

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LOS LÍQUENES
COMO BIOINDICADORES PARA IDENTIFICAR
CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Gilmer Manuel Angosto Jimenez

Shelvin Cordova Rojas

Asesor:

M.Sc. Gladys Sandi Licapa Redolfo

Cajamarca - Perú

2021

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a Dios por brindarme la fuerza, confianza, perseverancia y fortalezas brindadas en estos 5 años de formación universitaria; necesaria durante todo el camino que hoy damos por culminada llegando a nuestra meta.

A nuestros queridos padres, por siempre creer en nosotros de manera incondicional, por todas las palabras de ánimo que nos brindaron cada vez que el camino se ponía un tanto dificultoso, llenándonos siempre de amor; porque son los más grandes motivos para cumplir con nuestros objetivos trazados como profesionales, hoy con mucha felicidad en corazón hacemos presente nuestro trabajo.

A nuestros familiares, amigos, profesores y todas aquellas personas que nos dieron su apoyo, y sobre todo su conocimiento para obtener dicho objetivo.

Agradecimiento

Agradecer a Dios por seguir brindándonos la vida para alcanzar con nuestro propósito y brindarnos todas sus bendiciones que nos llevó a alcanzar este logro muy deseado, porque nunca pensamos en rendirnos y eso nos llenó siempre de fe y esperanza, donde llegamos a comprender que su voluntad esta sobre todas las adversidades que podamos tener en el trascurso del camino.

A nuestros familiares siempre estaremos agradecidos por habernos brindado su lealtad, confianza; por seguir apostando por nosotros y por apoyo incondicional ofrecido con cada uno de nosotros, por darnos la oportunidad de luchar por lo que queremos sin desistir, es por ello que agradecemos inmensamente que fueran y sean nuestro principal motivo que nos dio las fuerzas para poder cumplir con nuestro propósito y vencer las adversidades presentadas en el camino, a todas las personas que compartieron sus ideas y conocimientos durante la formación académica en estos años de estudios, compañeros que nos brindaron su mano y permitieron que día a día creciéramos profesionalmente.

Tabla de Contenidos

Dedicatoria.....	2
Agradecimiento	3
Tabla de Contenidos	4
Índice de Tablas	5
Índice de Figuras.....	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Realidad problemática:	8
1.3. Formulación del problema	25
1.4. Objetivos	25
1.5. Hipótesis:	26
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	27
2.2. Tipo y diseño de investigación.....	27
2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos).....	27
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	29
2.5. Procedimientos de datos:	30
2.6. Aspectos éticos:.....	34
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	35
3.1. Descripción de la eficiencia de los líquenes como bioindicadores.	35
3.2. Identificación de la especie con mayor cobertura líquénica.	38
3.3. Absorción y acumulación de los contaminantes atmosféricos para determinar una buena eficiencia de los líquenes.....	42
3.4. Determinación del factor de tolerancia	43
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	46
4.1. Discusión:.....	46
4.2. Conclusiones:	48
REFERENCIAS	50
ANEXOS:.....	55

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Características de un buen indicador</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 3: Artículos incluidos en este trabajo de investigación.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4: Distribución de las especies liquénicas y el tipo de talo.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 5: Distribución del tipo de talo y el conteo de especies liquénicas.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 6: Distribución de la mayor presencia de contaminantes en diferente zona ..</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 7: Distribución de forofito y su pH.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 8: Distribución de especies y porcentaje de cobertura liquénica</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 9: Porcentaje de cobertura liquénica relativa para los forofitos.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 10: Determinación del factor de tolerancia de especies de líquenes a la contaminación atmosférica</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 11: Valor de Importancia y factor de tolerancia/sensibilidad de cada especie liquénica en diferentes épocas</i>	<i>44</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Talo Crustáceo en una roca de granito.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2: Talo folioso en un abeto (derecha) y de una azalea (izquierda).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3: Talo fruticulado en un nogal, junto a otros foliosos.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 4: Resultado búsqueda de artículos.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5: Gráfico de las especies liquénicas y el tipo de talo.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 6: pH de corteza de cada forofito</i>	<i>37</i>
<i>Figura 7: Porcentaje de cobertura liquénica por biotipo</i>	<i>38</i>
<i>Figura 8: Gráfico de especies y el porcentaje de cobertura liquénica.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 9: Porcentaje de cobertura del Almendro con la especie P. Petricola Nyl... </i>	<i>41</i>
<i>Figura 10: Concentración de los contaminantes durante el periodo de monitoreo..</i>	<i>42</i>
<i>Figura 11: Determinación del factor de tolerancia liquénica.....</i>	<i>43</i>

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo describir la eficiencia de los líquenes como bioindicadores para identificar contaminantes atmosféricos, ya que se basó en el tipo de investigación no experimental de diseño de revisión sistemática. La eficiencia de los líquenes se puede demostrar de diferentes estudios; por lo que el tipo de talo que tiene más sensibilidad a los factores ambientales, es el folioso. Por otro lado, un estudio que se realizó con líquenes y claveles, se encontró que la mayor presencia de contaminantes atmosféricos, están en el espacio territorial urbano (Fe), agrícola (Mn) y parque automotor (Zn). Además, se pudo identificar los forofitos y donde tenga mejor acondicionamiento los líquenes puesto que el forofito debe tener un pH 5.75 – 6.31, siendo la acidez un factor de crecimiento. Al tener en cuenta el porcentaje de cobertura liquénica del biotipo foliosa, tiene mayor cobertura 85.28%; costroso 14.39%; escamuloso 0.23% y fructicoso 0.1% este tipo de liquen es considerado indicador de ecosistema. Así mismo, se logró ratificar que el porcentaje de mayor cobertura liquénica es la especie *Canoparmelia* sp. Con una cobertura de 39.5% que sirve como bioindicador de más alta concentración de contaminantes.

Palabras clave: Bioindicadores, calidad de aire, líquenes, contaminación atmosférica.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática:

Gonzáles (2018), menciona que, la búsqueda de mejorar la calidad de vida en los países en desarrollo ha traído consigo en el crecimiento tanto en la industria como en lo demográfico y es por eso que llegan a causar una alteración en la calidad del aire y por ende afectando la salud de las personas. En esta problemática, el crecimiento demográfico e industrial causa cada vez un deterioro a la calidad del aire y en la de las personas. Partiendo de las emisiones generadas por las industrias, en el parque automotor, y muchas emisiones existentes en nuestro día a día. Es por ello que necesitamos conocer la eficiencia de los bioindicadores de calidad de aire, para identificar los contaminantes atmosféricos para brindar algunas soluciones (p. 30).

Asimismo, Armas (2018), afirma que, la calidad del aire se define como la composición del aire y las diferentes capacidades del aire para las determinadas aplicaciones. Así mismo hace mención que el aire es una composición muy particular y tiene alrededor de mil compuestos distintos. Los elementos principales son el oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. Ya que son los responsables de la vida en el planeta. Las concentraciones de los diferentes elementos de la composición del aire determinan su calidad. Es por eso que, la calidad del aire se expresa mediante concentración o intensidad de los contaminantes, la existencia de microorganismos, o el aspecto físico (p. 18).

Actualmente, se ha observado el congestionamiento vehicular que ha generado muchas más emisiones que afectan la salud de personas y la calidad del aire. Asimismo, los riesgos que se presentan a diario son claras evidencias que está afectando nuestra salud y por lo tanto se requiere una solución para disminuir el riesgo de exposición a cualquier contaminante que pueda causar problemas en

la salud, y para ello la utilización de líquenes nos ayudará a permitir la identificación de contaminantes atmosféricos.

Cabe destacar que, Gonzáles (2018), expone que para descifrar factores ambientales, es necesario utilizar bioindicadores como atributos usando especies como indicadores; por otro lado, se tuvo en cuenta atributos en otros niveles de organización de ecosistema (población, comunidades) útil para estudios de contaminación (p. 10).

Teniendo en cuenta, un estudio internacional realizado por Gonzáles (2017), indica que los estudios de campo donde se midieron las concentraciones de contaminantes ambientales muestran que las especies sensibles están dañadas o muertas por niveles anuales de dióxido de azufre tan bajos como $8-30 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (0.003-0.012 ppm) y muy pocos líquenes pueden tolerar niveles superiores a $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los líquenes absorben el dióxido de azufre, del que retienen aproximadamente el 30 %. Al haber repetidas exposiciones al dióxido de azufre, el líquen acumula altos niveles de sulfatos y bisulfatos. Las primeras indicaciones de daño por contaminación del aire causado por SO_2 son la inhibición de la fijación de nitrógeno, el aumento de la pérdida de electrolitos y la disminución de la fotosíntesis y la respiración seguida de decoloración y muerte de las algas (p. 20).

Algo similar ocurrió con un estudio nacional realizado en Tingo María por Quispe (2015), donde señalaba que, la contaminación del aire en las ciudades es uno de los problemas ambientales más importantes, y es resultado de las actividades del hombre. Las causas que originan esta contaminación son diversas, las motocicletas, los automóviles, entre otros que recorren las calles y carreteras. No obstante, apreciar y calcular el efecto que causa el incremento o la disminución

de la contaminación suele ser muy tedioso ya que los gastos suelen ser muy altos para el monitoreo físico-químico, a la carencia de información preliminar y a la ausencia de “indicadores” fácilmente detectables. Al respecto, el estudio de indicadores de contaminación o “bioindicadores” llega a resultar muy útil, pues el cambio progresivo de la calidad del aire llega a afectar la presencia o abundancia, así como los procesos fisiológicos de dichos organismos, que permiten evaluar el efecto de la modificación ambiental (p. 23).

