da su veredicto en los siguientes términos: Muy Buena, con el calificativo de: 7, con lo cual el (la) Bachiller en Ciencias Biológicas se encuentra Apto para la obtención del Título Profesional de: **BIÓLOGO BIOTECNÓLOGO**.

Miembros Jurado Evaluador Nombres y Apellidos		Firma
Presidente:	PhD. Ronald Fernando Zelada Mazmela	
Secretario(a):	Dr. William Edgardo Soriano Castillo	
Vocal:	M. C. Arturo Ulises Díaz Alinga	
Accesitaria:		
Asesor (a):	Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado de Uriol	
Asesor (a):		

Términos de Calificación:

EXCELENTE (19-20)

MUY BUENO (17-18)

BUENO (14-16)

REGULAR (12-13)

REGULAR BAJO (11)

DESAPROBADO (10 a menos)

A:

Mis padres y hermana, por su apoyo incondicional, amor, paciencia, tiempo y por ser pilares fundamentales de mi vida, les dedico este esfuerzo, se merecen esto y mucho más, los amo

Agradecimiento:

A Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida, darme fuerza en los momentos complicados, guiarme y permitirme compartir este logro con mis seres queridos.

Al biólogo Daniel Ramos Aranibar por compartirme sus conocimientos, tiempo y compromiso para el desarrollo de esta tesis.

A mi asesora, la Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado, por brindarme su apoyo, orientación, motivación y paciencia para el éxito de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

Título	XIII
Resumen	XIV
Abstract	XV
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Contaminación atmosférica	10
2.2.1.1. Contaminación de fuente vehicular	11
2.2.1.2. Contaminación de fuente industrial	11
2.2.2. Calidad del aire	12
2.2.3. Índice de Calidad del Aire (ICA)	12
2.2.4. Bioindicadores	13
2.2.4.1. Ventajas de los bioindicadores con respecto a los parámetros Fisicoquímicos.....	14
2.2.4.2. Requisitos que deben cumplir los bioindicadores	14
2.2.5. Líquenes	15
2.2.5.1. Estructura	15
2.2.5.2. Formas de crecimiento	16

2.2.5.3. Ecología de los líquenes	18
2.2.5.4. Reproducción de los líquenes	19
2.2.5.5. Líquenes como bioindicadores	19
2.2.5.6. Descripción de líquenes	20
CAPÍTULO III	23
DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	23
3.1. Nivel de Investigación	23
3.2. Tipo y diseño de estudio	23
3.3. Material biológico	23
3.4. Área de estudio o lugar de muestreo	23
3.5. Recolección de las muestras	24
3.5.1. Muestra vegetal	24
3.6. Técnica e instrumento de recolección de datos	24
3.6.1. Fase de campo – Muestra vegetal	24
3.6.2. Fase de campo – Muestra de líquenes	25
3.6.3. Identificación taxonómica	26
3.6.4. Cálculo del Índice de Pureza Atmosférica (IPA)	27
3.6.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	27
CAPÍTULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Resultados	28
4.1.1. Especies de líquenes identificadas por zona de estudio	28

4.1.1.1. Especies en la zona de estudio Parque Miguel Grau (PMG)	30
4.1.1.2. Especies en la zona de estudio Prolongación Paradero El Porongo (PPP)...	32
4.1.2. Orden de líquenes identificados en las zonas de estudio	34
4.1.3. Familias de líquenes identificados en las zonas de estudio	36
4.1.4. Resultados del Cálculo de Índice de Pureza Atmosférica (IPA)	38
4.2. Discusión	39
CAPÍTULO V	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1. Conclusiones	45
5.2. Recomendaciones	45
LISTA DE REFERENCIAS	46
APÉNDICES	54
ANEXOS	60

Lista de abreviaciones

IPA: Índice de Pureza Atmosférica

PMG: Parque Miguel Grau

PPP: Prolongación Paradero el Porongo

**LÍQUENES BIOINDICADORES SEGÚN EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE EN 2 ZONAS DEL
DISTRITO DE CAJAMARCA. 2024**

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar cuáles líquenes son bioindicadores de la calidad del aire en dos zonas con diferentes perfiles de contaminación en el distrito de Cajamarca, 2024. Así también, se evaluó la calidad del aire según el Índice de Pureza Atmosférica (IPA), en las dos zonas de estudio. Se seleccionaron 5 árboles de una misma especie por zona, se realizaron 50 muestreos en cada una de ellas utilizando una rejilla de relevamiento de líquenes, obteniendo un total de 100 muestras, la identificación de los líquenes se realizó a través de claves taxonómicas. Los árboles identificados fueron *Fraxinus americana* L. (fresno) y *Salix humboldtiana* Willd. (sauce), se identificaron 208 líquenes en total, agrupados en 9 especies, las especies fueron las siguientes: *Physcia undulata* Moberg, *Physcia* sp.1, *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl, *Candelaria fibrosa* (Fr.) Müll. Arg, *Caloplaca* sp1, *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Flavopunctelia flaventior* (Stir.) Hale, *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal y *Lecania* sp.1. Se obtuvo un IPA de 21,4 para la zona de estudio Parque Miguel Grau (PMG) y un IPA de 20,2 para la zona de estudio Prolongación Paradero el Porongo (PPP). Los resultados indicaron que en las zonas evaluadas existe una buena calidad de aire, estos valores tienen sentido e importancia ya que está relacionada con la alta presencia de líquenes encontradas en ambas zonas, 107 líquenes en la zona PMG y 101 en la zona PPP. Es importante resaltar que la mayoría de los líquenes encontrados pertenecieron al biotipo folioso con un 92,7 %. En conclusión, se logró determinar las especies de líquenes bioindicadores que se encuentran en las zonas de estudio, de la misma forma, el valor de los índices IPA establecieron que existe una buena calidad del aire.

Palabras clave: líquenes, IPA, Parque Miguel Grau, Prolongación Paradero el Porongo, calidad del aire.

Abstract

The objective of this research was to determine which lichens are bioindicators of air quality in two areas with different pollution profiles in the district of Cajamarca, 2024. Air quality was also evaluated according to the Atmospheric Purity Index (API) in the two study areas. Five trees of the same species were selected per area, and 50 samples were taken in each area using a lichen survey grid, obtaining a total of 100 samples. The lichens were identified using taxonomic keys. The trees identified were *Fraxinus americana* L. (ash) and *Salix humboldtiana* Willd. (willow). Nine species of lichens were identified, giving a total of 208. The species were as follows: *Physcia undulata* Moberg, *Physcia* sp.1, *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl, *Candelaria fibrosa* (Fr.) Müll. Arg, *Caloplaca* sp1, *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Flavopunctelia flaventior* (Stir.) Hale, *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal, and *Lecania* sp.1. An IPA of 21,4 was obtained for the Miguel Grau Park (PMG) study area and an IPA of 20,2 for the Prolongación Paradero el Porongo (PPP) study area. The results indicated that the air quality in the areas evaluated is good. These values are meaningful and significant, as they are related to the high presence of lichens found in both areas: 107 lichens in the PMG area and 101 in the PPP area. It is important to note that most of the lichens found belonged to the foliose biotype, accounting for 92.7%. In conclusion, it was possible to determine the species of bioindicator lichens found in the study areas. Similarly, the IPA indices established that there is good air quality.

Key words: lichens, IPA, Miguel Grau Park, Prolongación Paradero el Porongo, air quality.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire en las ciudades es uno de los problemas ambientales más preocupantes en la actualidad, producto de las actividades del hombre que implica eliminar gases que alteran negativamente la composición de la atmósfera. Este problema se va haciendo cada vez más grande debido a los gases y polvo generados por diversas industrias, predominando la quema de combustibles fósiles y el aumento del parque automotor, provocando el incremento de emisiones el cual es uno de los principales problemas de contaminación de aire en nuestro país; además, en Perú, en ciudades grandes como Lima, con más de 10 millones de habitantes, el 80 % de la contaminación del aire proviene del parque automotor, destacando el incremento de la cantidad de vehículos motorizados en los últimos 20 años (Tapia et al., 2018).

La ciudad de Cajamarca no es ajena a este tipo de contaminación, presentando un exceso de parque automotor y quema de combustibles, las cuales son fuentes de emisiones como monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2) y material particulado (Araujo, 2016). Debido a este problema, en el año 2014 se instalaron 24 microestaciones de monitoreo a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), de los cuales en 13 se superaron los índices máximos permisibles que iban entre 5 y 12 toneladas de partículas generadas por el smog, los cuales están por encima de los valores permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que son 5 toneladas por km^2 como máximo (Quispe, 2018).

Para medir la calidad del aire existen métodos fisicoquímicos que nos permiten establecer el nivel de contaminación atmosférica; sin embargo, cuantificar estos contaminantes suele ser un método complicado debido a los altos costos del monitoreo fisicoquímico. Frente a esto existe otras alternativas como los bioindicadores, organismos que responden a la contaminación por sustancias nocivas, proporcionándonos información sobre el medio en

el que se encuentran; además, podemos encontrar diferentes organismos utilizados como bioindicadores, teniendo a especies como algas, plantas vasculares, hongos, animales vertebrados e invertebrados y los líquenes, siendo estos últimos, objeto de estudio a nivel mundial por su gran capacidad en la evaluación de contaminación atmosférica (Valdivia y Ramírez, 2018).

Los líquenes son organismos simbióticos entre un alga y un hongo, de gran interés en la evaluación de la contaminación atmosférica debido a su sensibilidad a la presencia de compuestos tóxicos en la atmósfera, siendo considerados muy buenos bioindicadores, bioacumuladores, y biomonitores de la calidad del aire (Méndez y Nájera, 2011). Cajamarca es una ciudad donde podemos encontrar presencia de líquenes; de esta manera, la ausencia o presencia de estos organismos es un indicador natural importante que ofrece información acerca del estado de contaminación del aire en dicha zona.

El uso de bioindicadores viene cobrando cada vez mayor importancia y práctica en los últimos años, por tal motivo la presente investigación tuvo como propósito determinar cuáles especies de líquenes bioindicadores se encuentran en el distrito de Cajamarca, a través de una comparación en 2 zonas con diferentes perfiles de contaminación. Los resultados de la presente investigación van a permitir conocer la diversidad de especies de líquenes que abundan en cada zona y por ende información acerca del estado de contaminación de nuestra ciudad, siendo un incentivo para realizar programas de gestión ambiental en diversas localidades.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En el año 2023, se realizó una evaluación de la calidad del aire en tres parques del Cantón Latacunga, utilizando el Índice de Pureza Atmosférica (IPA). Se identificó al líquen *Ramalina sp* como especie sensible a la contaminación atmosférica, por otro lado, también se identificaron a las especies *Candelaria concolor*, *Parmelia sp*, *Parmotrema austrosinense* y *Heterodermia* las cuales presentan tolerancia a la contaminación atmosférica. Los resultados de la evaluación a los parques presentaron valores entre 4 y 6 de IPA, considerando una contaminación media a las zonas evaluadas. Se llegó a la conclusión que la especie más sensible fue *Ramalina peruviana* y la contaminación media en los parques se debe a factores de flujo vehicular y actividades comerciales (Zambrano, 2023).

En el año 2022, se realizó una investigación con el objetivo de evaluar y mapear la calidad del aire de la región de Setif, Argelia, utilizando líquenes como bioindicadores. Para el desarrollo de la metodología tomaron muestra de 70 estaciones en toda la región y para evaluar la calidad del aire se utilizó la frecuencia de especies de líquenes, el índice de Shannon-Weaver, el índice de pureza atmosférica (IPA) y el índice de calidad del aire (AIQ). Se registraron 56 especies de líquenes, siendo la familia Lecanoraceae la más diversa con 10 especies de líquenes, seguida de Parmeliaceae con 8 especies. La distribución geográfica mostró que *Xanthoria parietina* fue la especie más común en la región de Setif. Por otro lado, los indicadores de contaminación mostraron que las áreas urbanas antrópicas poseen una contaminación del aire muy alta con valores que oscilaban entre 5 – 15 de IPA. Se infirió que los índices de contaminación mostraron una relación entre ellos y una diferencia entre las zonas rurales y urbanas, resaltando que las zonas urbanas presentaron contaminación atmosférica elevada (Belguidoum et al., 2022).

Chilito, (2021), realizó un trabajo de investigación usando líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en las comunas uno y tres de la ciudad de Popayan – Colombia. Se evaluó el porcentaje de cobertura de cada especie, tomando datos de frecuencia de líquenes, a la vez, se determinó el IPA y el Factor de Clasificación Ambiental (FCA). El resultado arrojó un total de 112 especies, distribuidas en 28 familias y 47 géneros. De acuerdo con el IPA, se clasificaron 3 zonas de isocontaminación (pobre en líquenes, transición y normal); así mismo, se encontraron 14 especies de líquenes con alto nivel de significancia y 4 con menor grado en estaciones de buena y regular calidad del aire. Se concluyó que las zonas con mayor riqueza de líquenes son las ubicadas en zonas de bajo tráfico vehicular o vías con abundancia de árboles.

Cruz, (2020), evaluó la calidad del aire de la ciudad de Danlín, Honduras, utilizando líquenes como indicadores de contaminación atmosférica. Se eligió 4 sitios de muestreo donde se seleccionaron 10 árboles en total. Las áreas de muestreo ubicadas al oeste de la ciudad dieron un IPA de 10,64 y las ubicadas al sur dieron un valor de 9,50, siendo estos índices los de mayor contaminación en la ciudad de Danlín. La mayoría de los líquenes encontrados fueron del tipo crustáceo, lo que indica que es una especie tolerante a altos niveles de contaminación de aire.