Además, un estudio realizado en el Parque Nacional de Amopate de Piura por Celi (2012), indica que, los presentes líquenes epífitos cortícolas son distribuidos en zonas abiertas o parches de bosque en áreas intervenidas o parcialmente intervenidas del Bosque Seco entre los 350 a los 1 200 m.s.n.m. Así mismo, los líquenes son comúnmente utilizados como, bioacumuladores o bioindicadores (p. 45).

Otro estudio realizado en Huancayo, Región Junín, por Huáman (2016) indica que; la población estuvo conformada por 26 parques de donde se eligió de un muestreo probabilístico a 4 parques que son, el Parque de la Identidad Huanca, además, el Cerrito de la Libertad, también la Constitución y el cuarto parque La Ribera, en estos parques mediante el índice de Shannon se encontró abundancia y riqueza de líquenes cortícolas, además se calculó las concentraciones de emisiones (NO_2 , SO_2 y CO), comparando estos valores con los “Estándares de calidad ambiental” (ECA). En este estudio se encontró un rango de abundancia de 0 a 0.88 tuvieron 0.76, 0.88, 0 y 0.43 respectivamente con el Índice de Shannon, teniendo los demás parques valores en general bajos. Por otro lado, la concentración de dióxido de azufre llegó a superar el estándar de calidad del ambiental en un punto de monitoreo (Parque Constitución), mientras que en los otros puntos los valores

fueron normales. Finalmente, tras calcular el Índice de Pearson (r) se encontró una correlación proporcional entre las especies *Caloplaca Pyracea* (Ach.) Th.Fr. y *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) con la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2), y una correlación inversamente proporcional entre *Physcia stellaris* (L.) Nyl y la concentración de dióxido de azufre (SO_2), sin embargo, si bien existe una correlación entre la diversidad de líquenes cortícolas y la calidad de aire, esta no es estadísticamente significativa (p. 11).

Del mismo modo, un estudio realizado en Cajamarca, Perú por Ambrosio y Bringas (2017) indica que, los líquenes, por tener sensibilidad a los contaminantes atmosféricos, son considerados como indicadores de contaminación, es por ello que se propone como bioindicador de los gases de origen vehicular, y material particulado por actividades antropogénicas, y así poder realizar un cálculo de la pureza atmosférica en zonas establecidas del estudio; y así optar por una tecnología limpia y de menos costos para el monitoreo de contaminantes atmosféricos. Para ello, los indicadores utilizados fueron la abundancia (área ocupada) y riqueza (número de especies) de líquenes, datos que se obtuvieron a partir de una rejilla 10 x 50 cm dividida en 20 cuadrículas. El análisis determina las diferencias significativas de los bioindicadores entre los puntos de monitoreo ($p < 0,0001$). Por otro lado, se llegó a identificar que la zona con mayor flujo vehicular (Jr. Amalia Puga, 36 veh/min) también presentó menor abundancia ($34,8 \text{ cm}^2$) y riqueza de líquenes (1,8 sp) y, por ende, un menor IPA (13,8), de esta manera se puede diferenciar con la zona que presentó menor flujo vehicular (Parque Urbanización Cajamarca, 0 veh/min), con mayor abundancia ($192,7 \text{ cm}^2$) y riqueza de especies, y consecuentemente un IPA mayor (64,1) (p. 34).

Frente a la problemática que se presenta actualmente con la contaminación del aire en todo el mundo, debido a los gases que son expulsados por el parque automotor. Todos los gases y partículas en suspensión alteran gravemente la salud de las personas, tanto como de los animales y las plantas. Por lo que muchos países tienen normas sobre la calidad del aire con respecto a las sustancias peligrosas que éste pueda contener. Esta investigación se realizó debido a que siempre se muestra una problemática con la presencia de contaminación atmosférica y la actividad antropogénica, por lo cual la población, los animales y la naturaleza se ven perjudicada. Finalmente, se realizó esta investigación para brindar una visión general y brindar un aporte para conocer las condiciones generales de los líquenes, y se aplique de tal forma se pueda enfrentar el problema de una manera económica y eficiente.

Para la presente investigación se utilizarán las siguientes definiciones conceptuales:

Contaminantes Atmosféricos

Sustancias presentes en la atmosfera en una cantidad que llega a generar riesgo contra la salud pública y toda la biodiversidad que habitan en un determinado lugar, además, proviene por actividades antropogénicas y de forma natural; así puede perjudicar la visión, o producir olores desagradables, (Amable et al., 2017, p. 1163).

Principales contaminantes atmosféricos

Partículas en suspensión: Son sustancias solidas o liquidas que se encuentran suspendidas en el aire formadas por polvo, polen, humo y hollín. Aunque la mayoría proceden principalmente del tráfico, ya que se generan por la combustión de motores. Se suelen distinguir por su tamaño, a las partículas más grandes se les llama PM10 y a las partículas más pequeñas PM 2,5 (Línea Verde, 2012, p. 2).

Las partículas PM₁₀ tiene un tamaño inferior a 10 μm (unas 50 veces más delgadas que un cabello humano) estas suelen llegar a la garganta, en cambio las partículas PM_{2,5} tienen un tamaño inferior a 2,5 μm (100 veces más delgado que un cabello humano) estas debido a su tamaño pueden llegar hasta los alveolos (Línea Verde, 2012, p. 2).

Dióxido de azufre (SO₂): Son gases incoloros no inflamables formados por partículas de azufre y de oxígeno. Se producen principalmente por la combustión de procesos industriales, tráfico de vehículos y calderas de calefacción. Si se combina con el agua presente en la atmósfera hace que se genere la llamada lluvia ácida, causante de daños en infraestructuras y construcciones (Línea Verde, 2012, p. 2).

Óxidos de nitrógeno (NO_x): Son compuestos formados por nitrógeno y oxígeno. Aunque existe una gran variedad de este tipo de compuestos, los dos que son estudiados en la calidad del aire son el monóxido de nitrógeno (NO) importante gas de efecto invernadero y el dióxido de nitrógeno (NO₂) principal causante de la lluvia ácida (Línea Verde, 2012, p. 2).

Monóxido de Carbono (CO): Es el contaminante que se encuentra en mayor concentración en la atmósfera. Es un gas inflamable, insípido e incoloro. Se produce principalmente por la combustión de motores (tráfico) aunque la mayor parte de este gas se encuentra de forma natural en la atmósfera (Línea Verde, 2012, p. 2).

Ozono troposférico (O₃): Es un constituyente natural del aire que respiramos. Es un gas azulado, de olor agradable, compuesto por tres átomos de oxígeno: O₃ que se forma de una manera natural en la estratosfera. Pero este mismo ozono cuando se sitúa junto a la superficie terrestre, en la troposfera, se denomina Ozono troposférico y es tóxico a concentraciones elevadas. Como efectos sobre el ser humano, el aparato respiratorio es el principal perjudicado. Cuando la concentración de ozono en el aire es alta, (aproximadamente 180 g/m^3), se producen síntomas como: tos, dolor de cabeza,

náuseas, dolores pectorales al inspirar profundamente o acortamiento de la respiración. Pero, si se supera el nivel de 240 g/m^3 , pueden producirse procesos más serios con deterioro de la función pulmonar. (Línea Verde, 2012, p. 3).

Compuestos orgánicos Volátiles (COV's): Son compuestos formados por una molécula de carbono y uno de las siguientes moléculas: hidrógeno, halógenos, oxígeno, azufre, fósforo, silicio o nitrógeno (Línea Verde, 2012, p.3). Estos compuestos son producidos de forma natural y también mediante actividades como el transporte. Estos compuestos contribuyen a la formación de ozono y smog fotoquímico (Línea Verde, 2012, p. 3).

Metales pesados: Son considerados en este grupo el arsénico, el cadmio, el cromo, el cobre el mercurio, el níquel, plomo, selenio, vanadio y zinc. La mayor parte de ellos están formados por partículas finas, procedentes de la combustión del carbón y en menor medida de otros combustibles. El metal pesado más importante en la contaminación atmosférica es el plomo (Pb), el cual tiene la capacidad de formar compuestos orgánicos. Como característica principal resalta que puede permanecer durante un largo periodo en los ecosistemas sin degradarse (Línea Verde, 2012, p. 3).

Contaminación del aire y sus efectos

La contaminación del aire es una alteración de los niveles de calidad y pureza del aire debido a emisiones naturales o de sustancias químicas y biológicas. En la actualidad, la contaminación por la combustión de hidrocarburos (gasolinas, gas y diésel), de los automotores es el primer causante de la contaminación aérea en las ciudades de los países industrializados, mientras que las plantas industriales poco eficientes lo son para los países en vías de desarrollo. Sin embargo, no se deben subestimar otras fuentes de contaminación, ya sean de origen natural o bien causadas por el hombre; dentro de las primeras tenemos los desiertos de arena, la sal marina,

incendios y ceniza volcánica, los cuales se suman al resto de partículas que contaminan el aire (Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 2015, p. 44).

El uso de la madera como combustible para calentar el hogar, cocinar o como ornato, es otra fuente de contaminación. Aunque es menos dañina que las de emisiones gaseosas de tipo invernadero. En algunas zonas, la presencia exagerada de polen y hongos en determinadas épocas del año puede ser considerada como un contaminante. También existen contaminantes dentro de las instalaciones, como casas, oficinas o escuelas, que es donde los individuos pasan entre 80 y 90% de su tiempo (Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 2015, p. 44).

Actualmente, se sospecha de decenas de miles de sustancias que pueden ser contaminantes, las cuales actúan en sinergia con otras o bien con factores ambientales, como la temperatura, la humedad, la velocidad del viento, etc., y muy pocos de ellos son monitoreados (Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 2015, p. 44).