Figueredo, (2020), buscó determinar los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre comunidades de líquenes foliosos en tres sectores de la ciudad de Bogotá, Colombia. La comunidad de líquenes fue evaluada en términos de diversidad y las estaciones de muestreo se clasificaron según el índice IPA y el índice de calidad del aire (ICA). Se registraron 12 especies de líquenes foliosos, predominando las familias Parmeliaceae, Physciaceae y Candelariaceae, las especies más frecuentes encontradas en todas las estaciones fueron *Flavopunctelia flaventior* y *Candelaria concolor*. El índice IPA presentó una variación en las estaciones de muestreo en un intervalo entre 41 a 94. Se infirió que la contaminación atmosférica influye en las comunidades liquénicas, permitiendo que permanezcan aquellas especies que logren adaptarse.

Fatima et al., (2019), realizaron un trabajo que tenía como objetivo evaluar los niveles de calidad del aire en la región de Bordj Bou Arreridj, Argelia, e identificar especies sensibles a la contaminación del aire. Se tomaron muestra de líquenes epífitos de 34 estaciones. La evaluación de la diversidad de líquenes se basó en los índices de abundancia de líquenes (LA) y el índice de Shannon, mientras que para la determinación de los diferentes niveles de contaminación del aire se utilizó el índice IPA y diversidad de líquenes (LDV). Se identificaron 62 especies pertenecientes a 19 familias y 32 géneros de líquenes, siendo *Xanthoria parietina* la especie más común encontrada, seguida de *Buellia griseovirens* y *Physcia tenella*. El IPA osciló entre 16,19 y 79,82 y la LDV entre 12,50 y 52,16, mostrando una relación significativa entre la diversidad de líquenes y la calidad del aire. Se infirió que la presencia de líquenes tiene una gran importancia en la determinación de áreas de contaminación del aire, ya que por medio de la presencia de estos organismos demostraron que el aire está ligeramente contaminado en la región de Argelia.

Acevedo y Charry, (2018), realizaron un estudio con la finalidad de evaluar la calidad del aire usando líquenes como bioindicadores en el sur de Cali, Colombia. El muestreo se realizó en 4 sectores de la vía Cali Jamundí para posteriormente seleccionar 3 especies de árboles forófitos. Para determinar la diversidad de especies liquénicas se empleó el índice de Shannon Weaver y para evaluar la calidad del aire el índice IPA. Se reportaron un total de 10 especies de líquenes representadas en 9 familias, siendo Parmeliaceae la más representativa con un 94,89 % de la cobertura total de las áreas de estudio. Los índices de pureza atmosférica se encuentran entre 9,7 para el área más contaminada y 40,9 para el área menos contaminada. Se concluyó que los espacios verdes con presencia de árboles impactan de manera positiva la cobertura liquénica, ya que características como temperatura y humedad se mantienen en equilibrio, favoreciendo el crecimiento y propagación de las diferentes especies de líquenes.

Cohn-Berger y Quezada, (2016), categorizaron los niveles de contaminación del aire por medio del IPA, complementado con coberturas de cada especie, el Factor de Clasificación ambiental (ECF) y el cambio en la diversidad de líquenes en árboles de jacaranda en 32 puntos del corredor metropolitano en la ciudad de Guatemala. Se logró identificar a 65

especies divididas en 23 géneros y 16 familias, siendo la especie *Candelaria concolor* la más frecuente en 27 de los 32 puntos de muestreo, seguida de *Hyperphyscia adglutinata* presente en 24 puntos. Los valores de IPA oscilan entre 4,25 y 25,5, los valores más bajos se encuentran en los puntos P5 y P8 y los más altos en los puntos P28 y P21. Se llegó a la conclusión que los líquenes pueden complementar las mediciones fisicoquímicas, especialmente en zonas donde carecen de estaciones y se necesite un estudio instrumental.

Gonzales et al., (2016), realizaron una investigación con el propósito de determinar la aplicabilidad de líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba, Bolivia, utilizando el método de índice de pureza atmosférica. El muestreo se hizo en 9 puntos de monitoreo, encontrándose 12 especies de líquenes en total, como por ejemplo *Candelaria concolor* y *Flavopunctelia flaventior*. El índice IPA muestra que los valores son diferentes en época húmeda y seca ya que el trabajo se realizó en los meses de febrero, marzo y abril, de igual manera se determinó zonas de isocontaminación donde áreas con mala calidad del aire fueron identificadas en la zona sur y áreas con mejor calidad en la zona norte. Se concluyó que los líquenes se ven afectados de forma directa por los contaminantes atmosféricos, ya que la distribución liquénica cambia según las concentraciones de los contaminantes.

Simijaca et al., (2014), evaluaron el nivel de contaminación atmosférica en la ciudad de Tunja, Colombia, a partir del uso de líquenes como bioindicadores y así establecer áreas de contaminación atmosférica de Tunja, mediante el uso de IPA. Se seleccionaron 25 estaciones de muestreo de áreas verdes más representativas de la zona rural y urbana de la ciudad de Tunja, lugar donde se recolectó la flora no vascular para el estudio. Se estableció que en cada estación los líquenes son el grupo más representativo con 30 especies identificadas, siendo *Parmotrema austrosinense* la especie con más frecuencia. Los valores de IPA se encuentran en 52,21 y 8,533, siendo este último el área más contaminada de los puntos de muestreo. Todos los valores de IPA fueron agrupados en zonas de isocontaminación para ser representados cartográficamente. Se coligió que dichas zonas se distribuyen continuamente y muestran una dirección donde la contaminación aumenta hacia el centro de la ciudad y disminuye hacia las zonas rurales.

En un estudio realizado en Ecuador, se empleó líquenes como bioindicadores de calidad del aire en 6 parques del distrito metropolitano de Quito con el propósito de determinar zonas y niveles de contaminación atmosférica, así como la tolerancia y sensibilidad de las especies de líquenes. Se establecieron 17 estaciones de muestreo en los 6 parques mencionados, se identificó las especies liquénicas y se calculó el Índice de Pureza Atmosférica para cada lugar de muestreo. Se registraron 42 especies liquénicas pertenecientes a 10 familias y 19 géneros, Parmeliaceae es la familia predominante con 6 géneros y 11 especies, los valores de IPA van de 40 a 963, ubicándose el valor más bajo de 40,99 y el valor más alto de 962,2. Se llegó a la conclusión que las estaciones en las zonas céntricas de los parques presentan mejor calidad del aire a comparación de las zonas periféricas, esto debido a la presencia de árboles y arbustos que actúan como barrera de dispersión de los contaminantes (Segura, 2013).

Castell, (2012), estudió la comunidad de líquenes epifitos de 3 parques urbanos en Montevideo (Rivera, Batlle y Prado Chico), para detectar posibles cambios de la contaminación atmosférica en una parte de la biodiversidad local. El muestreo se realizó en 30 árboles adultos ubicados en la zona interna de cada parque, identificándose especies resistentes y/o tolerantes como *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia syncolla*, *Parmotrema pilosum*, entre otros. Los índices IPA derivados de las mediciones ecológicas establecieron que el Parque Rivera tiene la peor calidad del aire con un valor de 0,41 de IPA a comparación de los otros parques de muestreo con valores de 0,94, 0,96 y 1,22.

Käffer et al., (2011), evaluaron comunidades liquénicas en áreas urbanas de la ciudad de Porto Alegre, Brasil. La comunidad de líquenes fue evaluada en 29 estaciones de muestreo más un área de referencia ubicada en el Parque Estadual en la ciudad de Viamao, sur de Brasil. Los líquenes fueron evaluados en términos de composición, diversidad, riqueza y cobertura, y las estaciones de muestreo en base al índice IPA complementado con ECF. Se identificaron 131 taxa, de los cuales 13 ejemplares pueden ser considerados indicadores de áreas urbanas, las familias con mayor número de taxa fueron Parmotrema (13,7%), seguido de Graphis (9,9%), Lecanora y Physcia con un 6,9%. Las especies más comunes fueron *Dirinaria picta*, *Canoparmelia texana* y *Anisomeridium sp*, mientras que

los índices IPA variaron de 19,9 a 434,2. Se llegó a la conclusión que los líquenes cortícolas son eficientes para evaluar la calidad atmosférica y pueden servir como una alternativa en los programas de monitoreo urbanos.

Freitas et al., (2010), evaluaron la diversidad y abundancia de líquenes en diferentes zonas de Oporto, Portugal, con respecto a las tasas de contaminantes atmosféricos. Se seleccionó 3 zonas de muestreo (zonas urbanas, suburbanas y rurales). Se calculó el LDV para cada zona y las concentraciones promedio de CO, CO₂, SO₂, NO₂, O₃ y PM10, mediante el uso de equipos de lectura directa. Los líquenes más sensibles se encontraron en el área de LDV más alto, siendo *Favoparmelia caperata* y *Parmotrema chinense*, las especies más encontradas en todas las zonas.

En otro estudio, realizado en la ciudad de San Luis, Argentina, se evaluó la calidad del aire urbano. Para esto se tomaron 6 áreas en el centro de la ciudad y un área control en la ciudad de Juana Koslay, para la determinación de los niveles de contaminación se usó el índice IPA, así como también los índices de diversidad Shannon. Las especies toxitolerantes reportadas fueron *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia sp* y *Physcia sp*, concluyendo que los análisis de los datos del IPA concuerdan con lo observado en campo, ya que existe una disminución de líquenes epífitos en las zonas urbanas (Lijteroff, y Prieri, 2009).

Canseco et al., (2006), evaluaron la calidad del aire en la ciudad de la Paz, utilizando el índice IPA. Se seleccionaron 21 puntos de muestreo teniendo en cuenta la presencia de forófitos portadores de líquenes, tipificación de la zona y condiciones ambientales. Se reportó un total de 27 especies de líquenes, pero sólo se trabajó con 17 especies de los forófitos seleccionados. De estas especies podemos mencionar a *Flavopunctelia flaventior*, *Candelaria concolor*, *Xanthoria parietina*, *Physcia sp*, como las más abundantes de tipo folioso. Los valores de IPA obtenidos en época húmeda y seca varían entre 0 y 239. Se concluyó que el índice IPA puede utilizarse no solo como indicador, sino también en términos de frecuencia y diversidad líquénica, ya que en zonas de alta de contaminación estos bajan y en zonas de menor contaminación aumentan.

Entre las investigaciones realizadas en el Perú, destaca un estudio realizado en 2022 en la comunidad nativa Shawan Rama, San Ramón - Junín, con el objetivo de evaluar la calidad del aire mediante el uso de líquenes como bioindicadores de contaminación. Para ello, se seleccionaron 25 árboles de muestreo distribuidos en cinco zonas y se calculó el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) en cada una. Se identificaron tres tipos de líquenes: fruticulosos, crustáceos y foliosos, siendo los crustáceos los más frecuentes. Concluyó que los valores de IPA oscilaron entre 6,4 y 28,6, lo que indicó una calidad del aire regular en la comunidad (Magan Vargas, 2022).

En el año 2022 en Huancavelica se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de contaminación de la atmósfera por las actividades antrópicas en la zona urbana de Huancavelica usando líquenes como bioindicadores. Se analizaron 7 zonas de muestreo, donde se identificó un total de 27 especies. La especie más predominante fue *Flavoparmelia carperata* con un porcentaje de 10,76 % en las zonas de muestreo, seguida de *Candelaria concolor* con un 6,81%. El estudio concluyó que el Índice de Pureza Atmosférica es muy alto, lo que indica una buena calidad del aire en la zona, permitiendo el desarrollo y reproducción adecuada de los líquenes sin afectaciones significativas (Yapuchura, 2022).

En el 2020, se evaluó la calidad del aire en la ciudad de Ilo mediante líquenes como bioindicadores ambientales, recolectando muestras en dos zonas: Alto Ilo y Urbanización Garibaldi. Se identificaron cuatro especies de líquenes pertenecientes a los géneros *Caloplaca*, *Lepraria* y dos especies de *Chrysothrix*. El estudio concluyó que el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) en Alto Ilo fue de 9,12, indicando un nivel de contaminación “Moderado”, mientras que en la Urbanización Garibaldi el IPA fue de 0,77, lo que refleja un nivel de contaminación “Muy Alto” (Palomino, 2020).

Por otro lado, en una investigación realizada en Ancash, Perú, se evaluó el uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en el pasivo ambiental minero Santo Toribio. Se estudiaron 2 lugares con similares características de hábitat, evaluándose 108 puntos de muestreo. Para conocer los niveles de contaminación atmosférica mediante

líquenes se estudió la riqueza de especies, el índice IPA y también se analizaron metales pesados. El estudio reveló 42 especies de líquenes distribuidas en 15 familias y 27 géneros, la especie utilizada para el análisis de metales pesados fue *Usnea durietzii*. Se infirió que los valores más bajos de IPA y riqueza de especies fueron encontradas en la zona pasivo, reflejando los altos niveles de contaminación atmosférica (Valdivia, 2018).

Ambrocio y Bringas, (2017), evaluaron la utilización de líquenes para determinar la contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca. Se determinó el índice IPA de las zonas de estudio, abundancia y riqueza de especies de líquenes, incluyendo el conteo de vehículos en las tres zonas de estudio en un lapso de 5 minutos durante una hora. El análisis de los valores IPA indicó que la zona más contaminada tuvo índice de 13 y la zona menos contaminada un índice de 64. Se concluyó que las zonas con mayor IPA fueron aquellas con menor tránsito vehicular y viceversa.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se define como la presencia de elementos extraños en el aire que se diferencian de su composición habitual, en concentraciones altas puede resultar perjudicial para la salud de las personas, cambios en el clima y ocasionar daños materiales (Jácome y Zapata, 2013).

La presencia de contaminantes en el aire es un problema que ha existido desde siempre, distintos eventos naturales que se dan en nuestro entorno también aportan contaminantes en el aire; sin embargo, las concentraciones de estos contaminantes no son un peligro para la vida, a diferencia de la contaminación generada por actividades antropogénicas (Jácome y Zapata, 2013). Las sustancias presentes en la atmósfera se conocen como contaminantes primarios y los contaminantes secundarios son aquellos que resultan de la interacción de los contaminantes primarios. Los contaminantes atmosféricos primarios incluyen a partículas atmosféricas, compuestos de azufre,

compuestos de nitrógeno, compuestos orgánicos, plomo, monóxido de carbono y los secundarios vienen a ser consecuencia de las reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios. Estos contaminantes pueden derivar de dos tipos de fuentes: las móviles, producida principalmente por el sector transporte, y las fuentes fijas, producida por establecimientos industriales (Díaz, 2020).