Dentro de las que se producen en sitios cerrados (casa, oficinas, almacenes, etc.), se puede encontrar una combinación de tóxicos químicos, irritantes, como: pinturas, adhesivos, tipo de pisos, productos de limpieza, calentadores y gas de cocina; tóxicos compuestos tales como polvo de pintura de plomo, radón y asbesto, polvos de origen vegetal, excretas animales y humanas y alérgenos (Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 2015, p. 45).

Aunque el gran culpable es el humo del cigarrillo, el cual, con sus 3,000 compuestos identificados hasta la fecha y la producción de más de 5 mil millones de partículas, es sin duda el más importante de los contaminantes relacionados con la actividad humana. También los cambios de temperatura y presión atmosférica de las ciudades que muestran condiciones climáticas tipo invernadero con altas concentraciones de

contaminantes como ozono, bióxido de sulfuro, nitritos y lluvia ácida, entre otros (Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 2015, p. 45).

Grupos sensibles y vulnerables

Aunque toda la población está afectada por la calidad del aire, hay una gran variabilidad en la respuesta ante la exposición a los contaminantes, asimismo, existe una susceptibilidad individual para determinar la magnitud del daño ante los contaminantes del aire y sus efectos sobre la salud, ya que ésta varía entre los individuos (Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 2015, p. 46).

Los niños son más susceptibles porque sus pulmones y el sistema inmunológico se están desarrollando, además de que son más activos en ambientes con altos niveles de contaminantes, por lo que reciben dosis más altas en comparación con los adultos, debido a las diferencias en las tasas y patrones de respiración (Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 2015, p. 46).

Los niños asmáticos son aún más susceptibles debido a inflamación e hiperreactividad de las vías aéreas. Los ancianos son la otra población potencialmente con mayor riesgo de efectos sobre la salud debido al envejecimiento normal o patológico. Sin embargo, hay pocos datos sobre esta patología (Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 2015, p. 46). Además de la edad, hay otros factores que contribuyen a la susceptibilidad individual como son el género, la sensibilidad a las enfermedades, el tabaquismo, la dieta, la actividad física, el volumen de masa corporal y los antecedentes genéticos (Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 2015, p. 46).

Calidad de aire

Se entiende como la presencia de sustancias, materias o formas de energía que implican daño a la salud de las personas, del ambiente o de demás bienes de la

naturaleza que están en la atmósfera. Por lo que la atmósfera nos brinda muchos beneficios para poder sobrevivir todos los días, es recurso vital, por lo que la protección de la atmósfera y calidad del aire ha sido, una prioridad de la política ambiental (Mares, 2017, p. 23).

Bioindicadores

Son aquellas que por sus características (sensibilidad a las perturbaciones ambientales, distribución, abundancia, dispersión, éxito reproductivo, entre otras) pueden ser usadas como estimadoras del estatus de otras especies o condiciones ambientales de interés que resultan difíciles, inconvenientes o costosas de medir directamente. A partir de esta definición se puede fácilmente derivar que no cualquier taxón puede ser un bioindicador (Gonzales et al., 2014, p. 24-25).

Bioindicadores Ambientales

Los bioindicadores ambientales son organismos o comunidades que responden a las alteraciones ambientales que nos permiten detectar contaminantes con mayor facilidad, no existe una definición única por los indicadores ambientales estos conceptos varían de acuerdo a los objetivos que se quiera responde. Así mismo, un bioindicador ambiental es un parámetro que proporciona información para describir el estado del ambiente o área. Son organismos que se relacionan directamente con los efectos ambientales antrópicos o naturales (Cango, 2015, p. 7).

Tabla 1:

Características de un buen indicador

Habilidad indicadora	Aportan una respuesta medible (sensible a la alteración, pero no experimenta mortalidad ni, se puede encontrar acumulación de contaminantes del medio ambiente). Todos los estudios de la especie se tienen que reflejar en todas las especies, poblaciones o comunidades del ecosistema. Responden en proporción a la cantidad de contaminación.
Especies abundantes y comunes	Densidad poblacional local (las especies raras no son adecuadas). Comunes, incluyendo distribución dentro del área en cuestión Tiene que ser estable a pesar de la moderada Incertidumbre climática y medioambiental
Especies muy estudiadas	Ecología y forma de vida bien delimitada. Taxonómicamente bien documentadas y estables Fáciles y baratas de sondear
Económicamente/Comercialmente importantes	Especies ya elaboradas con otras finalidades Interés público o conciencia sobre la especie

Fuente: Mares, 2017. Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire; p. 6.

Líquenes

Según el criterio de Mares (2017) los líquenes son organismos de carácter simbiótico que se compone por una parte fungí (el micobionte) y otra fotosintéticas que se conoce como el fotobionte, y que normalmente se asemeja a un alga verde o a una cianobacteria (p. 2).

Taxonomía

Los grupos de organismos que son llamados líquenes pertenecen a la familia polifilético, provenientes de la variedad de ancestros, que por el pasar de los años ha tenido una evolución hacia un mismo patrón partiendo de relaciones distintas; es por

ello que no se encuentra una adecuada clasificación para este grupo que fue aceptada (Fernández, 2017, p. 3-4).

La Simbiosis

Viene por parte del hongo en la toma de nutrientes del alga. Donde a través de la fotosíntesis el liquen obtiene su alimento que sirve para el micobionte, mientras que el alga por su capacidad de absorber el agua, consigue la protección para la desecación con un buen incremento. Dando a entender, que la simbiosis permite a la alga o cianobacterias colonizar ecosistemas en climas templados ya que en un clima extremo no podría desarrollarse por sí sola (Fernández, 2017, p. 4).

Tipos de Biontes

Puede decirse que la formación de los biontes, son parte de los hongos con todo tipo de fotobiontes, es una característica con una ventaja evolutiva enorme dentro de las especies que las forman. Se puede deducir desde el punto de vista evolutivo, que las formaciones de líquenes se encuentran en estable evolución en diversos hongos, aunque se cree que se está perdiendo en otros (Fernández, 2017, p. 4).

Se pueden distinguir tres tipos de biontes: fotobionte, micobionte y el fúngico.

Fotobiontes

En la actualidad se conocen cuarenta géneros de algas y cianobacterias que actúan como fotobiontes en simbiosis liquénica. De ellos, tres géneros son los más frecuentes, *Trebouxia*, *Trentepohlia* y *Nostoc*, las dos primeras algas verdes (*Chlorophyta*) y la tercera cianobacteria (*Cyanophyta*). Los fotobiontes procariotas son conocidos como cianobiontes, mientras que los fotobiontes eucariotas son conocidos como ficobiontes (Fernández, 2017, p. 4).

Micobiontes

Los hongos que forman los líquenes son en gran parte de los casos simbiotes obligados y que muchos no son capaces de vivir aislados en el medio, solo llegan a prosperar cuando encuentran un fotobionte adecuado. En un cultivo aislado producen esporas asexuales de forma imperfecta pero que prácticamente nunca van a producir estructuras reproductoras organizadas, así como los hongos pueden ser liquenizados, ni en una estructura de un talo que sea idéntica al del liquen; pero si llegan a reproducirse sexualmente (Fernández, 2017, p. 4-5).

El tercer componente

Un estudio, que fue publicado por Fernández (2017), puso de manifiesto en el liquen (*Bryoria fremontii*) donde indica que el tercer componente de la simbiosis es una levadura de la división Basidiomycota, que está presente en numerosas especies de líquenes (p. 5).

Organización del talo liquénico

Hay dos tipos de talos liquénicos: los homómeros, son aquellos en el que fotobionte y micobionte se encuentran organizados de forma uniforme y los heterómeros son los que en el micobionte y fotobionte ocupan diferentes lugares dentro del liquen (Fernández, 2017, p. 5).

Morfología del talo en el simbiote liquénico

Para conocer las relaciones que se establecen en el simbiote, hay que tener en cuenta el desarrollo que deben tener ciertos tipos de talos, por ello tradicionalmente se tuvo que dividir al grupo según su morfología de su talo en líquenes fruticulosos, crustáceos, compuestos, foliáceos, escumulosos, leprarioides y gelatinosos, aunque veremos los tres primeros que son los más representativos, (Fernández, 2017, p. 5).

Talo Crustáceo

Estos talos son aquellos que pueden desarrollarse afortunadamente unidos al sustrato, hasta un punto dificultoso para separarlos de él sin tener que destruirlo (figura 1). Sus características muy peculiares de estos líquenes pueden sobrevivir en ambientes extremos y en superficies expuestas a condiciones ambientales. Además, tiene su organización tanto homómera como heterómera, sobre todo en los bordes de aquellos que construyen areolas grandes, o en especies intermedias con los líquenes foliosos (Fernández, 2017, p.5).



Figura 1: Talo Crustáceo en una roca de granito

Estos líquenes crustáceos, tienden a presentar una diversidad morfológica ya que viven unidos a la superficie de las rocas. De esta manera podemos encontrar especies con los márgenes no limitados, esbozados, y que apenas se diferencian del sustrato. Los líquenes con bordes bien definidos, de color más claro o más oscuro que el resto del individuo y muy diferentes del medio. Talos figurados, lobulados radialmente y con los bordes laxamente unidos al sustrato pudiendo incluso separarse de él. Por último, los talos areolados tienen una división en su cara superior con numerosos surcos que determinan porciones o areolas, los surcos dejan ver la zona más interna del individuo, de color oscuro. Los crustaceos dentro del talo, son llamados escamoso

donde las areolas se posan con la finalidad de separarse del sustrato teniendo características escamosas, llamandolas fenotipo (Fernández, 2017, p.5).

Liquenes Folioso

Son aquellos líquenes que se encuentran desprendidos del talo, su forma es de forma aplanada y lobulada; estos interactúan al sustrato por medio de cordones especiales llamadas ricinas. Los talos de los arbustos o árboles pueden ser homómeros o heterómeros, de estos talos depende el tipo de líquenes en cuanto a su forma, organización o tamaño (Fernández, 2017, p. 6).