2.2.1.1. Contaminación de fuente vehicular

El deterioro de la calidad del aire se debe principalmente a las emisiones producidas que resultan de un parque automotor obsoleto y sin una supervisión adecuada, siendo un problema que afecta a la mayoría de las ciudades del país (Díaz, 2020).

La contaminación vehicular radica en el proceso de combustión en un motor antiguo, donde el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera se combinan formando óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono generado de una combustión incompleta, óxido de azufre y dióxido de carbono, contaminantes que son emitidos a la atmósfera como gases de escape (Aguilar et al., 2015).

2.2.1.2. Contaminación de fuente industrial

Las fuentes industriales, fuentes estacionarias o fuentes fijas, se refieren a un punto fijo del que se emiten los contaminantes, y al igual que las fuentes móviles también emiten gases que perjudican la salud de las personas (Saavedra, 2014).

Como contaminantes de fuente industrial tenemos a las fábricas, empresas mineras, ladrilleras, hornos de incineración, todos ellos considerados de alto impacto social debido a las emisiones que generan a la atmósfera; además, entre los principales factores de las emisiones industriales tenemos a las fallas en la instalación de las empresas mineras, utilización

de carbón como fuente de combustible, así como la carencia de tecnología de combustión y control de emisiones (Rojas, 2007).

2.2.2. Calidad del aire

La calidad del aire es una indicación de cuando el aire está libre de contaminación atmosférica, y por lo tanto apto para ser respirado; asimismo, en la actualidad los controles y reglamentaciones en las industrias se han incrementado y la calidad de combustibles se ha mejorado; sin embargo, el parque automotor ha crecido exponencialmente, convirtiéndose en la principal fuente de contaminación del aire en las ciudades (Quispe, 2018).

En contaminación, las principales partículas de suspensión en el aire son el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), material particulado menor de 10 micras (PM_{10}) y a 2,5 micras ($PM_{2,5}$), que al entrar en el cuerpo humano aumentan el riesgo de padecer enfermedades respiratorias agudas, como neumonía y cáncer de pulmón (World Health Organization, 2018).

Las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), publicadas en el año 2005 nos brinda información de los límites para contaminantes atmosféricos que son un riesgo para la población. Estas directrices señalan que al reducir la contaminación con partículas PM 10 de 70 a 20 microgramos por metro cúbico es posible reducir un 15 % el número de muertes relacionadas con la contaminación del aire (Castillo et al., 2015).

2.2.3. Índice de Calidad del Aire (ICA)

El Índice de Calidad del Aire (ICA), permite comparar niveles de contaminación de calidad del aire de estaciones de monitoreo que pertenecen a las autoridades o entidades ambientales que cuentan con redes de monitoreo. El ICA transforma las concentraciones de los diferentes contaminantes a una escala arbitraria (0 - 300), el cual permite evaluar si están por debajo o sobrepasan los niveles de referencia

utilizados; además, el valor obtenido permite calificar la calidad del aire en categorías, asociadas a colores que van del verde al rojo (Quispe, 2018) (**Tabla 1**).

Tabla 1. Categorías de ICA

ESTADO	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE
BUENA	0 – 50
MODERADA	51 – 100
INSALUBRE PARA GRUPOS SENSIBLES	101 – 150
INSALUBRE	151 – 200
MUY INSALUBRE	201 – 300

Fuente: SENAMHI, (2025)

Para determinar la calidad del aire, se utiliza el Índice de Pureza Atmosférica (IPA), basada en la frecuencia, número y tolerancia de los líquenes presentes en el área de evaluación; es decir, se localiza las especies presentes en el área de estudio y se aplica la fórmula que existe para el cálculo del IPA (Conti, 2001). Este índice nos permite saber con un alto nivel de confiabilidad el nivel de contaminantes (NO_x , SO_2 , Cl, Cd, Pb, Zn y polvo); además, un IPA menor de 12,5 indica un alto grado de contaminación y un índice mayor a 50 indicaría un bajo nivel de contaminación (Conti, 2001).

2.2.4. Bioindicadores

Los bioindicadores son organismos compuestos por plantas o animales que viven en ambientes terrestres o acuáticos, cuya población puede ser afectada por cambios estructurales en su hábitat, fuentes de alimentación, contaminantes o cambios poblacionales; por lo tanto, su uso como indicadores biológicos de basa en la sensibilidad que presentan ante las alteraciones del medio ambiente (Calles, 2007). Además, muchos bioindicadores son bioacumuladores, permitiendo descubrir el contaminante aun después que este haya desaparecido del medio ambiente (Billoud et al., 2010).

2.2.4.1. Ventajas de los bioindicadores con respecto a los parámetros Físicoquímicos

Los bioindicadores ayudan a comprobar la efectividad de los parámetros físicoquímicos, la confiabilidad y los efectos de los contaminantes sobre los organismos presentes; además, otra ventaja del uso de bioindicadores es el recopilar datos sobre la exposición a contaminantes por un periodo largo de tiempo, a diferencia de los métodos físicoquímicos que proporciona información en el instante que es tomado el muestreo, debemos mencionar también las ventajas económicas que ofrece este método, ya que no requieren gastos elevados para su respectivo análisis (Segura, 2013).

2.2.4.2. Requisitos que deben cumplir los bioindicadores

Para que un bioindicador sea eficiente debe cumplir ciertos requisitos (Capó Marti, 2007): amplia distribución, larga vida, reacciones toleradas o evitadas, baja movilidad, interacciones con el sustrato y homogeneidad genética.

Organismos como los líquenes cumplen con aquellos requisitos para ser considerados bioindicadores, estos son capaces de vivir en distintos medios (rural, urbano), son organismos perennes que pueden ser muestreados durante todo el año, poseen una larga vida permitiendo que estén expuestos a los contaminantes por un periodo largo de tiempo y podemos cuantificarlos en base a su abundancia permitiendo conocer especies tolerantes y menos tolerantes a la contaminación (Cubas et al., 2010).

2.2.5. Líquenes

Los líquenes son organismos producto de una asociación simbiótica entre un hongo (micobionte) y un alga verde y/o cianobacteria (fotobionte). Según su taxonomía se clasifican dentro del reino Fungi, en su mayoría hongos Ascomycetes que se asocian con algas clorofitas o cianofitas (Marino, 2016). Pueden ser encontrados en diferentes hábitats, desde zonas a nivel del mar, picos de montañas, superficie de sustratos como rocas, suelo, corteza de árboles incluso hasta en espaldas de insectos vivos (Segura, 2013).

Las funciones principales del micobionte son proteger de la radiación excesiva al fotobionte, para que este realice la fotosíntesis con normalidad, permite el paso de CO_2 durante el proceso de fotosíntesis y fija una adecuada hidratación; asimismo, el micobionte utiliza los nutrientes producidos en la fotosíntesis, asegurando una importante fuente de alimento (Cubas et al., 2010).

Existen aproximadamente 40 géneros de algas y cianobacterias reportadas como fotobiontes, las algas más comunes que participan son *Trebouxia* y *Coccomyxa*, de esta manera el 92 % de la composición de los líquenes se basa en algas verdes comunes y solo el 8 % en cianobacterias (Ambrocio y Bringas, 2017). La principal función del fotobionte es el proceso de fotosíntesis para producir hidratos de carbono a partir de CO_2 y agua (Cubas et al., 2010).

En su estructura, las algas se encuentran entre las mallas formadas por las hifas del hongo, los hongos aprovechan el alimento sintetizado por las algas y les ofrecen un hábitat húmedo y protegido, además, el hongo y el alga se reproducen por el sistema habitual de sus especies (Marino, 2016).

2.2.5.1. Estructura

En los líquenes heterómeros, el micobionte es el que constituye la mayor parte de los tejidos estructurales formando una serie de capas llamadas

córtex superior, medula y córtex inferior, todas estas constituidas por las hifas del hongo; por su parte, el fotobionte se encuentra rodeado de hifas formando una capa algal por debajo del córtex superior; por otra parte, tenemos a líquenes donde el fotobionte es una cianobacteria, denominados líquenes homómeros; sin embargo, en este caso la organización no es tan estructurada y el fotobionte no se encuentra distribuido homogéneamente (Cubas et al., 2010).

2.2.5.2. Formas de crecimiento

La forma de crecimiento del líquen está relacionada con su fisiología y también va a depender del hábitat en el que se encuentre.

- a. **Foliosos:** Tienen forma parecida a hojas, el talo es aplanado y se encuentra dividido en lóbulos; también, al encontrarse parcialmente unidos al sustrato pueden ser removidos de manera intacta; además, estos líquenes tienen la capacidad de captar el agua tanto del sustrato como de la atmósfera (Barreno y Pérez, 2003) (**Figura 1**).
- b. **Crustáceos:** Poseen forma de costra y se encuentran fuertemente adheridos al sustrato (Cubas et al., 2010). Carecen de corteza inferior y su crecimiento es de unos milímetros en el año (Umaña y Sipman, 2002) (**Figura 2**).
- c. **Fruticulosos:** Poseen forma de arbusto, ramificados, erectos y colgantes, sobresalen del sustrato y su tamaño puede ser variado (Barreno y Pérez, 2003). Dependen de la humedad relativa para su hidratación, es por eso que tienden a aparecer en áreas nubladas, cerca de los océanos y regiones montañosas (Gelambi, 2019) (**Figura 3**).



Figura 1. Liquen folioso
Fuente: Cubas et al., (2010)

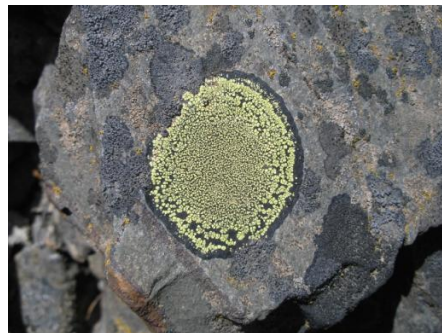


Figura 2. Liquen crustáceo
Fuente: Cubas et al., (2010)



Figura 3. Liquen fruticuloso
Fuente: Cubas et al., (2010)

2.2.5.3. Ecología de los líquenes

Los líquenes son organismos cosmopolitas, con una capacidad de absorber y acumular diversas sustancias presentes en el ambiente (Marino, 2016). Estas sustancias retardan su crecimiento, dificultan su reproducción y en el peor de los casos puede ocasionarles la muerte, de esta manera los líquenes son considerados excelentes bioindicadores de la contaminación atmosférica (Marino, 2016).

Estos organismos se caracterizan por sobrevivir a condiciones extremas o ambientes desfavorables. En momentos de desecación suspenden su actividad, la cual inician nuevamente al absorber el agua producto de la lluvia o del rocío; asimismo, esta forma de vida intermitente limita su crecimiento, pero le permite sobrevivir a diferentes ecosistemas donde difícilmente puedan sobrevivir otros organismos; por otro lado, hay que agregar la falta de competencia y la ausencia casi total de depredadores, permitiendo que los líquenes puedan diversificarse en diferentes territorios (Durán y Pascual, 1997).

Los líquenes pueden encontrarse en diferentes sustratos proporcionándoles una superficie duradera y estable, entre los sustratos más comunes tenemos a rocas, árboles, madera, tierra, algunos exoesqueletos de invertebrados e incluso materiales como hierro, cuero, cemento o ladrillos, en base a lo mencionado anteriormente tenemos la siguiente clasificación (Vaillant, 2014): saxícolas (en rocas), cortícolas (en corteza de árboles), lignícolas (en madera), terrícolas y humícolas (en tierra y humus).

2.2.5.4. Reproducción de los líquenes

Presentan dos tipos de reproducción: asexual y sexual, la reproducción asexual se da por fragmentación del talo, la desecación hace que el talo se vuelva frágil, rompiéndose y facilitando la dispersión de los fragmentos, los cuales pueden originar nuevos talos en otros lugares; de esta forma, la reproducción asexual es la más común entre los líquenes (Marino, 2016).

Los hongos se encargan de la reproducción sexual, desarrollando ascocarpos en forma de apotecio o peritecio, además, los apotecios se presentan sobre el talo mientras que los peritecios se hunden en él y liberan las esporas (Durán y Pascual, 1997).

2.2.5.5. Líquenes como bioindicadores

El avance de la liquenología a nivel mundial ha sido muy extenso en los últimos años, estos organismos son los más utilizados como bioindicadores de la calidad del aire, debido a que no tienen raíces ni cutícula, encontrándose totalmente expuestos a los contaminantes presentes en el aire, y al depender de la fuente aérea para sus nutrientes, absorben diversos contaminantes acumulándose en sus tejidos alterando su diversidad, abundancia y tamaño (Pari, 2020).

Los líquenes cumplen con las mejores características para ser un buen bioindicador, presentan particularidades como el ser estenóicos, no excretan; por lo tanto, acumulan diferentes compuestos, no pueden seleccionar las sustancias que absorben, no sufren plagas y no dependen de las irregularidades del suelo; además, son longevos, permaneciendo expuestos a contaminantes por largos periodos de tiempo, absorben nutrientes y contaminantes a través de gran parte de su superficie (Segura, 2013).

2.2.5.6. Descripción de algunos géneros de líquenes

- a. ***Candelaria concolor***: Pertenece a la familia Candelariaceae, líquen folioso, amarillo; cortícola; también, posee un talo con rizinas, apotecio circular, sésil, cóncavo, epitecio amarillo, borde talino y con un diámetro de 0,7 a 0,8 mm; además, es heterómero con *Protococcus sp*, tiene 16 ascosporas elipsoidales sin septos. Habita en laderas pedregosas (Ramírez y Cano, 2005) (**Figura 4**).