Figura 2: Talo folioso en un abeto (derecha) y de una azalea (izquierda)

Talo Fruticuloso

El talo para líquenes fruticulosos es prolongada, cilíndrico en todos los casos pareciéndose a una cabellera. Tiene por lo general un único espacio donde se junta el líquen quedando lo resto en organismos separados. Por otro lado, poseen crecimiento apical o intercalar, aunque existen muchas excepciones en su forma y su tamaño es muy variable según la especie (Fernández, 2017, p. 6).



Figura 3: Talo fruticulosos en un nogal, junto a otros foliosos

Reproducción

La reproducción (asexual) de los líquenes puede dar lugar a partir de tamaños de talo con dos brotes en una fragmentación talina, en estructuras llamadas soredios e isidios (Fernández, 2017, p.7).

Ecología

La ecología estudia a todos los organismos, dentro de ellos tenemos a los colonizadores primarios que en todos los ecosistemas son conocidos y, su capacidad para adaptarse en medios con escasos nutrientes, tienen la facilidad de desarrollarse rápidamente y comenzar a formar el suelo para la posterior llegada de otros organismos vegetales. Son organismos específicos de acuerdo al sustrato y a las condiciones del ambiente donde habitan y es factible encontrar biotipos líquénicos en medios donde la carencia de vida es alta, como zonas polares o desérticas donde las condiciones que les brinda la simbiosis les permite su desarrollo. Así mismo son muy importantes en la naturaleza, siendo buen indicador en diversos ecosistemas rocosos, partiendo de la degradación superficial de las rocas y la acumulación de polvo (Fernández, 2017, p.7).

Como uso de líquenes tenemos:

- Los indicadores biológicos de la calidad del aire que, debido a su duración y obtención de muchos nutrientes, lo hacen más sensibles a las impurezas

presentes en el ambiente donde se necesita hacer un estudio, como por ejemplo su gran sensibilidad a la presencia de cobre y dióxido de azufre (Fernández, 2017, p.7).

Líquenes Epífitos

Pardo (2017) Menciona que, los líquenes epífitos se utilizan en mayor medida en estudios de biomonitorización. Estos son muy sensibles a la contaminación del aire, ya que se encuentran por encima del suelo, por lo que suelen recibir una mayor exposición a los contaminantes del aire y no tienen acceso los nutrientes del suelo. Además, su unión al sustrato es pronunciada para que la superficie foliar permanezca intacta. Las alteraciones en la calidad del aire afectan directamente a la diversidad del líquen que se utiliza generalmente como un indicador de sensibilidad de los efectos biológicos de los contaminantes atmosférico (p. 5).

Sensibilidad de los líquenes a la contaminación atmosférica de aire

Mares (2017) manifiesta que, la incrementada sensibilidad de las especies líquénicas a la contaminación atmosférica está concerniente con el estudio de especies. La mayoría de las especies vive bastantes años, por lo cual están sujeto a una acumulación de contaminantes (bioacumuladores). Ya que los líquenes no poseen sistema vascular que conduzca el agua o los nutrientes; es por ello que, han evolucionado sobre mecanismos eficientes para obtener de fuentes atmosféricas, como de la niebla y el rocío, siendo la fuente de agua muy apropiada para estos organismos, por lo que muy seguido tienen concentraciones mucho más elevadas de contaminantes que el agua precipitada, y es por ello que los nutrientes de los líquenes pueden albergar concentración de contaminantes (p. 8).

Índice de Pureza Atmosférica

Palomino (2020) describe que, el índice de Pureza atmosférica es uno de los primeros métodos aplicados para calcular la calidad de la atmosfera a través de líquenes. Ya que esto se relaciona con la diversidad, frecuencia y su cobertura. Además, se relaciona con el índice biológico que tiene en cuenta la presencia de cobertura, abundancia y distribución de las especies liquénicas en una zona, donde la contaminación va a provocar alteraciones en las estructuras liquénicas. La suma de las frecuencias de las especies liquénicas presentes en cada forofito y el IPA que representa a un sitio de muestreo es el promedio de los valores de todos los forofito monitoreados. Por lo que, de esa manera, se puede esperar limitados tipos de líquenes en un área con alta contaminación del aire, pero estos están representados por personas tolerantes y tóxicas (p. 30).

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia de bioacumulación de los líquenes como bioindicadores para identificar contaminantes atmosféricos (PM10, Fe, Mn)?

1.4. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Describir la eficiencia de bioacumulación de los líquenes como bioindicadores para identificar contaminantes atmosféricos (PM10, Fe, Mn).

1.1.2. Objetivos específicos

Identificar la especie con mayor cobertura liquénica de acuerdo a los artículos investigados.

Conocer la cantidad de absorción y acumulación de los contaminantes atmosféricos para determinar una buena eficiencia de los líquenes.

Determinar el factor de tolerancia que tienen las especies
liquénicas para identificar contaminantes atmosféricos.

1.5. Hipótesis:

1.5.1. Hipótesis General:

- La eficiencia de los líquenes como bioacumulación es significativa en cuanto a la productividad del líquen, como el tipo de talo, pH del forofito o según la zona de monitoreo para identificar contaminantes atmosféricos (PM10, Fe, Mn).

1.5.2. Hipótesis específicas:

- La especie con mayor porcentaje de cobertura liquénica debe ser la que tenga mayor resistencia al contaminante atmosférico.
- La cantidad de absorción y acumulación de los líquenes debe ser alta para identificar una buena eficiencia de contaminantes atmosféricos.
- El factor de tolerancia de las especies liquénicas debe ser mayor a los contaminantes para que se represente como un buen potencial bioindicador y tolerante a los contaminantes.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación realizada es no experimental de diseño es revisión sistemática.

En un estudio no experimental no se genera ninguna situación, como afirma Hernández, Fernández, & Baptista, (2014), sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. La investigación no experimental es un parteaguas de varios estudios cuantitativos, como las encuestas de opinión, los estudios ex post-facto retrospectivos y prospectivos, etc. (p. 152).

Las revisiones sistemáticas son resúmenes claros y estructurados de la información disponible orientada a responder una pregunta clínica específica. Dado que están constituidas por múltiples artículos y fuentes de información, representan el más alto nivel de evidencia dentro de la jerarquía de la evidencia. Las revisiones sistemáticas se caracterizan por tener y describir el proceso de elaboración transparente y comprensible para recolectar, seleccionar, evaluar críticamente y resumir toda la evidencia disponible con respecto a la efectividad de un tratamiento, diagnóstico, propósito, etc, (Moreno, Muñoz, Cuellar, Domancic, & Villanueva, 2018, p. 184).

2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población:

Todos los estudios que se llegaron a buscar, en los cuáles se analizaron todo el contenido que no puede ayudar en la recolección de datos sobre la

eficiencia de los líquenes como bioindicadores para identificar contaminantes atmosféricos.

2.2.2. Muestra:

Los 31 artículos, tesis, o artículos científicos nos ayudaron a determinar la eficiencia de los Líquenes como Bioindicadores para determinar la Contaminación Atmosférica.

2.2.3. Materiales:

Para la elaboración de la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales de gabinete:

- Lapiceros.
- Libros.
- Laptop.
- Artículos científicos.
- Tesis.
- Celular.
- Libreta.

2.2.4. Métodos:

El presente estudio se llevó a cabo mediante una revisión sistemática, que incluye 31 documentos revisados y analizados con el fin de determinar, la eficiencia de los Líquenes Epifitos para identificar contaminantes atmosféricos.

Para ello se tomó en cuenta nuestro tema de investigación, luego buscamos toda la información que nos beneficie y nos ayude a desarrollar nuestro problema planteado y sobre todo manteniendo una buena conexión a internet y una laptop que nos facilite la investigación tanto en búsqueda como en redacción.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En la tabla siguiente se explica la técnica y el instrumento que se llegó a utilizar para desarrollar la recolección de datos.

Tabla 2:

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento
Análisis documental.	Tabla de registro de datos.

Para el recojo de datos se utilizaron los siguientes límites: a) Temporales: A lo más reciente. b) Idiomas: español. c) Base de datos: Redalyc, Scielo, Ebsco, Repositorio UPN. d) País. En nuestra búsqueda todos los artículos que revisamos e incluimos debido a que su temática se relaciona con el tema de búsqueda y responde claramente a nuestros objetivos tanto como a la pregunta del problema.

Por otro lado, se excluyeron artículos los cuales, no cumplían con los criterios requeridos tales como: sólo presentan resultados sobre conocimientos teóricos, artículos que brindan resultados sobre muestras analizadas en ensayos, entre otros aspectos.