- b. ***Physcia stellaris***: Líquen folioso, blanquecino; cortícola, posee un apotecio circular, plano, con un diámetro de 1,2 mm, con epitecio pruinoso, talo con córtex superior e inferior; además, pertenece a la familia Physciaceae, es heterómero con *Trebouxia sp*, asca con 8 ascosporas elipsoidales con un septo transversal, habita en matorrales (Ramírez y Cano, 2005) (**Figura 5**).

- c. ***Flavoparmelia scabrosina***: Pertenece a la familia Parmeliaceae, líquen folioso, verde oliva; cortícola, también posee un talo sin rizinas, con borde talino, epitecio marrón, talo con córtex superior e inferior, sésil, cóncavo y con un diámetro de 2 a 7 mm; además, es heterómero con *Trebouxia sp*, apotecio lecanorino con asca de 6 ascosporas elipsoidales sin septo, habita en laderas con matorral (Ramírez y Cano, 2005).

- d. ***Lecidea auriculata***: Pertenece a la familia Lecideaceae, líquen crustáceo areolado, gris; saxícola; además, posee un diámetro de 1 a 2 mm, sin borde talino, epitecio negro, talo con córtex superior, apotecio circular, convexo, sésil; también, habita en pendientes rocosas (Ramírez y Cano, 2005) (**Figura 6**).

- e. *Everniopsis trulla*: Pertenece a la familia Parmeliaceae, es un líquen fruticoso, verde amarillo, cortícola; también, posee un diámetro de 5 a 15 mm, apotecio circular, cóncavo, con borde talino y epitecio marrón oscuro; además, tienen un talo sólido, con córtex y habita en terrenos con rocas, rodales y laderas con matorral (Ramírez y Cano, 2005) **(Figura 8)**.
- f. *Usnea durietzi*: Pertenece a la familia Parmeliaceae, es un líquen fruticoso, verde amarillo, saxícola, posee un talo grueso con soledios, carece de apotecio, con córtex; además, podemos encontrarla en roquedales (Ramírez y Cano, 2005) **(Figura 7)**.
- g. *Dictyonema glabratum*: Pertenece a la familia Thelephoraceae, es un líquen folioso, blanco y muscícola; también, posee talo con lóbulos semicirculares y reniformes, carece de córtex superior e inferior, heterómero y podemos encontrarlo en hábitats con pajonales y matorrales (Ramírez y Cano, 2005).



Figura 4. *Candelaria concolor* (Dickson) Stein
Fuente: Consorcio de Herbarios de Líquenes,
(2025)



Figura 5. *Physcia stellaris* (L.) Nyl
Fuente: Consorcio de Herbarios de
Líquenes, (2025)



Figura 6. *Lecidea auriculata* Th. Fr
Fuente: Consorcio de Herbarios de Líquenes,
(2025)



Figura 7. *Usnea durietzii*
Fuente: Consorcio de Herbarios de
Líquenes, (2025)



Figura 8. *Everniopsis trulla* (Ach.) Nyl
Fuente: Consorcio de Herbarios de
Líquenes, (2025)

CAPÍTULO III

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1. Nivel de Investigación

Descriptivo

3.2. Tipo y Diseño de estudio

Tipo de estudio: Básico

Diseño de estudio: No experimental

3.3. Material biológico

El material estuvo conformado por los líquenes recolectados en las 2 zonas de estudio ubicadas en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, durante el año 2024.

3.4. Área de estudio o lugar de muestreo

Las muestras de líquenes fueron recolectadas de las cortezas de los árboles ubicados en las 2 zonas de estudio con diferentes perfiles de contaminación, en el distrito de Cajamarca. La primera zona que presentó indicios de contaminación estuvo ubicada entre el jirón Ayacucho y avenida Mario Urteaga, específicamente la zona arbórea conocida como el parque Miguel Grau, con coordenadas $7^{\circ}09'26''S$, $78^{\circ}30'40''W$ (**Apéndice 1**). La segunda zona de estudio que no presentó indicios de contaminación estuvo ubicada en la prolongación entre el jirón Atahualpa y paradero el Porongo, cuyas coordenadas son $7^{\circ}10'20''S$, $78^{\circ}28'20''W$ (**Apéndice 2**).

3.5. Recolección de las muestras

3.5.1. Muestra vegetal

Se hizo un reconocimiento a las 2 zonas de estudio para seleccionar las especies arbóreas que se utilizó en el muestreo e identificación de líquenes. Para esto se tuvo en cuenta los criterios propuestos por Canseco et al., (2006) : corteza rugosa, perímetro de 50 cm como mínimo, árboles dañados, pintados y de corteza lisa fueron excluidos.

Se seleccionaron 5 árboles de una misma especie por zona con la finalidad de garantizar que el sustrato sobre el cual crecen los líquenes sean similares. Lo árboles elegidos fueron aquellos que presentaron mayor abundancia de líquenes en las zonas de estudio, de manera que se obtenga un número importante de resultados (**Apéndice 3**).

Una vez seleccionados los árboles, se tramitó el permiso correspondiente con la Subgerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad Provincial de Cajamarca (**Apéndice 4**) para hacer la identificación de los árboles y posteriormente obtener las muestras de líquenes. Se colectaron 2 ramas por árbol de cada zona de estudio, las cuales fueron llevadas al laboratorio de Botánica del Departamento de Ciencias Biológicas para su identificación taxonómica (**Apéndice 5**).

3.6. Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Fase de campo – Muestra vegetal

Se recolectaron las muestras de ramas de las 2 zonas de estudio y fueron llevadas al laboratorio de Botánica del Departamento de Ciencias Biológicas para su identificación taxonómica, los árboles identificados fueron *Fraxinus americana* L. (fresno) y *Salix humboldtiana* Willd. (sauce) (**Apéndice 6**).

3.6.2. Fase de campo – Muestreo de Líquenes

Los árboles seleccionados para el muestreo fueron escogidos de acuerdo a los criterios ya antes mencionados, se tomaron en cuenta 10 árboles (5 árboles por cada zona de estudio). Los líquenes muestreados estuvieron en buenas condiciones.

Para el levantamiento de información se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Cámara fotográfica (celular)
- Cuaderno de apuntes
- GPS
- Rejilla de madera de 20 x 50 cm
- Cinta métrica
- Espátula metálica
- Papel toalla
- Sobres de manila de 11 x 18 cm

Metodología:

Para la recolección de muestras de líquenes se utilizó una rejilla de relevamiento de líquenes a cada árbol, esta rejilla de madera está dividida en 10 subcuadros de 10 x 10 cm (**Figura 9**), la cual se colocó verticalmente en la corteza del árbol con mayor cobertura liquénica, la altura respecto al suelo debe ser no menor a 120 cm (**Apéndice 7**). Posteriormente, se utilizó una espátula metálica para poder sacar la muestra de líquen de cada subcuadro de la rejilla, inmediatamente se depositó la muestra en hojas pequeñas de papel toalla y cuidadosamente se las puso dentro de sobres debidamente rotulados. Se obtuvieron 10 muestras por árbol, por cada zona de estudio se consiguió 50 muestras, dando un total de 100 muestras de líquenes por todo el trabajo de campo (**Apéndice 8**).

Para evitar que factores como la radiación solar, temperatura, desvíen los resultados de calidad del aire y tener mayor confiabilidad en los resultados, el muestreo se realizó

en la época lluviosa del distrito de Cajamarca en los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025, muestreando siempre el lado con mayor cobertura líquénica.

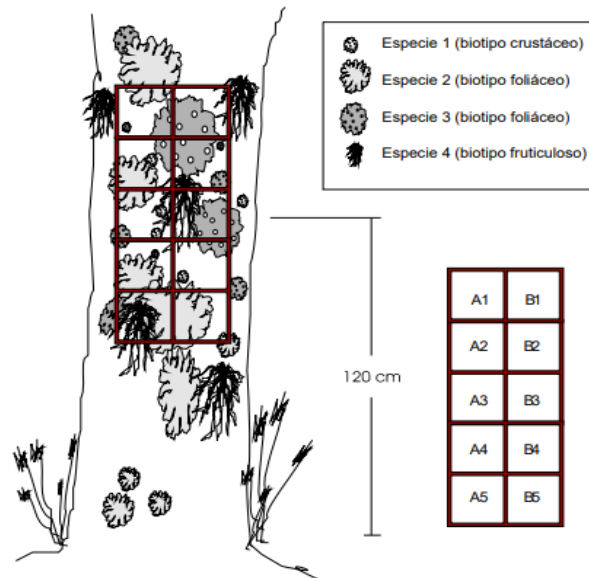


Figura 9. Ejemplo de colocación de rejilla sobre el tronco del árbol

Fuente: (Servicio de Sanidad Forestal y Equilibrios Biológicos SSF, 2000)

3.6.3. Identificación taxonómica

Se obtuvieron 100 muestras de líquenes (50 por cada zona de estudio), cada una de estas fueron colocadas en sobres manila, los sobres debidamente rotulados fueron depositados en una caja de cartón y transportados hacia el laboratorio del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD), en la ciudad de Arequipa para su respectiva identificación. Se observó a través del microscopio compuesto y un estereoscopio, se utilizó reactivos como hidróxido de potasio, hipoclorito de sodio, lugol, parafenilendiamina, donde se analizó la estructura líquénica (**Apéndice 9**), además se utilizó claves taxonómicas de autores tales como, Brodo et al., (2001), Bungartz et al., (2002), Chaparro y Aguirre; (2002), Lucking et al., (2016), Lucking et al., (2017), Lucking et al., (2021), Ramos, (2014), Nash et al., (2004), Moberg, (1990), Moberg, (2011) (**Apéndice 10**).

3.6.4. Cálculo del Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

Se utilizó una rejilla dividida en 10 subcuadros de 10 x 10 cm, el cual fue colocado verticalmente en la corteza del árbol con mayor cobertura liquénica. Se identificó cada una de las especies de líquenes epifitos muestreados presentes en cada árbol y se contó el número de subcuadros en los que aparecía, el valor respectivo será su frecuencia. Estos valores oscilan desde 0 a 10 (0 si la especie no se encuentra en los subcuadros y 10 si se encuentra en todos los subcuadros) (Servicio de Sanidad Forestal y Equilibrios Biológicos SSF, 2000).

Después de obtener los valores de frecuencia, se procedió a calcular el índice IPA por medio de la siguiente fórmula:

$$IPA_j = \sum F_i / n$$

Donde:

IPA_j = Índice de Pureza Atmosférica de la estación j

F_i = Frecuencia de la especie i

n= Número de árboles por estación

3.6.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos obtenidos fueron ingresados y procesados en una base de datos de Microsoft Excel 2016 y posteriormente procesados utilizando el programa estadístico IBM SPSS versión 25.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Especies de líquenes identificadas por zona de estudio

De las 100 muestras de líquenes, se determinó que el 51,4 % de especies pertenecen a la zona de estudio del Parque Miguel Grau (PMG), y el 48,6 % corresponden a la zona de estudio Prolongación Paradero El Porongo (PPP). Se identificaron 208 líquenes, agrupados en 9 especies diferentes. Las especies identificadas en la zona de estudio PMG fueron: *Physcia undulata* Moberg, *Physcia sp.1*, *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl, *Candelaria fibrosa* (Fr.) Müll. Arg, y *Caloplaca sp1*; por otro lado, en la zona de estudio PPP las especies identificadas fueron *Physcia undulata* Moberg, *Physcia sp.1*, *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Flavopunctelia flaventior* (Stir.) Hale, *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal, *Lecania sp.1*, *Caloplaca sp.1* y *Candelaria fibrosa* (Fr.) Müll. Arg (**Tabla 2**).

Tabla 2. Especies de líquenes identificadas en ambas zonas de estudio

ESPECIE	Recuento	LUGAR		
		PPP	PMG	
<i>Physcia undulata</i> Moberg	28	47	75	
				36,1%
<i>Candelaria fibrosa</i> (Fr.) Müll. Arg	13	33	46	
				22,0%
<i>Physcia sp.1</i>	21	15	36	
				17,3%
<i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirt.) Hale	29	0	29	
				13,9%
<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.	1	0	1	
				0,5%
<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	1	0	1	
				0,5%
<i>Lecania sp.1</i>	1	0	1	
				0,5%
<i>Caloplaca sp.1</i>	7	6	13	
				6,3%
<i>Physcia dimidiata</i> (Arnold) Nyl.	0	6	6	
				2,9%
TOTAL	101	107	208	
		48,6%	51,4%	100,0%

PPP: Prolongación Paradero El Porongo

PMG: Parque Miguel Grau

En la **Figura 10** se observa que existen especies que solo aparecen en una zona de estudio, tal es el caso de *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal, *Flavopunctelia flaventior* (Stir.) Hale, *Physcia stellaris* (L.) Nyl y *Lecania sp.1* presentes en la zona PPP; por otro lado, *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl exclusivamente presente en la zona PMG. También se pudo ver especies presentes en ambas zonas, pero con proporciones distintas como *Physcia undulata* Moberg y *Candelaria fibrosa* (Fr.) Müll. Arg teniendo más presencia en la zona PMG y *Physcia sp.1* más presencia en la zona PPP.