2.4. Procedimientos de datos:

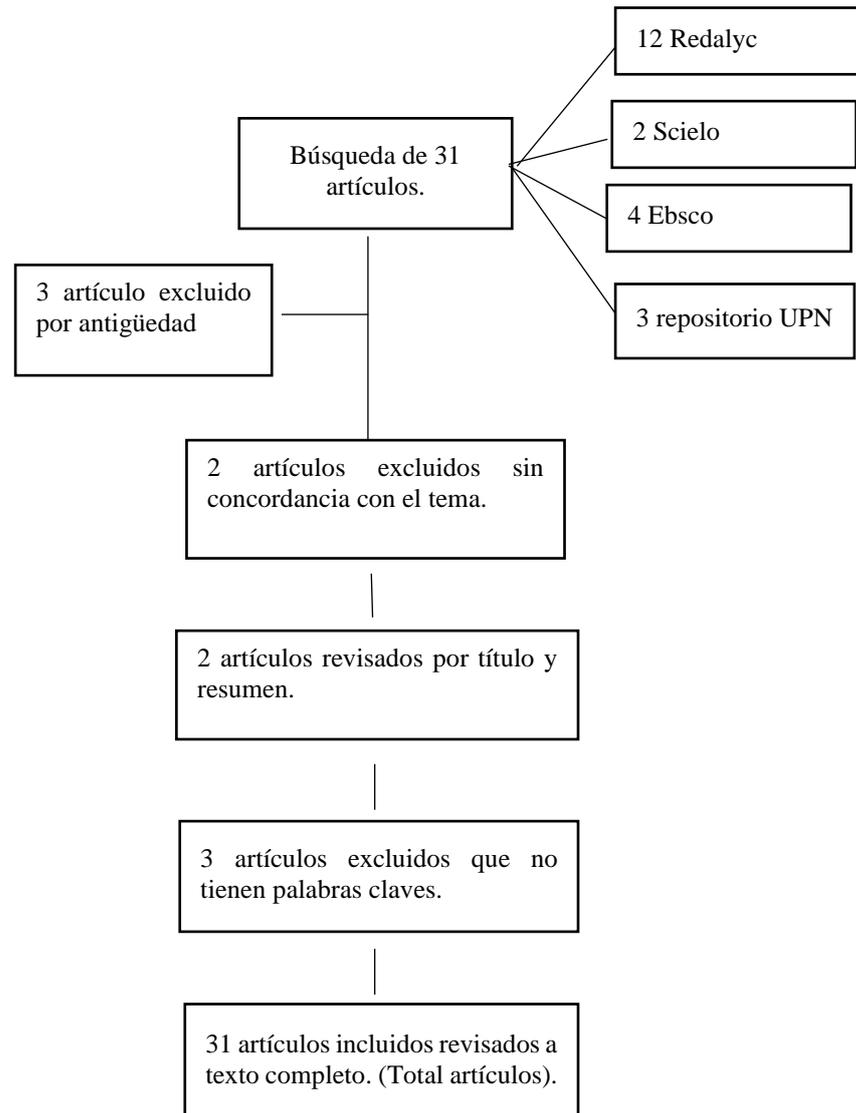


Figura 4: Resultado búsqueda de artículos

Proceso de búsqueda y selección

En el proceso de búsqueda se desarrolló un procedimiento con etapas definidas así: a) Elegimos un tema que fue los líquenes como bioindicadores b) Buscamos información relacionada con el tema. c) Formulación de la pregunta. d) Búsqueda bibliográfica a través de palabras claves como líquenes, bioindicadores, contaminación atmosférica. e) Realizamos una base de datos para la

sistematización de los artículos. f) Evaluación y análisis final de los artículos. Se obtiene una lista de artículos candidatos para la revisión.

Para la búsqueda se utilizaron los siguientes límites: a) Temporales: A lo más reciente. b) Idiomas: español. c) Base de datos: Redalyc, Scielo, Ebsco, Repositorio UPN. d) País. Además, en nuestra búsqueda todos los artículos que revisamos e incluimos debido a que su temática se relaciona con el tema de búsqueda y responde claramente a nuestros objetivos tanto como a la pregunta del problema.

Por otro lado, se excluyeron artículos por que cumplían con los criterios requeridos tales como: sólo presentan resultados sobre conocimientos teóricos, artículos que brindar resultados sobre muestras analizadas en ensayos y también estudios que no son actuales como máximo se consideró alrededor de 10 años.

Proceso de revisión

En el proceso de revisión se realizó una lectura de todos los artículos buscados y posteriormente a elegir los más adecuados para nuestro tema.

Proceso de análisis de datos

El proceso de análisis de datos de la investigación tiene como finalidad describir la eficiencia de los líquenes para identificar contaminantes atmosféricos, por lo que se logró, de los 31 artículos encontrados, por inclusión solo se obtuvo 21 artículos de revisión sistemática revisados a texto completo, y que finalmente se logró revisar lo investigado al tema durante los últimos 10 años y 10 artículos fueron excluidos.

Tabla 3:

Artículos incluidos en este trabajo de investigación

Fuente	Tipo de documento	Lugar	Título
Jaramillo, Botero, 2010	Artículo Científico	Colombia	Comunidades líquénicas como bioindicadores de calidad de aire del Valle de Aburrá.
Ghirardi, Fosco, Gervasio, Imbert, 2010	Artículo Científico	Argentina	Claveles y Líquenes del aire como bioindicadores de contaminación atmosférica por metales pesados en el microcentro santafesino
Granada, Ileana, Valencia, Rojas y Herrera, 2014	Artículo Científico	Colombia	Sistema para el manejo de la calidad del aire en la ciudad de Cali – Colombia.
Landeros y Ortega, 2014	Artículo Científico	México	Calidad del aire y salud en la Ciudad de México.
Gonzales, Luján, Navarro y Flores, 2016	Artículo Científico	Cochabamba, Bolivia	Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba.
Quispe, Ñique y Chuquilin, 2015	Artículo Científico	Tingo María, Perú	Líquenes como Bioindicadores de la Calidad Del Aire en la Ciudad de Tingo María, Peru.
Fontecha Burgaz, 2017	Artículo Científico	Madrid, España	Uso de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire
Mares, 2017	Tesis de Grado	Madrid, España	Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire
Pardo, 2017	Artículo Científico	Madrid, España	Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire

Cohn y Quezada, 2016	Artículo Científico	Guatemala	Líquenes como Bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano.
Gatica, Pereira y Vallejos, 2011	Artículo Científico	Chile	Líquenes epifitos: una herramienta para estudiar la continuidad ecológica de la Isla Mocha, Chile.
Rincon, 2012	Tesis de grado	Colombia	Líquenes como Bioindicadores en el monitoreo de la calidad del aire.
Acevedo y Charry, 2018	Tesis de Grado	Santiago de Cali, Colombia	Líquenes como Bioindicadores de calidad de aire.
Ambrosio y Bringas	Tesis de Grado	Cajamarca, Perú	Evaluación de Líquenes como Bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular.
Livia y Rojas, 2019	Tesis de Grado	Cajamarca, Perú	Determinación de la Calidad del Aire en las principales vías de tránsito vehicular
Segura, 2013	Tesis de Grado	Quito, Ecuador	Caracterización de la Contaminación Atmosférica en seis Parques Recreacionales del Distrito Metropolitano.
Cohn, 2014	Tesis de Grado	Guatemala	Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano Hipódromo del Norte-Hipódromo del Sur, en la ciudad de Guatemala.
Huamán, 2016	Tesis de Grado	Huancayo, Perú	Diversidad de Líquenes Cortícolas y Calidad de aire en el Distrito De Huancayo.
Gutierrez, 2020	Artículo Científico	Cajamarca, Perú	Líquenes: bioindicadores de contaminación atmosférica.

Palomino, 2020	Tesis de Grado	Tacna	Evaluación de la calidad del aire mediante líquenes como bioindicadores ambientales.
Carrero, Rodríguez, 2019	Tesis de Grado	Colombia	Evaluación de la eficiencia de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire.

2.5. Aspectos éticos:

El respeto, donde se debe acatar todas las investigaciones de todos los autores. Además, la honestidad, en la que no debemos alterar, ni cambiar la información que obtenemos de otras investigaciones para así realizar un trabajo con pudor.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

El presente trabajo pretende recopilar datos sobre la eficiencia de líquenes como bioindicadores para la identificación de contaminantes atmosféricos a través de cuadros estadísticos.

3.1. Descripción de la eficiencia de los líquenes como bioindicadores.

Tabla 4:

Distribución de las especies líquénicas y el tipo de talo

Especies líquénicas	Tipo de talo
<i>Candelariella solediosa Poel & Reddi.</i>	<i>Crustáceo</i>
<i>Canoparmelia sp.</i>	<i>Folioso</i>
<i>Heterodermia speciosa (Wulf.) Trev.</i>	<i>Folioso</i>
<i>Normandina pulchella (Borr.) Nyl.</i>	<i>Folioso</i>
<i>Cladonia sp.</i>	<i>Fructiculoso</i>
<i>Parmotrema austrosinense (Zahlbr.) Hale.</i>	<i>Folioso</i>
<i>Pixine petricola Nyl.</i>	<i>Crustáceo</i>

Fuente: Jaramillo, Botero, 2010. Comunidades Líquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburrá; p.101.

Tabla 5:

Distribución del tipo de talo y el conteo de especies líquénicas

Tipo de talo	Cuenta de Especies líquénicas
<i>Crustáceo</i>	2
<i>Folioso</i>	4
<i>Fructiculoso</i>	1

Fuente: Jaramillo, Botero, 2010. Comunidades Líquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburrá; p.101.

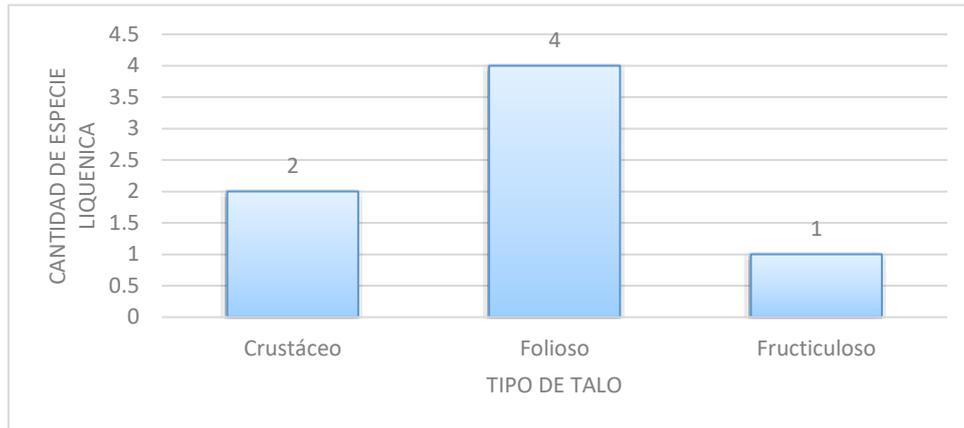


Figura 5: Gráfico de las especies líquénicas y el tipo de talo

Podemos deducir que los tipos de talo folioso de los líquenes suelen ser sensibles a los factores atmosféricos por ende llegan a tener una mayor eficiencia como bioindicador.

Tabla 6:

Distribución de la mayor presencia de contaminantes en diferente zona

Contaminantes en líquenes	Espacio Territorial
Fe	Urbana
Mn	Agrícola
Zn	Parque automotor

Fuente: Ghirardi, Fosco, Gervasio, Imbert, 2010. Claveles y Líquenes del aire como bioindicadores de contaminación atmosférica por metales pesados en el microcentro santafesino; p. 170.

Los líquenes llegan a identificar más presencia de un contaminante de acuerdo a la zona dónde sea colocado por su monitoreo, en este caso, la mayor presencia de Fe indica que está en una zona urbana o industrial, así como la presencia de Mn nos indica que está en una zona agrícola y el Zn nos determina que está mayormente en las ciudades con altas concentraciones de vehículos a motor.

Tabla 7:

Distribución de forofito y su pH

Nombre científico	Forofito	pH
<i>Artocarpus altilis (S. Park.) Fosb.</i>	Pan de árbol	6,31
<i>Cedrela odorata L.</i>	Cedro	5,61
<i>Cocos nucifera L.</i>	Coco	6,14
<i>Inga edulis Mart.</i>	Guaba	5,48
<i>Mangifera indica L.</i>	Mango	5,66
<i>Persea americana Mill</i>	Palta	5,75

Fuente: Livia, Rojas, 2019. Determinación de la calidad del aire en las principales vías de tránsito vehicular, 2019; p. 28.

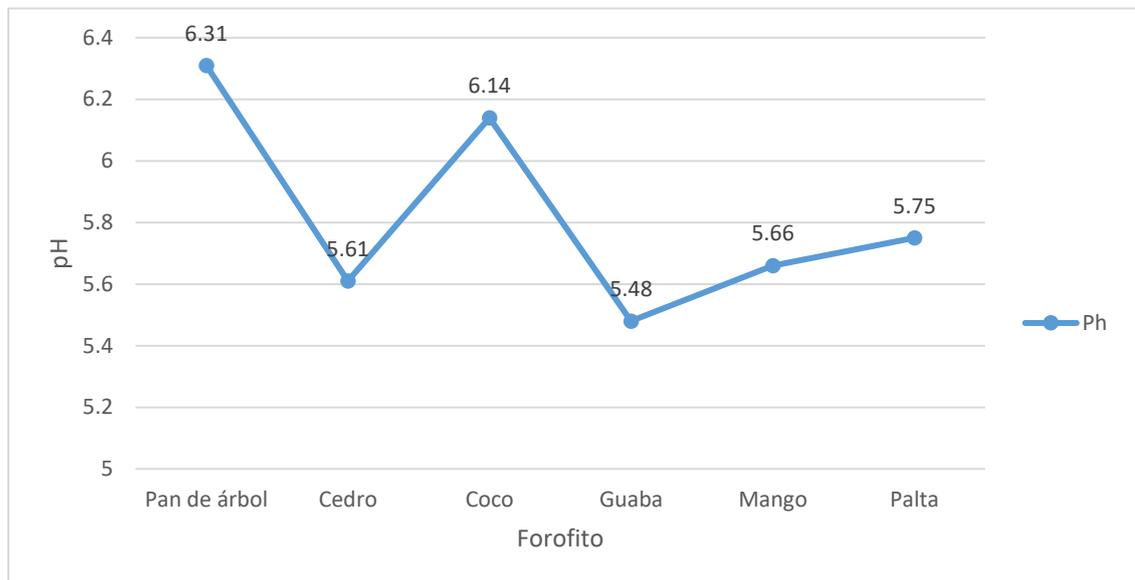


Figura 6: pH de corteza de cada forofito

El pH de la corteza es vital, no sólo por su efecto sobre la presencia–ausencia de líquenes, sino también por la distribución de los mismos. Generalmente, los árboles con valores de pH similares desarrollan en sus cortezas especies liquénicas similares, siendo la acidez un condicionante para el crecimiento (Livia Astochado & Rojas Segura, 2019, p. 28).

3.2. Identificación de la especie con mayor cobertura liquénica.

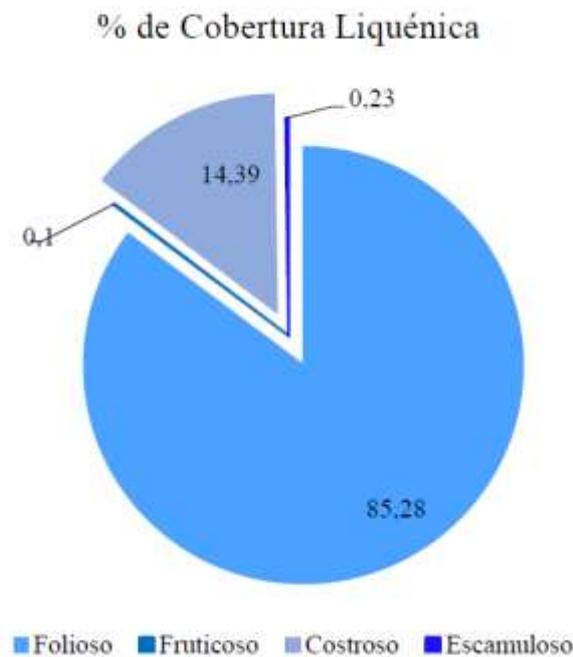


Figura 7: Porcentaje de cobertura liquénica por biotipo

En la figura 7, tomado de Carrero Mateus & Rodríguez Guevara , 2019 (p. 40).

La medición del área ocupada para los líquenes, se puede calcular el porcentaje de cobertura liquénica para los 4 biotipos, seguidamente es posible determinar que los líquenes foliosos a invadir una gran parte de cobertura liquénica. Así mismo, se puede observar la frecuencia con la que se aprecia en todo el monitoreo de los árboles. Su cobertura promedio fue de 85,28% mostrada en la Figura 7. Además, los líquenes costrosos, tuvieron una cobertura liquénica que fue del 14,39%, por lo que, este tipo de talo suele ser menos vulnerable a la variación que pasa en la atmosfera, ya que tienen una unión más estrecha con el sustrato (Carrero Mateus & Rodríguez Guevara , 2019, p. 40).

También, cabe resaltar que los líquenes de talo escamuloso alcanzaron una cantidad mínima, aunque fue superior que los de biotipo fruticoso, pues su cobertura liquénica promedio fue de 0,23% y 0,1% respectivamente, aunque su cobertura de los

fruticulosos sea la más baja, este tipo de líquen es considerado como indicador de ecosistemas urbanos con calidad del aire buena (Carrero Mateus & Rodríguez Guevara , 2019, p. 40).

Tabla 8:

Distribución de especies y porcentaje de cobertura líquénica

Especie Líquénica	% Cobertura Líquénica
<i>Candelariella solediosa</i>	1,8
<i>Canoparmelia sp.</i>	39,5
<i>Heterodermia Speciosa</i>	15
<i>Normandina pulchella</i>	5,2
<i>cladonia sp.</i>	5,2
<i>Pixine petricola</i>	3,1

Fuente: Jaramillo, Botero, 2010. Comunidades Líquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburrá; p.103.

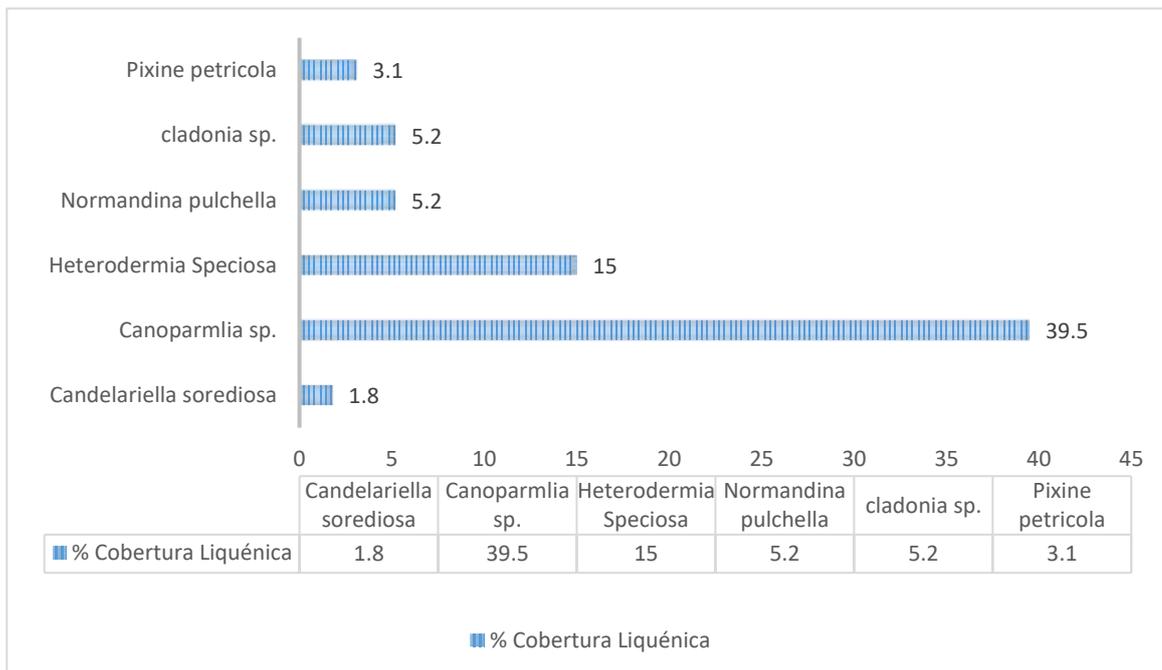


Figura 8: *Gráfico de especies y el porcentaje de cobertura líquénica*

El análisis del porcentaje de cobertura líquénica (Tabla 08) muestra la especie con mayor porcentaje de cobertura fue *Canoparmelia sp.* Apoya su potencial como bioindicador de alta concentración de contaminantes, a medida que el porcentaje de

cobertura líquénica sea elevada, mayor será la concentración de contaminantes atmosféricos.