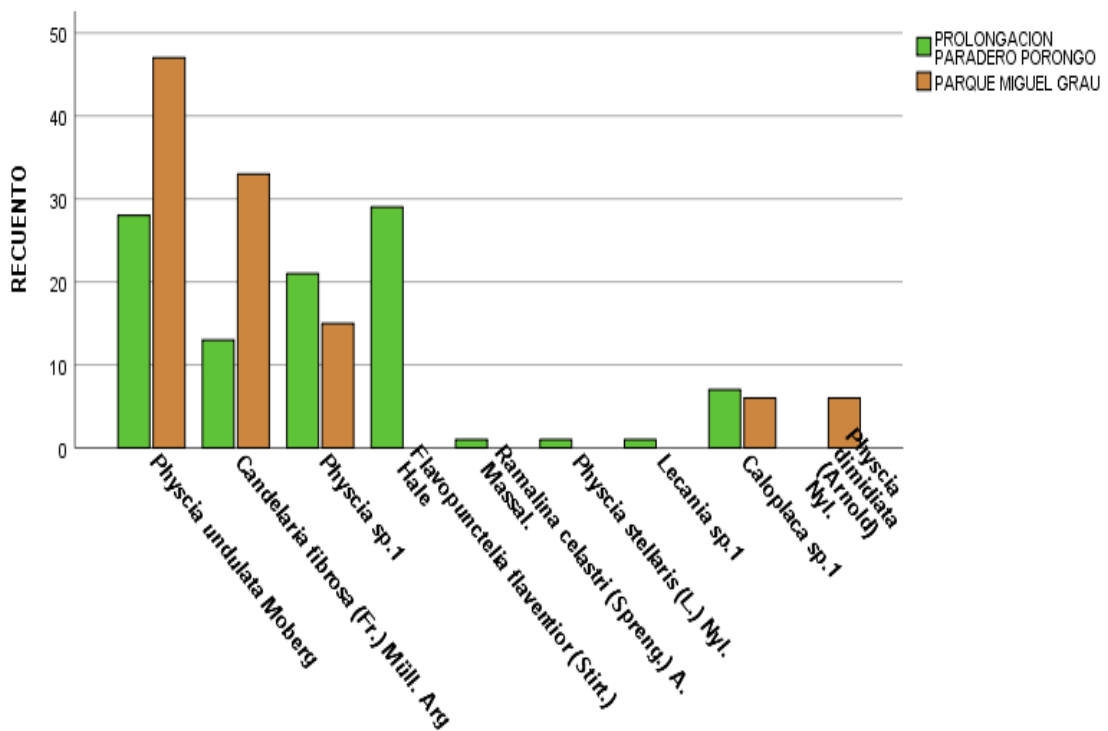


Figura 10. Especies de líquenes presentes en una sola zona y ambas zonas de estudio

4.1.1.1. Especies en la zona de estudio Parque Miguel Grau (PMG)

En la **Tabla 3** se pudo ver que en la zona de estudio PMG se identificaron 107 líquenes, agrupadas en 5 especies diferentes, la especie más abundante fue *Physcia undulata* Moberg con el 43,9 % del total y por el contrario las especies menos abundantes fueron *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl y *Caloplaca sp.1* con un 5,6 % respectivamente. Es

importante mencionar que *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl se encuentra exclusivamente presente en la zona PMG, el recuento de las especies presentes se puede observar en la **Figura 11**.

Tabla 3. Especies de líquenes y distribución porcentual en la zona de estudio Parque Miguel Grau (PMG)

		PMG	TOTAL
ESPECIE	<i>Physcia undulata</i> Moberg	Recuento	47
			47
			43,9%
	<i>Candelaria fibrosa</i> (Fr.) <i>Müll. Arg</i>		33
			33
			30,9%
	<i>Physcia sp.1</i>		15
			15
			14,0%
	<i>Caloplaca sp.1</i>		6
			6
			5,6%
	<i>Physcia dimidiata</i> (Arnold) <i>Nyl.</i>		6
			6
			5,6%
TOTAL			107
			107
			100,0%

PMG: Parque Miguel Grau

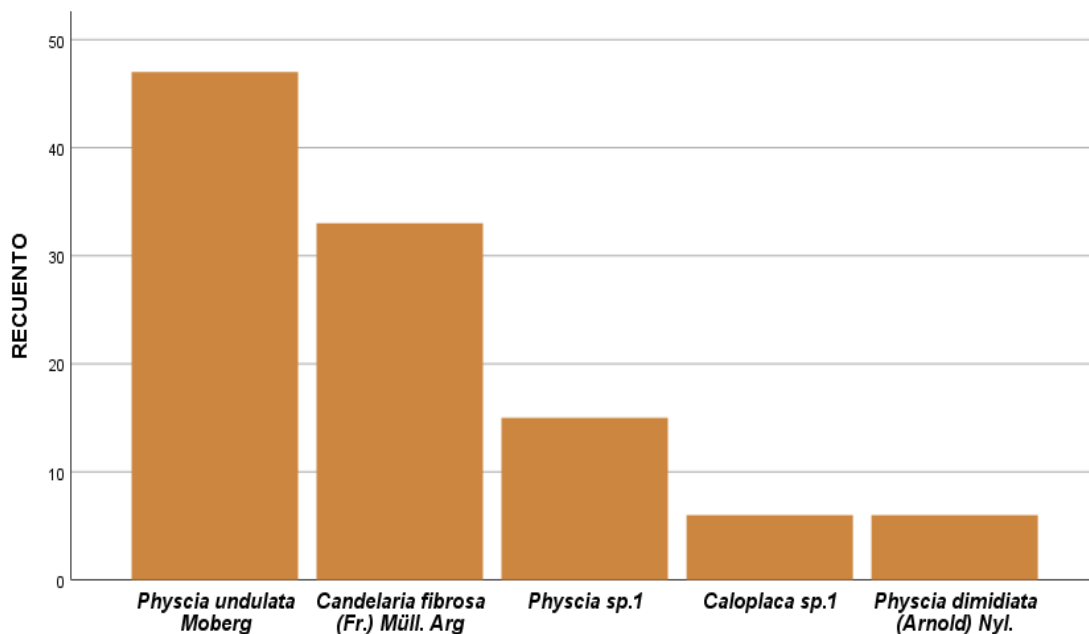


Figura 11. Recuento de especies de líquenes en la zona de estudio Parque Miguel Grau

4.1.1.2. Especies en la zona de estudio Prolongación Paradero El Porongo (PPP)

En la **Tabla 4** se aprecia que en esta zona de estudio se identificaron 101 líquenes, agrupados en 8 especies diferentes. La especie más abundante en esta zona fue *Flavopunctelia flaventior* (Stir.) Hale con un 28,7 % seguido de *Physcia undulata* Moberg con un 27,7 %. A partir de este resultado podemos decir que la especie más abundante *Flavopunctelia flaventior* (Stir.) Hale está presente exclusivamente en la zona PPP ya que en la zona PMG no hay registro alguno.

Tabla 4. Especies de líquenes y distribución porcentual en la zona de estudio Prolongación Paradero El Porongo (PPP)

ESPECIE	Recuento	PPP	TOTAL
<i>Physcia undulata</i> Moberg		28	28
			27,7%
<i>Candelaria fibrosa</i> (Fr.) Müll. Arg		13	13
			12,9%
<i>Physcia sp.1</i>		21	21
			20,8%
<i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirt.) Hale		29	29
			28,7%
<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.		1	1
			1,0%
<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.		1	1
			1,0%
<i>Lecania sp.1</i>		1	1
			1,0%
<i>Caloplaca sp.1</i>		7	7
			6,9%
TOTAL		101	101
			100,0%

PPP: Prolongación Paradero El Porongo

En la **Figura 12** se observa el recuento de todas las especies identificadas en la zona PPP, siendo las menos abundantes *Ramalina celsatri* (Spreng.) A. Massal, *Physcia stellaris* (L.) Nyl y *Lecania sp.1*, con el detalle que todas estas sólo se encontraron en la zona PPP.

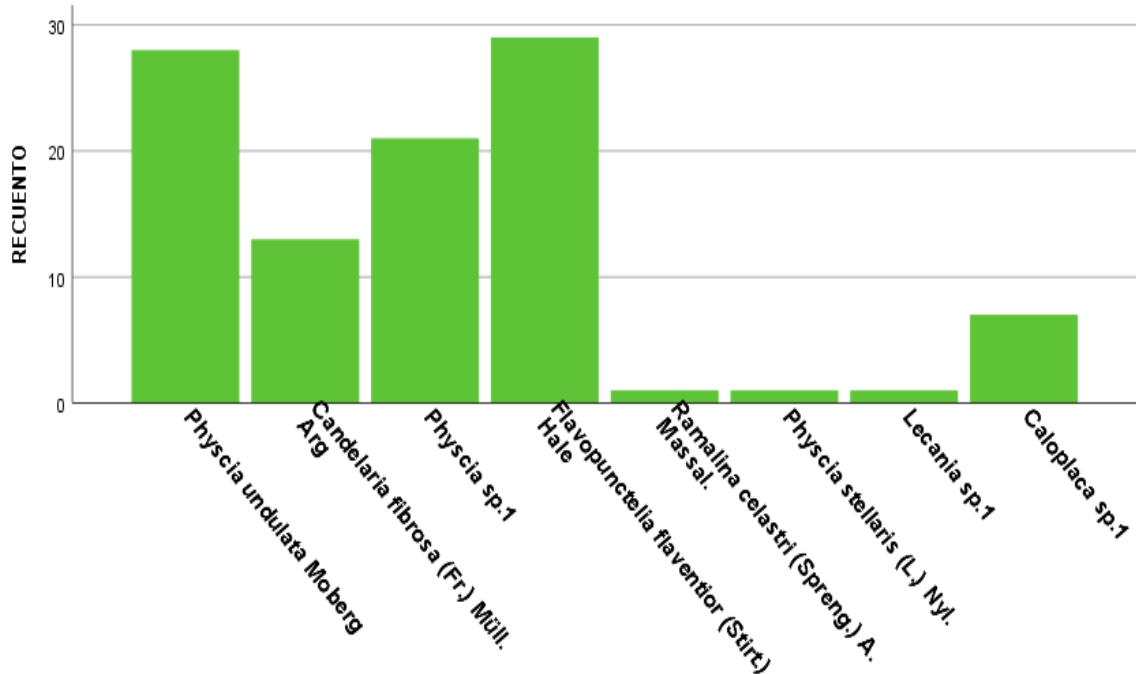


Figura 12. Recuento de especies de líquenes en la zona Prolongación Paradero El Porongo

4.1.2. Orden de líquenes identificados en las zonas de estudio

En la **Tabla 5** se pudo ver que las 9 especies de líquenes identificadas en el desarrollo del proyecto pertenecen a 4 tipos de orden, las cuales son Caliciales, Candelariales, Lecanorales y Teloschistales. El orden Caliciales fue el más abundante en ambas zonas de estudio, con un 24 % en la zona PPP y un 32,7 % en la zona PMG. Por otro lado, el orden Teloschistales es el que menos presencia tuvo con un 2,9 % en la zona PMG y un 3,4 % en la zona PPP.

Tabla 5. Orden de líquenes y distribución porcentual en ambas zonas de estudio

				TOTAL	
		PPP	PMG		
ORDEN	Caliciales	Recuento	50	68	118
			24,0%	32,7%	56,7%
	Candelariales	Recuento	13	33	46
			6,3%	15,8%	22,1%
	Lecanorales	Recuento	31	0	31
			14,9%	0,0%	14,9%
	Teloschistales	Recuento	7	6	13
			3,4%	2,9%	6,3%
TOTAL		Recuento	101	107	208
			48,6%	51,4%	100,0%

PPP: Prolongación Paradero El Porongo

PMG: Parque Miguel Grau

En la **Figura 13** se observa el recuento de los 4 tipos de orden presentes en ambas zonas de estudio, con la particularidad de que el orden Lecanorales sólo estuvo presente en la zona PPP, este orden incluye a especies tales como *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal, *Flavopunctelia flaventior* (Stir.) Hale y *Lecania sp.1*.

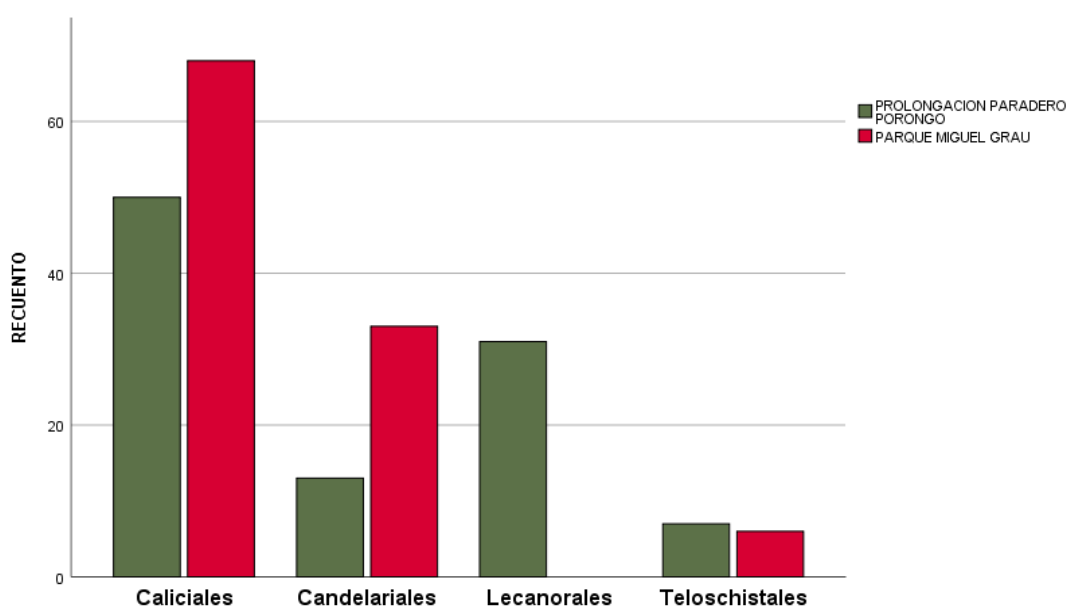


Figura 13. Recuento de los tipos de orden presentes en ambas zonas de estudio

4.1.3. Familias de líquenes identificados en las zonas de estudio

En la **Tabla 6** se observa que las especies de líquenes identificadas en ambas zonas de estudio pertenecen a 5 tipos de familia, tenemos a Physciaceae, Parmeliaceae, Candelariaceae, Ramalinaceae y Teloschistaceae. La familia con más presencia fue Physciaceae, con un 24 % en la zona PPP y 32,7 % en la zona PMG, dando un total de 56,7 % del total de especies identificadas, lo cual concuerda con el punto anterior ya que el orden más diverso fueron los Caliciales. Por otro lado, la familia con menos presencia en ambas zonas de estudio fue Teloschistaceae, con un 3,4 % en la zona PPP y un 2,9 % en la zona PMG.