Tabla 9:

Porcentaje de cobertura líquénica relativa para los forofitos

Especie Líquénica de acuerdo a cada forofito		% de cobertura por Estación	
Forofito	Especie Líquénica	MA	UdeM
Almendra	<i>Candelariella solediosa Poel & Reddi.</i>	0	1
	<i>Canoparmelia sp.</i>	0	71
	<i>Heterodermia speciosa (Wulf.) Trev.</i>	30	9
	<i>Normandina pulchella (Borr.) Nyl.</i>	0	0
	<i>Parmotrema austrosinense (Zahlbr.) Hale.</i>	0	18
	<i>Pixine petricola Nyl.</i>	71	2
	<i>Sp1</i>	0	0
Búcaro	<i>Candelariella solediosa Poel & Reddi.</i>	0	3
	<i>Canoparmelia sp.</i>	0	0
	<i>Heterodermia speciosa (Wulf.) Trev.</i>	30	63
	<i>Normandina pulchella (Borr.) Nyl.</i>	0	2
	<i>Parmotrema austrosinense (Zahlbr.) Hale.</i>	0	18
	<i>Pixine petricola Nyl.</i>	70	11
	<i>Sp1</i>	0	3
Mango	<i>Candelariella solediosa Poel & Reddi.</i>	15	2
	<i>Canoparmelia sp.</i>	0	46
	<i>Heterodermia speciosa (Wulf.) Trev.</i>	74	0
	<i>Normandina pulchella (Borr.) Nyl.</i>	0	5
	<i>Parmotrema austrosinense (Zahlbr.) Hale.</i>	0	48
	<i>Pixine petricola Nyl.</i>	11	0
	<i>Sp1</i>	0	0

Urapán	<i>Candelariella solediosa</i> Poel & Reddi.	0	2
	<i>Canoparmelia</i> sp.	0	33
	<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulf.) Trev.	86	0
	<i>Normandina pulchella</i> (Borr.) Nyl.	0	13
	<i>Parmotrema austrosinense</i> (Zahlbr.) Hale.	0	50
	<i>Pixine petricola</i> Nyl.	14	2
	<i>Sp1</i>	0	0

Fuente: Jaramillo, Botero, 2010. Comunidades Líquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburrá; p.104.

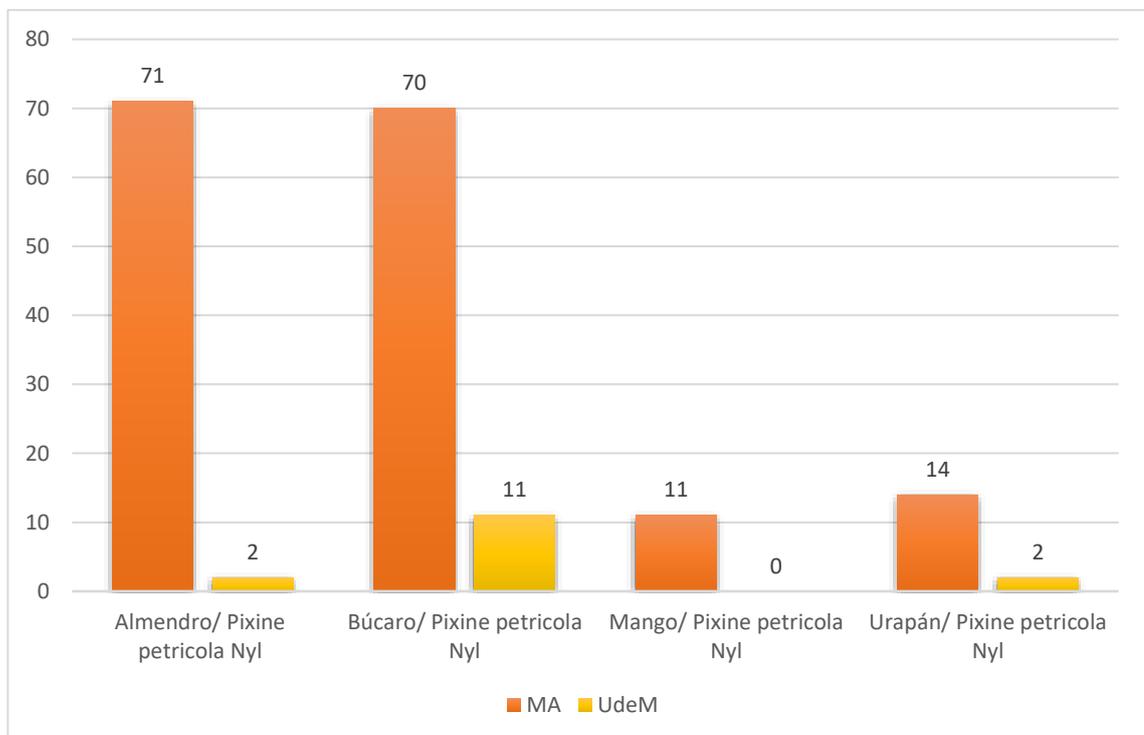


Figura 9: Porcentaje de cobertura del Almendro con la especie *P. Petricola* Nyl

El porcentaje de cobertura es diferente de acuerdo al forofito que es puesto ya que en la figura 9 podemos observar que la especie líquénica *pixine petricola* Nyl suele adherirse más y reproducirse en forofitos menos rugosos como el almendro o en el búcaro, ya que ello también es determinado a la exposición en que se encuentra ya que dicho líquen se desarrolla mucho más en zonas donde se encuentra más contaminada como en la estación MA representada por el color naranja.

3.3. Absorción y acumulación de los contaminantes atmosféricos para determinar una buena eficiencia de los líquenes.

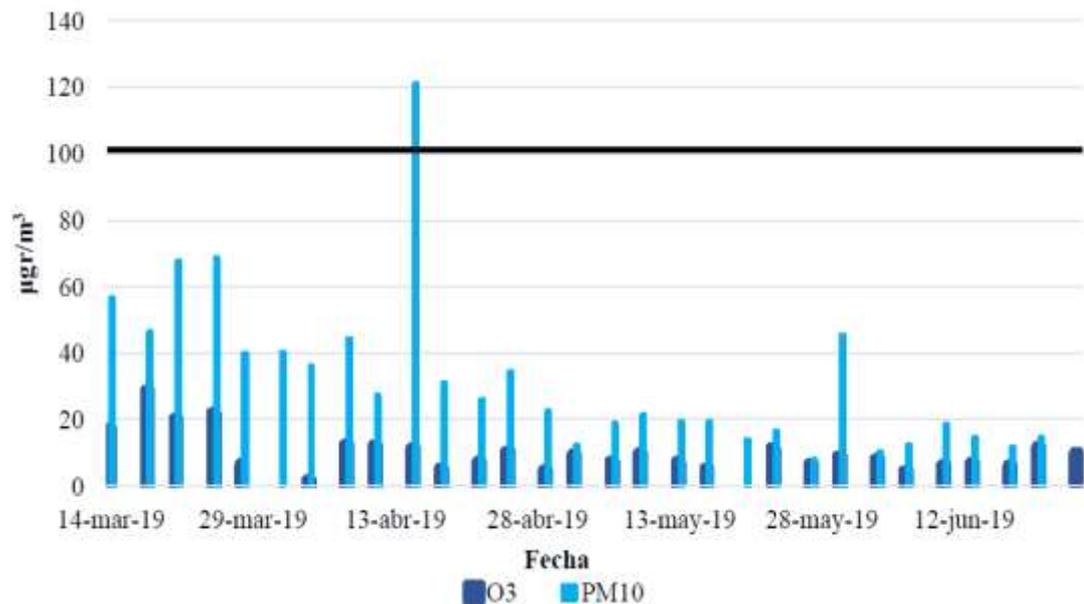


Figura 10: Concentración de los contaminantes durante el periodo de monitoreo

En la figura 10, tomado de Carrero Mateus & Rodríguez Guevara , 2019 (p. 43).

La estimación de mayor carga de contaminantes es representativa para tener en cuenta para los análisis del comportamiento de los líquenes en las zonas de estudio; por ello debemos tener en cuenta los datos medibles tanto físicos como químicos para la estación de calidad del aire de Montealegre, donde se registra las concentraciones de los contaminantes durante los 120 días de monitoreo. Por otro lado, las concentraciones que se obtuvieron fueron de PM₁₀, se obtuvo un promedio de 31,74µg/m³, dicho valor se encuentra por debajo del límite permisible (Carrero Mateus & Rodríguez Guevara , 2019, p. 43).