Tabla 6. Familias de líquenes y distribución porcentual en ambas zonas de estudio

		PPP	PMG	TOTAL
FAMILIA	Physciaceae	Recuento 50	68	118
		24,0%	32,7%	56,7%
	Candelariaceae	13	33	46
		6,3%	15,8%	22,1%
	Parmeliaceae	29	0	29
		13,9%	0,0%	13,9%
	Ramalinaceae	2	0	2
		1,0%	0,0%	1,0%
	Teloschistaceae	7	6	13
		3,4%	2,9%	6,3%
TOTAL		101	107	208
		48,6%	51,4%	100,0%

PPP: Prolongación Paradero El Porongo

PMG: Parque Miguel Grau

El recuento presentado en la **Figura 14** muestra las 5 familias presentes en ambas zonas de estudio, Physciaceae resultó ser el más abundante y el detalle fue que Parmeliaceae y Ramalinaceae solo estuvieron presentes en la zona PPP, estas familias pertenecen al orden Lecanorales e incluyen a especies como *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal, *Flavopunctelia flaventior* (Stir.) Hale y *Lecania sp.1*.

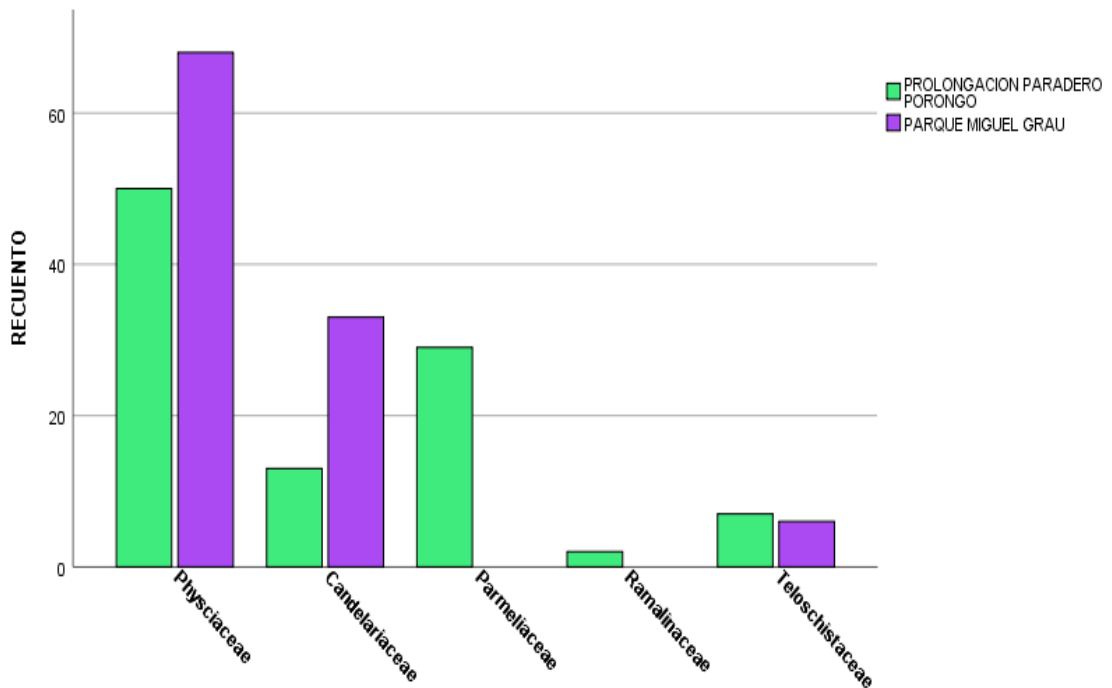


Figura 14. Recuento de los tipos de familia presentes en ambas zonas de estudio

4.1.4. Resultados del Cálculo de Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

Los valores de Índice de Pureza Atmosférica fueron agrupados en 6 categorías, según la siguiente tabla:

Tabla 7. Categorías de IPA

INTERVALOS	CLASIFICACIÓN
0 – 2	I CONTAMINACIÓN MUY ALTA
2 – 4	II CONTAMINACIÓN ALTA
4 – 6	III CONTAMINACIÓN MEDIA
6 – 8	IV CONTAMINACIÓN BAJA
8 - 10	V CONTAMINACIÓN MUY BAJA
>= 10	VI SIN CONTAMINACIÓN

Fuente: Zambrano, 2023

En la **Tabla 8** se observa el resultado del Índice de Pureza Atmosférica obtenidos mediante la fórmula descrita en la metodología, realizada en tablas de Excel con los datos obtenidos previamente.

Se observa que en la zona de estudio Parque Miguel Grau se obtuvo un IPA de 21,4, por otro lado; en la zona de estudio Prolongación Paradero El Porongo el IPA es cercano con un resultado de 20,2, lo cual nos indica que en ambas zonas no hay contaminación, estos valores en parte tienen sentido debido a la alta presencia de especies de líquenes que hay en las zonas de estudio con diferentes perfiles de contaminación.

Tabla 8. Resultados del IPA según las zonas de estudio

Zona de estudio	Parque Miguel Grau	Prolongación Paradero El Porongo
IPA	21,4	20,2

4.2. Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos se determinó que especies de líquenes bioindicadores se encuentran en la ciudad de Cajamarca, a través de una comparación en 2 zonas con diferentes perfiles de contaminación. Se tomó en cuenta la metodología planteada por Canseco et al., (2006), la cual nos dice que los árboles o forófitos tienen que cumplir con ciertos criterios; de la misma forma, se trató en lo posible de trabajar con una misma especie de árbol por cada estación de muestreo, las especies elegidas fueron *Fraxinus americana* L. (fresno) y *Salix humboldtiana* Willd. (sauce).

En cuanto a la cobertura liquénica se encontraron 6 especies de líquenes que pertenecen al tipo folioso, entre los cuales tenemos a *Physcia* sp.1, *Physcia undulata* Moberg, *Physcia stellaris* (L.) Nyl, *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl, *Candelaria fibrosa* (Fr.) Müll. Arg y *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale, con un porcentaje de 92,7 % como se muestra en el **Anexo 1**. De las especies mencionadas, 4 de ellas están presentes en la zona de estudio PMG y 5 se encuentran en la zona de estudio PPP (**Tabla 2**). Este resultado nos indica que es un buen bioindicador del aire ya que esto concuerda con los datos de Gonzales et al., (2016), donde muestrearon en diferentes parques con tráfico vehicular similar a la zona PMG, se obtuvo que la mayor cobertura liquénica fue el tipo folioso con un 90 % en época seca y 81,8 % en época húmeda. En contraste, otro estudio realizado por Canseco et al., (2006), reportaron que en sus estaciones de muestreo encontraron que la mayor cobertura liquénica corresponde al tipo folioso, seguido de crustáceo y finalmente fruticulosos con una cobertura muy baja. Según Carrero y Rodríguez, (2019), mencionan que los líquenes de tipo folioso son sensibles a las alteraciones atmosféricas en su hábitat, esto se debe a que se encuentran adheridos de forma parcial a la corteza del árbol y van a absorber parte de sus nutrientes del aire; por lo tanto, su alta presencia en las zonas PPP y PMG demuestra que las condiciones atmosféricas son buenas.

Para el caso del biotipo crustáceo y fruticuloso, se obtuvo un 6,8 % y 0,5 % respectivamente (**Anexo 1**), entre los cuales tenemos a *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal., *Lecania* sp.1 y *Caloplaca* sp.1. De las anteriormente mencionadas, las 3 se encuentran presentes en la zona PPP y solo *Caloplaca* sp.1 se encuentra en la zona PMG. El bajo porcentaje encontrado en este biotipo coincide con otro estudio donde se reportó

tan solo 1 especie de líquen fruticuloso que representó el 20 % de las especies (Zambrano, 2023). Carrero y Rodríguez, (2019), mencionan que los líquenes crustáceos son menos sensibles a los cambios atmosféricos por no tener corteza inferior, haciendo que su dependencia a los nutrientes del árbol sea mayor a la del tipo folioso. El tipo fruticuloso aunque se encontró en bajo porcentaje en el presente trabajo, es considerado como bioindicador de ecosistemas urbanos con buena calidad del aire ya que van a ser los primeros afectados en una zona urbana tras la contaminación atmosférica (Hawksworth et al., 2005). Esto puede deberse a que existe algún factor que le impida desarrollarse en áreas grandes, debido a que son organismos que van a depender de la humedad relativa del aire para su hidratación, es por esto que suelen ser más abundantes en zonas donde la niebla es mucho más frecuente (Barreno y Rico, 1984).

En cuanto a las especies de líquenes identificadas, los resultados son similares a los reportados por Zambrano, (2023), quien muestreó en 3 parques, encontrando 4 especies líquénicas de tipo folioso y 1 especie de tipo fruticuloso. Dentro de las foliosas encontraron a *Candelaria concolor*, *Parmotrema austrosinense*, *Parmelia sp*, *Heterodermia* y *Ramalina peruviana* de tipo fruticuloso. Además, Villanueva, (2014), reportó la presencia *Physcia cf. lopezzi* e *Hyperphyscia cf. pyvithrocardia* como especies con mayor frecuencia en zonas expuestas al tráfico vehicular. El líquen con mayor presencia en el presente trabajo fue *Physcia undulata Moberg* con un 36,1 % del total, líquen folioso propio de zonas urbanas, este dato es similar al que reportan Huamán, (2016) y Canseco et al., (2006), en sus trabajos realizados en lugares urbanos, la primera menciona a *Physcia stellaris* con un 75,40 % de presencia en los parques y Canseco et al., (2006), menciona la presencia de especies foliosas tales como *Physcia undulata Moberg*, *Physcia sp1.*, *Phhyscia sp.2* y *Candelaria concolor*.

Por otro lado, Lijteroff, y Prieri, (2009), realizaron diversos muestreos en zonas urbanas, donde reportaron la presencia de 9 especies de líquenes, destacando a *Physcia undulata Moberg*, *Physcia sp*, *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia sp*, *Physcia tribacea* y *Telochistes spp.*, Resultados similares fueron reportados por Quispe et al., (2013), quienes muestrearon en avenidas concurridas y una con menor concurrencia de vehículos, reportando la presencia de *Physcia cf lopezzi*, *Chrysothrix candelaris* e *Hyperohyscia cf*

pyvithrocardia, Así mismo, Gutierrez, (2020), realizó un monitoreo de líquenes en zonas con concurrencia vehicular alta, media y baja, encontrando a especies como *Physcia stellaris*, *Candelaria concolor* y *Parmelia caperata*, resaltando a la primera como la más resistente y persistente. Estas especies resultan ser iguales o similares en términos de frecuencia y tolerancia, lo cual se asemeja a los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Las especies de líquenes identificadas son similares en ambas zonas de estudio, al menos 3 de las especies más abundantes encontradas en el trabajo se encuentran en ambas zonas de estudio (PPP y PMG). La semejanza entre las especies de líquenes encontradas por Gutierrez, (2020), en la ciudad de Cajamarca y las encontradas en el presente trabajo hacen pensar que a pesar del tiempo estas se mantienen vivas. Sin embargo, en el reporte de Gutierrez, (2020), existen especies que ya están descritas para la zona y que no fueron encontradas en el muestreo del presente trabajo, lo cual resalta la gran y mayor riqueza de estas zonas de estudio. Variables ecológicas como la luz, el polvo, humedad, lluvia, provocan modificaciones en las frecuencias de las especies liquénicas (Froehlich, 2006), frente a esto los muestreos se realizaron durante la época lluviosa, ya que es un periodo de estación húmeda y el clima es favorable para el crecimiento y desarrollo liquénico.

En un estudio realizado por Rubiano y Chaparro, (2006), una de las especies que estuvo presente en bajo porcentaje en las 21 estaciones de muestreo analizadas fue *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale, si bien el estudio mencionado se realizó en zonas urbanas, en comparación con el presente trabajo en la zona PMG no se encontró esta especie; sin embargo, en la zona PPP si estuvo presente con un 28,7 %. Además, el trabajo de Huamán, (2016), reportó un 0,26 % de presencia de *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale en diferentes parques urbanos muestreados. Esta especie suele crecer en zonas rurales con baja intensidad de tráfico vehicular y condiciones climáticas favorables, su presencia y diversidad es mayor en áreas con aire limpio como bosques o zonas rurales. Asimismo, Figueredo, (2020), reportó a *Flavopunctelia flaventior* como una de las especies más abundantes en lugares de muestreo con moderado flujo vehicular y áreas verdes de mayor extensión. Esto puede deberse a la presencia de árboles que pueden

actuar como barreras naturales contra la contaminación del aire, reduciendo la velocidad del viento, reduciendo el material particulado y logrando que las condiciones ambientales en estas zonas se vean aparentemente más protegidas por la presencia de estas barreras (Kocić et al., 2014). Según Ramírez y Cano, (2005), quienes hicieron un estudio de líquenes en la Cordillera Negra - Ancash, mencionan que cada especie de líquen tiene su propio hábitat de desarrollo y crecimiento, los trabajos anteriormente mencionados se desarrollaron en diferentes países, climas, árboles y zonas de vida; por lo tanto, la alta presencia de *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale en la zona PPP puede deberse a factores como estos.

En cuanto al IPA los resultados fueron 21,4 para la zona PMG y 20,2 para la zona PPP, es importante mencionar que la zona PMG obtuvo un mayor IPA y fue la zona que presentó más indicio de contaminación debido al alto flujo vehicular presente y la zona PPP obtuvo un menor IPA con un menor indicio de contaminación a diferencia de la anterior zona mencionada. Estos resultados se asemejan al trabajo realizado por Ambrocio y Bringas, (2017), donde detallan que obtuvieron un IPA de 50,1 y otro IPA de 64,0 en zonas con poco flujo vehicular; sin embargo, también obtuvieron un IPA de 13,8 en la zona con más alto flujo vehicular. Canseco et al., (2006), también reportan valores de 98,6, 89,3 y 22,5 de IPA en zonas de muestreo como parques y avenidas con intensidad vehicular alta y media.

De manera complementaria, existen otros trabajos relacionados con el IPA, como la investigación de Quispe et al., (2013) donde reportaron que el IPA y el tráfico vehicular están muy relacionados ya que el IPA en la zona con poco flujo vehicular fue de 25,1 y en la zona con mayor flujo vehicular fue de 19,0. Resultado similar reporta Figueredo, (2020), demostrando que en zonas con mayor diversidad de líquenes mayor es el índice IPA con resultados de 58,0 y 94,0 para zonas con contaminación moderada y/o baja. Asimismo, Carrero y Rodríguez, (2019), reportaron índices IPA de 15,15 en zonas donde la comunidad de líquenes era solo de tipo foliosos, resaltando también que son el biotipo más sensible en cuanto a cambios atmosféricos reaccionando con mayor facilidad a las alteraciones producidas a su alrededor. Estos antecedentes coinciden con los resultados

del presente trabajo donde el índice IPA fueron similares y en cuanto al biotipo la gran mayoría también fue el de tipo folioso.

En base a los biotipos presentados se establece que la presencia de especies foliosas es predominante y presentan una mayor resistencia a la contaminación atmosférica ya que estuvieron presentes en un 92,7% del total de muestras en ambas zonas de estudio. En contraste, las especies crustáceas y fruticulosas están presentes con un 6,8 % y 0,5 % respectivamente (**Anexo 1**), con el detalle que *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal., especie fruticulosa, solo se encuentra en la zona PPP. Esto nos permite concluir que esta especie necesita una mejor calidad del aire para crecer con normalidad, de hecho, Zambrano, (2023), reportó la presencia de *Ramalina* en áreas urbanas, lo cual indica una mejor calidad del aire, estas especies tienden a acumular las sustancias tóxicas producto de la contaminación atmosférica, causando la muerte de esta especie; por otro lado, la presencia de humedad en épocas de lluvia permite que esta especie se desarrolle aún más.

En cuanto a la hipótesis formulada en el presente trabajo, se aceptó lo planteado en un inicio, ya que se encontró la presencia de especies pertenecientes a las familias Physciaceae, Candelariaceae y también se incluye a la familia Parmeliaceae como las que más abundan en las zonas de estudio elegidas. Podemos deducir que la presencia de estas especies se debe a la buena calidad del aire que rodea al área donde se encuentran, ya que la literatura nos dice que los líquenes foliosos, presentes con un 92,7 % en las zonas de estudio, son sensibles a la contaminación atmosférica en su hábitat y esto va de la mano con los resultados del índice IPA reportados; por lo tanto, podemos decir que las especies de líquenes reportadas y la información obtenida por medio del IPA resulta concordante con lo observado en campo, ya que a simple vista se puede observar la presencia de líquenes en las zonas evaluadas.

Por último, con los resultados del IPA obtenidos podemos indicar que la contaminación atmosférica producida por actividades antrópicas o en su mayoría por el parque automotor en la zona urbana de Cajamarca usando líquenes como bioindicadores, es apropiado ya que la relación es positiva y relevante, concordando con el trabajo de Mares, (2017),

donde mencionó que los líquenes poseen buenas características de bioindicadores, resaltando su fiabilidad y utilidad como indicadores de la calidad del aire. Sin embargo, es importante mencionar que no puede reemplazar a equipos costosos y métodos fisicoquímicos que miden la contaminación atmosférica, lo resaltante aquí es que con la información obtenida se puedan complementar para la evaluación de la calidad del aire. Gonzales et al., (2016), menciona que los líquenes se ven afectados de forma directa por la contaminación atmosférica, su presencia y distribución varía según la presencia de contaminantes, de hecho, esto se evidencia en la presente investigación ya que algunas especies son propias de una de las zonas evaluadas, tales como *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale y *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal., pero a la vez la presencia de líquenes en ambas zonas es similar siendo zonas con diferentes perfiles de contaminación. Cabe señalar que cada especie de líquen es diferente por lo que su presencia o ausencia también va a depender del forófito, las condiciones climáticas presentes y la contaminación de la zona.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se identificaron que los líquenes bioindicadores de calidad del aire en las dos zonas con diferentes perfiles de contaminación en el distrito de Cajamarca fueron *Physcia undulata* Moberg, *Physcia sp.1*, *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl., *Candelaria fibrosa* (Fr.) Müll. Arg., *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale, *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal., *Lecania sp.1* y *Caloplaca sp.1*.
- Se determinó que el Índice de Pureza Atmosférica en las dos zonas con diferentes perfiles de contaminación en el distrito de Cajamarca es positiva, ya que en las zonas evaluadas se reportó una buena calidad del aire con valores de 21,4 y 20,2.
- El Índice de Pureza Atmosférica demostró que al hacer una comparación entre estas dos zonas con diferentes perfiles de contaminación el resultado es positivo, ya que existe una relación entre las áreas verdes, el IPA y la diversidad liquénica encontrada.

5.2. Recomendaciones

- Se debe realizar la evaluación de la calidad del aire con monitoreos continuos, implementando una red de monitoreo que pueda tener datos un poco más precisos que los presentados en este trabajo, dando prioridad a la evaluación del aire dentro de los planes de la municipalidad y entidades ambientales.
- Se debe hacer una evaluación más detallada del desarrollo de los líquenes identificados a nivel especies, de tal forma que se pueda identificar a las especies más sensibles y/o tolerantes frente a los contaminantes en el aire, también se podría evaluar

la exposición de los líquenes a distintos contaminantes para evaluar su alteración morfológica, reacciones y de esta manera obtener datos más exactos de su comportamiento.

LISTA DE REFERENCIAS

Acevedo Azuero, S. and Charry, Y.T. (2018) Líquenes como bioindicadores de calidad de aire, *Analytical Biochemistry*.

Aguilar, E., Muñoz, J. and Quinteros, P. (2015) La contaminación del aire ocasionada por el transporte público en la ciudad de San Salvador, *Journal of Chemical Information and Modeling* [Preprint].

Ambrocio Mantilla, M. and Bringas Becerra, B. (2017) Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica d origen vehicular en tres zonas del Distrito de Cajamarca en el año 2017. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.

Araujo Sanchez, C. (2016) Costos Externos de la Contaminacion del Aire en la Ciudad de Cajamarca, *Escuela de Posgrado*, p. 140 pga.

Barreno, E. and Perez, S. (2003) Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias. Edited by Oviedo: KRK Ediciones.

Barreno, E. and Rico, V.J. (1984) Sobre la Biología de los Líquenes I. Anatomía, Morfología y Estructuras Vegetativas.

Belguidoum, A. et al. (2022) Biomonitoring of air pollution by lichen diversity in the urban area of Setif, Algeria, *Biodiversitas*, 23(2), pp. 970–981. Available at: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230240>.

Billoud, G., Clement and Vásquez, C. (2010) Bioindicadores de la contaminación del agua, *Jornadas de Investigación* [Preprint].

Brodo, I., Duran, S. and Sharnoff, S. (2001) *Lichens of North America*. New Haven and London. Edited by Yale University Press.

Bungartz, F., Ryan, D. and Gries; C (2002) *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region Volume I (the pyrenolichens, and most of the squamulose and macrolichens)*. Edited by Arizona State University.

Calles, J.A. (2007) Bioindicadores terrestres y acuáticos para las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre, provincia Bolívar, *Ecociencia*, (235), p. 245.

Canseco, A., Anze, R. and Franken, M. (2006a) Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia, *Acta Nova*, 3, pp. 286–307.

Canseco, A., Anze, R. and Franken, M. (2006b) Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia.

Capó Marti, M. (2007) *Principios de Ecotoxicología*. Madrid: Editorial Tebar.

Carrero, C. and Rodriguez, T. (2019) Evaluación de la eficiencia de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire del kilómetro 3 al 4 de la vía Villavicencio - Acacias. Universidad Santo Tomás.

Castell, E.D. (2012) Líquenes como Bioindicadores de Contaminación Atmosférica en Montevideo-Uruguay, *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 28(4), pp. 311–322.

Castillo, E., Delgado, J., Gonzalez., P. (2015) La contaminación del aire ocasionada por el transporte público en la ciudad de San Salvador.

Chaparro, M. and Aguirre, J. (2002) *Hongos Liqueñizados*. Edited by Universidad Nacional de Bogotá.

Chilito López, L.G. (2021) Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en las comunas uno y tres de la ciudad de Popayán - Colombia. Universidad de Manizales.

Cohn-Berger, G. and Quezada, M. (2016) Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala *Lichens as*

bioindicators of air pollution in the metropolitan corridor Guatemala City Resumen, *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*, 26(1), pp. 20–39.

Consortio de Herbarios de Líquenes (2025) Consortio de Herbarios de Líquenes. Available at: <http://lichenportal.org/portal/index.php>

Conti, M.E. and Cecchetti, G. (2001) Lichen Monitoring of Air Pollution in South Parts of Ilmen, *Environmental Pollution*, 114, pp. 471–492.

Cruz, Y.Z. (2020) Calidad del aire de la ciudad de Danlí, Honduras a partir del uso de líquenes como indicadores de la polución atmosférica durante julio de 2019.

Cubas, P. et al. (2010) Líquenes: que son y su uso como bioindicadores, *Proyecto de Innovación* 123, pp. 1–9.

Diaz Cadenillas, N.S. (2020) La Contaminación Atmosférica Y Su Impacto En La Salud De La Población: Establecimiento De Límites De Antigüedad Vehicular Para El Servicio De Transporte Público En La Ciudad De Chiclayo, p. 103.

Durán y Pascual (1997) *Los hongos, algas y líquenes*.

Fatima, A., Ramdani, M. and Lograda, T. (2019) Relationship between lichen diversity and air quality in urban region in Bourdj Bou Arriridj, Algeria, *Biodiversitas*, 20(8), pp. 2329–2339. Available at: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200831>.

Figueredo, C.A. (2020) Uso de líquenes foliosos como bioindicadores de la calidad del aire de Bogotá, D. C, *Ciencia Unisalle*, pp. 1–62.

Freitas, M. et al. (2010) Lichens as bioindicators of atmospheric pollution in Porto, Portugal, 1(1), p. 1.

Froehlich, A. (2006) A look at Willamette valley air quality using lichen communities as bioindicators.

Gelambi, M. (2019) Líquenes: características, tipos y especies, *Lifeder*. Available at: <https://www.lifeder.com/liquenes/>.

Gonzales Vargas, N. et al. (2016) Applicability of bioindicators lichens as monitoring tool for air quality in Cochabamba, *Acta Nova*, 7(4), pp. 455–482.

Gutierrez Arce, F. (2020) Líquenes: bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca, *UCV-SCIENTIA*, 12(1). Available at: <https://doi.org/10.18050/revucv-scientia.v12i1.923>.

Hawksworth, D.L., Iturriaga, T. and Crespo, A. (2005) Lichens as rapid bioindicators of pollution and habit disturbance in the tropics, *Revista Iberoamericana de Micología. Asociación Española de Micología*, pp. 71–82. Available at: [https://doi.org/10.1016/s1130-1406\(05\)70013-9](https://doi.org/10.1016/s1130-1406(05)70013-9).

Huamán, M. (2016) Diversidad de líquenes cortícolas y calidad de aire en el Distrito de Huancayo.

Jácome Peralta, Dayanna Aracelly; Zapata Granda, E. del R. (2013) Evaluación de la calidad del aire mediante el uso del líquen *Parmotrema austrosinense* (Zahlbr.hale) como bioindicador en 6 localidades del DMQ, con diferentes niveles de tránsito vehicular e industrias, Tesis. Available at: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.

Käffer, M.I. et al. (2011) Corticolous lichens as environmental indicators in urban areas in southern Brazil, *Ecological Indicators*, 11(5), pp. 1319–1332. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.02.006>.

Kocić, K. et al. (2014) Trees as natural barriers against heavy metal pollution and their role in the protection of cultural heritage, *Journal of Cultural Heritage*, 15(3), pp. 227–233. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.05.001>.

Lijteroff, R., Lima, L. and Prieri, B. (2009) Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina, *Rev. Int. Contam. Ambient*, 25(2), pp. 111–120.

Lucking, R., Hodkinson, B. and Leavitt, S. (2017) Corrections and amendments to the 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota. *The Bryologist*.

Lucking, R., Hodkinson, B. and Leavitt; Steven (2016) The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera. *The Bryologist* .

Lucking, R., Leavitt, S. and Hawksworth, D. (2021) Species in lichen-forming fungi: balancing between conceptual and practical considerations, and between phenotype and phylogenomics. *Fungal Diversity*.

Magan Vargas, K.M.A.R.C.T.L. (2022) Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la comunidad Nativa Shawan Rama, San Ramón (Perú). Available at: <https://revistas.uniscjsa.edu.pe/index.php/Yotantsipanko/article/view/20/20> (Accessed: 22 April 2025).

Mares, I. (2017) Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire. Universidad Complutense.

Marino Valle, E.M. (2016) Determinación de la diversidad de líquenes saxícolas de tres sitios arqueológicos de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.

Méndez Estrada, V.H. and Nájera, J.M. (2011) El Uso De Líquenes Como Biomonitores Para Evaluar El Estado De La Contaminación Atmosférica a Nivel Mundial, *Biocenosis @BULLET*, 25, pp. 1–2.

Moberg, R. (1990) The Lichen genus *Physcia* in Central and South America, *Nordic Journal of Botany*, 10 (3): 319-342. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1990.tb01776.x>.

Moberg, R. (2011) The lichen genus *Heterodermia* (Physciaceae) in South America – a contribution including five new species, *Nordic Journal of Botany*, 29(2), pp. 129–147. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2009.00519.x>.

Nash, T. et al. (2004) Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region Volume II (most of the microlichens, balance of the macrolichens, and the lichenicolous fungi) . Edited by A. Lichens Unlimited Arizona State University Tempe.

Palomino, R. (2020) Evaluación de la calidad del aire mediante líquenes como bioindicadores ambientales en la ciudad de Ilo, 2020.

Pari, A.G. (2020) Análisis del efecto de las emisiones de tráfico vehicular acumulados sobre organismos biindicadores (Líquenes) en zonas contaminadas y no contaminadas en los distritos de Tacna, 2017. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Quispe Berrocal, L.A. (2018) Evaluación del monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Cajamarca como una medida de diagnóstico y control del nivel de contaminación de la zona - 2017, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, pp. 1–96.

Quispe, K., Ñique, M. and Chuquilin, E. (2013) Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María, Perú, Investigación y Amazonía.

Ramírez, Á. and Cano, A. (2005) Líquenes de Pueblo Libre, una localidad andina en la Cordillera Negra (Huaylas, Ancash, Perú), Revista Peruana de Biología, 12(3), pp. 383–396. Available at: <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i3.2414>.

Ramos, D. (2014) Lista de especies de líquenes y hongos liquenícolas del Perú, Glalia, 6(2): 1-49.

Rojas, R. and Yesid, N. (2007) Aire y problemas ambientales de Bogotá, Human Rights and the Private Sphere: A Comparative Study, pp. 98–124. Available at: <https://doi.org/10.4324/9780203944974>.

Rubiano, L. and Chaparro, M. (2006) Delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la Universidad Nacional de Colombia mediante el Análisis de Bioindicadores (Líquenes epífitos), Acta Biológica Colombiana.

Saavedra, J. (2014) Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular, *Shapu Giho/Sharp Technical Journal*, (92), pp. 48–51.

Segura Briones, S.M. (2013) Caracterización de la Contaminación Atmosférica en seis parques recreacionales del Distrito Metropolitano de Quito mediante el uso de bioindicadores, pp. 1–10.

SENAHMI (2025) Monitoreo de la Calidad de Aire. Available at: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad-del-aire>

Servicio de Sanidad Forestal y Equilibrios Biológicos SSF (2000) Inventario de Líquenes Epífitos. En Manual Red CE de Nivel II.

Simijaca, Morales and Vargas (2014) Use of Non Vascular Plant Organisms as Indicators of Urban Air Pollution (Tunja, Boyacá, Colombiano), *Acta Biológica Colombiana*, 19(2), p. 221.

Tapia, V. et al. (2018) Reordenamiento Vehicular Y Contaminación Dióxido De Azufre Y Dióxido De Nitrógeno En Lima Nitrogen Dioxide in Metropolitan Lima , Peru, *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 35(2), pp. 190–198. Available at: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3250.190>.

Umaña, L. and Sipman, H. (2002) Líquenes de Costa Rica. San José de Costa Rica:GEF.

Vaillant Flores, D. (2014) Los líquenes, una alternativa para el control de fitopatógenos, *Fitosanidad*, 18(1), pp. 51–57.

Valdivia, D. and Ramírez, Á. (2018) Uso De Líquenes Como Bioindicadores De Contaminación Atmosférica En El Pasivo Ambiental Minero Santo Toribio, Áncash, Perú, *The Biologist*, 16(1), pp. 77–95. Available at: <https://doi.org/10.24039/rtb2018161223>.

Villanueva (2014) Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú.

World Health Organization (2018) Health Impacts. Available at: https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/.

Yapuchura, L. (2022) Identificación de líquenes como bioindicadores de contaminación de la atmósfera por origen de actividades antrópicas en la zona urbana de la ciudad de Huancavelica - Provincia de Huancavelica.

Zambrano Sandoval, M.S. (2023) Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de líquenes como bioindicadores en tres parques del Cantón Latacunga.

APÉNDICES

Apéndice 1

Ubicación de la primera zona de muestreo – Parque Miguel Grau



Apéndice 2

Ubicación de la segunda zona de muestreo – Prolongación paradero el porongo






Apéndice 3

Árbol seleccionado con abundancia de líquenes





Apéndice 4

Formato Único de Trámite

 FORMULARIO ÚNICO DE TRÁMITE 				
EXP. N° <input type="text" value="070707"/>				
CIDADANO	APELLIDOS Y NOMBRES O RAZÓN SOCIAL: Chavez Huayta Roger Vladimir DOC. IDENTIDAD: 72427891			
REPRESENTANTE LEGAL	APELLIDOS Y NOMBRES: _____ DOC. IDENTIDAD: _____			
N° CELULAR/TELÉF.	970908891 E-MAIL: rchavezhuayta@gmail.com			
DOMICILIO	URB./ASOC./BARRIO/C.P./AA.HH.: Barrio Mollepampa AV./PK./CALLE/PSE./PIZOL./CASERIO: Sr. Moteles MZ./LTA./DPT.: No 165 EDIF./OPTO./INT.: _____			
DISTRITO	DISTRITO: Cajamarca PROVINCIA: Cajamarca DEPARTAMENTO: Cajamarca			
DENOMINACIÓN DEL PROCEDIMIENTO SOLICITUD: Solicito permiso para tomar muestra de la corteza de 5 árboles y realizar el corte de ramas (5 cortes) con la finalidad de identificar dichos árboles ubicados en el cruce de jirón Ayacucho y Avenida María Uteaga, específicamente al parque Miguel Bruni, dichas muestras es para el desarrollo de mi proyecto de tesis "Habilidad ligeros biobioindicadores sobre el índice de calidad del aire en zona del distrito de Cajamarca 2023".				
DOCUMENTOS CON LOS QUE ACREDITA SU DERECHO				
1 F.U.T.	1			
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
TOTAL				
* Los datos consignados en el presente formulario y la información contenida en los documentos que adjunto, son verdaderos y tienen el carácter de DECLARACIÓN JURADA, estando sujeta a fiscalización posterior, en caso acreditarse falsedad o fraude, se aplicará el artículo 171 de la Ley N° 27444.				
POR LO TANTO: justicia que espero alcanzar.				
Firma del Ciudadano/Representante Legal: 				
RUTA DEL EXPEDIENTE (Llenado por el responsable de la tramitación)				
ÁREA DE DESTINO	PARA	FECHA/HORA	FOLIOS	ENVIADO POR
1 Procede	4 Agréguese a su exp.	7 Proyectar Resolución	10 Estudio e Informe	13 Prioridad
2 Agréguese sus antecedentes	5 Tomar nota y devolver	8 Coordinar con el cliente	11 Informe inmediato	14 Su Opinión
3 Devolver	6 Conocimiento y fines	9 Preparar respuesta	12 Su Atención	15 Archivo
OBSERVACIONES:				

Apéndice 5

Constancia de identificación de la muestra vegetal

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS ÁREA DE BOTÁNICA HERBARIO CPUN "ISIDORO SÁNCHEZ VEGA" <small>herbariocpuniv@gmail.com Av. Atahualpa N° 1050 - Cajamarca</small>	
---	--	---

EL QUE SUSCRIBE, CURADOR DEL HERBARIO CPUN "ISIDORO SÁNCHEZ VEGA", DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA – PERÚ



HACE CONSTAR:

Que, las muestras botánicas procedentes del parque Miguel Grau, intersección de jirón Ayacucho y avenida Mario Urteaga de latitud de 7° 09' 26" S, longitud de 78° 30' 40" W y con altitud de 2702 msnm y, en la prolongación entre la avenida Atahualpa y paradero el Porongo, ubicados a 2649 msnm, latitud de 7° 10' 20" S, longitud de 78° 28' 20" W del distrito, provincia y departamento de Cajamarca, fueron presentados por el Bachiller: **Roger Vladimir Chavez Huayta** de la Escuela Académico Profesional de Biología y Biotecnología de la Universidad Nacional de Cajamarca. Este trabajo forma como parte del Proyecto de Tesis titulado: **"LÍQUENES BIOINDICADORES SEGÚN EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE EN 2 ZONAS DEL DISTRITO DE CAJAMARCA. 2024"**. Ambas muestras han sido analizadas y determinadas científicamente en nuestra institución:

<ul style="list-style-type: none">• División: Magnoliophyta• Clase: Magnoliosida• Orden: Lamiales• Familia: Oleaceae• Género: Fraxinus• Especie: <i>Fraxinus americana</i> L.	<ul style="list-style-type: none">• División: Magnoliophyta• Clase: Magnoliosida• Orden: Malpighiales• Familia: Salicaceae• Género: Salix• Especie: <i>Salix humboldtiana</i> Willd.
--	---

Se expide el presente para los fines que sean necesarios.

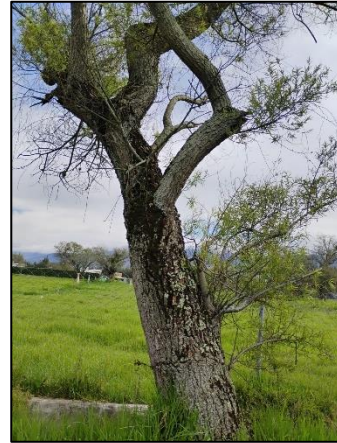
Cajamarca, 11 de noviembre del 2024



M.Sc. Ing. Juan F. Montoya Quino
Curador del Herbario CPUN "Isidoro Sánchez Vega" UNC

cc: Secretaria del Herbario

Apéndice 6

Árbol de *Fraxinus americana* L. (fresno) y *Salix humboldtiana* Willd (sauce), de izquierda a derecha



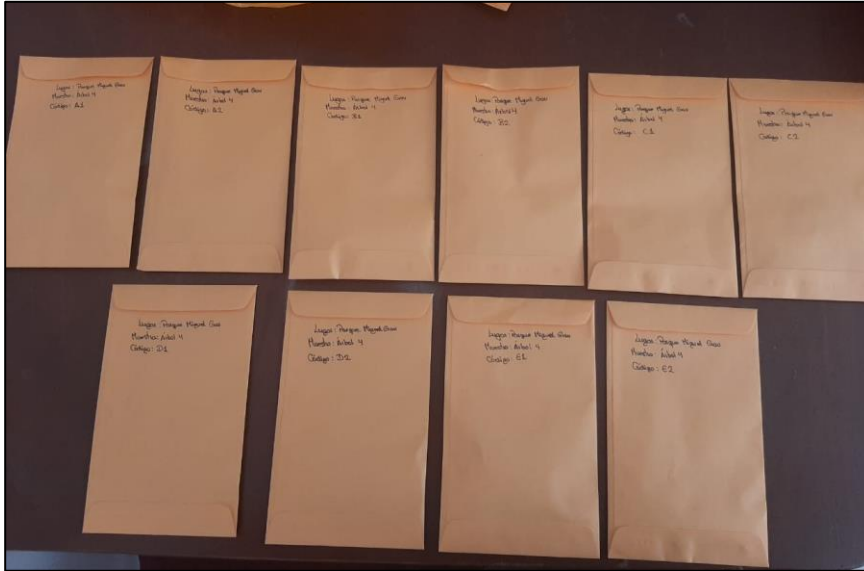
Apéndice 7

Corteza del árbol con mayor abundancia de líquenes



Apéndice 8

Sobres rotulados con muestras de líquenes




Apéndice 9

Reactivos utilizados en la identificación taxonómica, de izquierda a derecha (equipo de luz ultravioleta, lugol, hidróxido de potasio, hipoclorito de sodio, parafenilendiamina)




Apéndice 10

Constancia de determinación de líquenes



INSTITUTO CIENTIFICO MICHAEL OWEN DILLON (IMOD)
Investigación, Conservación, Educación y Transformación de Recursos
Reconocido por Resolución de Dirección General Nro. 140-2016-GI/EPDR/DGGSP/PPS



** Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana **

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN N° 006-2025

El Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD).


HACE CONSTAR:


Que las 208 muestras presentadas el Sr. **Roger Vladimir Chávez Huayta** recolectadas en el parque Miguel Grau y en la localidad de Porongo del distrito, provincia y departamento de Cajamarca, en las coordenadas de referencia S 7° 09' 26", O 78° 30' 40", a una elevación de 2702m, y S 7° 10' 20", O 78° 28' 20", a una elevación de 2649m, respectivamente; para la realización de la tesis: **"Líquenes bioindicadores según el índice de calidad de aire en 2 zonas del distrito de Cajamarca"**. Fueron determinadas taxonómicamente en las instalaciones del Herbario Sur Peruano (HSP), del Instituto Científico Michael Owen Dillon, se adjunta lista de determinaciones.

La clasificación se ha realizado según lo propuesto por: Lücking et al. (2016) *The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota-Approaching one thousand genera* y su actualización Lücking et al. (2017) *Corrections and amendments to the 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota*.


Se expide la presente a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Arequipa, 10 de marzo de 2025.





Blgo. Daniel Fernando Ramos Aranibar
C. B. P. N° 9552
Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD)
Herbario Sur Peruano (HSP)
dferamos@gmail.com
dferamos@imod.org.pe



ANEXOS

Anexo 1

Tabla de formas de crecimiento o biotipos de los líquenes identificados

ESPECIE	BIOTIPO	PORCENTAJE
<i>Physcia sp.1</i>	FOLIOSOS	92,7 %
<i>Physcia undulata Moberg</i>		
<i>Physcia stellaris (L.) Nyl.</i>		
<i>Physcia dimidiata (Arnold) Nyl.</i>		
<i>Candelaria fibrosa (Fr.) Müll. Arg.</i>		
<i>Flavopunctelia flaventior (Stirt.) Hale</i>		
<i>Lecania sp.1</i>	CRUSTÁCEOS	6,8 %
<i>Caloplaca sp.1</i>		
<i>Ramalina celastri (Spreng.) A. Massal.</i>	FRUTICULOSO	0,5 %