3.4. Determinación del factor de tolerancia

Tabla 10:

Determinación del factor de tolerancia de especies de líquenes a la contaminación atmosférica

ESPECIE	Factor de Tolerancia (Qi)
<i>Physcia sp.</i>	16
<i>Pseudocyphellaria aurata (Ach.) Vain.</i>	18
<i>Parmotrema sp.</i>	18
<i>Ramalina leptocarpha Tuck.</i>	7
<i>Parmotrema reticulatum (Taylor) M. Choisy</i>	8,5
<i>Lobariella cf. exornata (Zahlbr.) Yoshim</i>	6,75
<i>Heterodermia leucomelos (L.) Poelt</i>	3,19
<i>Punctelia reddenda(Stirt.) Krog</i>	2,5
<i>Parmotrema eciliatum (Nyl.) Hale</i>	1,33

Fuente: Segura, 2013. Caracterización de la contaminación atmosférica; p. 42-43.

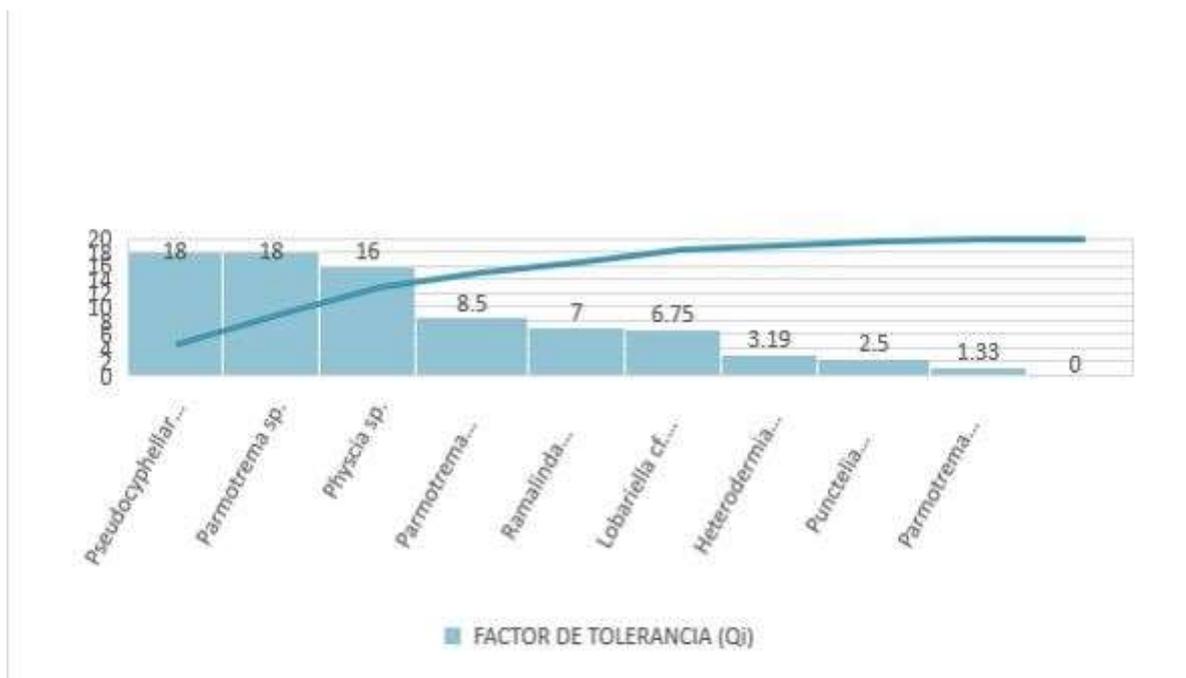


Figura 11: *Determinación del factor de tolerancia líquénica*

El factor de tolerancia de cada especie líquénica en estudio es inversamente proporcional a la tolerancia de la contaminación atmosférica, de acuerdo a la Tabla 10 las especies *Lobariella cf. exornata (Zahlbr.) Yoshim*, *Physcia sp.*, *Pseudocyphellaria aurata (Ach.) Vai.*, *Parmotrema reticulatum (Taylor) M. Choisy*, *Ramalina*

leptocarpha Tuck., *Parmotrema sp.*, son especies más tolerantes a la contaminación.

Y las especies más sensibles a la contaminación y con mayor potencial bioindicador

Heterodermia leucomelos (L.) Poelt, *Punctelia reddenda(Stirt.) Krog*, *Parmotrema*

eciliatum (Nyl.) Hale (Segura Briones , 2013, p. 43).

Tabla 11:

Valor de Importancia y factor de tolerancia/sensibilidad de cada especie líquénica en diferentes épocas

ESPECIE	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HUMEDA	
	VI	Qi	VI	Qi
<i>Physciella chloantha</i>	0,45	7,25	-	-
<i>Candelaria concolor</i>	1,4	6,56	1,38	7,22
<i>Pyxine nubila</i>	1,32	6,56	1,34	7,22
<i>Physcia pachyphylla</i>	1,41	6,56	1,23	7,5
<i>Flavopunctelia flaventior</i>	1,18	6,56	1,15	7,22
<i>Phaeophyscia sciastra</i>	1,02	6,63	1,14	7,22
<i>Physcia undulata</i>	0,68	7,2	0,7	8
<i>Lepraria ecorticata</i>	0,58	7,2	0,91	7,25
<i>Punctelia subrudecta</i>	0,95	6,57	1,18	7,22
<i>Candelaria fibrosa</i>	0,36	8	0,6	8,2
<i>Teloschistes chrysophthalmus</i>	0	0	0,11	10
<i>Hyperphyscia syncolla</i>	0	0	0,11	10

Fuente: Gonzales, et al; 2016. Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo; p. 466.

El valor de importancia y el factor de tolerancia / sensibilidad, nos indica la adaptabilidad a la contaminación atmosférica en cada especie como *C. concolor*, *P. nubila* y *P. pachyphylla*, tuvieron un Valor de Importancia mayor, y un Qi muy bajo, es decir que son las especies más frecuentes en todos los puntos de monitoreo, lo cual podría indicar que resultan ser las más tolerantes y adaptadas a la contaminación atmosférica. Al contrario, especies como *P. chloantha*, *H. syncolla* y *T. chrysophthalmus*, mostraron un Valor de Importancia muy bajo y un Qi bastante

elevado, indicando que tuvieron una frecuencia reducida. Esto puede significar que estas especies resultan ser las más sensibles a la contaminación (IPA) (Gonzales Vargas , Luján Pérez, Navarro Sánchez, & Flores Mercado, 2016, p. 466).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión:

Poder obtener una información sobre el estudio de los líquenes como bioindicadores para identificar contaminantes atmosféricos nos ha sido limitada ya que hay muy pocos estudios realizados y sobre todo que nos brinden una buena calidad de información. Eso fue una de nuestras grandes desventajas al poder recolectar información para nuestro trabajo.

Por otro lado. Los resultados obtenidos de la búsqueda de información y comparación de los mismos pueden aportar a otros trabajos que puedan ser descriptivos.

Se llegó a reconocer tres especies de líquenes en este estudio: *Physcia estellaris*, *Candelaria Concolor* y *Parmelia Caperata*, siendo la especie *Physcia estellaris*, la más resistente y persistente a la contaminación atmosférica. Las mayores concentraciones de especies líquénicas se contabilizaron en la Urbanización donde se encontró 2,3 especies por árbol, luego en el Jr. Mario Urteaga que se encontró 2,0 especies por árbol y finalmente el Jr. Amalia Puga, con 1,8 especies por árbol (Ambrosio Mantilla & Bringas Becerra, 2017, p. 93).

Sin embargo, Acevedo Azuero & Tatiana Cherry, (2018), afirma que, en el presente estudio se encontró un total de diez especies de líquenes representadas en nueve familias. De las cuales la más representativa fue *Parmeliaceae*; Aunque se encontraron dos líquenes pertenecientes a la misma familia (*Physciaceae*), estas no se encuentran presentes en todas las áreas de muestreo. A diferencia de las estaciones de Cali, donde la familia *Parmeliaceae* se presentó como líquen dominante, la parcelación océano verde ubicada en *Potrerito-Jamundi*, la familia predominante fue *Arthoniaceae*, encontrándose en 5 de los 9 individuos de estudio (p. 47).

Además, con esto podemos asegurar que cada líquen es predominante depende la zona en que se encuentra, considerando temperatura, pH, humedad, y sobre que será mucho más eficiente conforme se adapte a los árboles.

El porcentaje de líquenes en los árboles según Santoni & Lijteroff (2006) menciona que los factores climáticos intervienen en la adaptación en la corteza de los árboles según la temporada seca son menos sensibles que a las épocas de invierno. Esto se da ya que todos los líquenes no tienen la misma adherencia a la corteza del forofito (p. 118). Así mismo Quispe et al., (2015) considera que la adherencia de los líquenes a los forofito depende del hábitat de las especies; y esto también dependerá del pH de la corteza de los árboles, con valores de pH similares desarrollan en sus cortezas especies liquénicas similares, siendo la acidez un condicionante para el crecimiento (p. 102).

El factor de tolerancia de especies liquénicas a la contaminación atmosférica, se logró implantar y destacar especies de líquenes que responden más a factores contaminantes, Briones (2013, p. 48), indica que los resultados del factor de tolerancia de las especies *Parmotrema chinense* (Osbeck) Hale & Ahti, *Ramalina celastri* (Spreng.) Krog & Swinscow, Arnold, *Physcia cf. atrostriata* Moberg, *species Punctelia borrieri* (Sm.) Krog y *Candelaria concolor* (Dicks) son las especies más resistentes a la contaminación, mientras que, *Leptogium sp.2*, *Cladonia chlorophaea* (Flörke ex Sommerf.) Spreng. *Cladonia sp.*, *Parmotrema sp.*, *Heterodermia obscurata sensu auct. brit., non* (Nyl.) Trevis, *Leptogium phyllocarpum* (Pers.) Mont., *Leptogium menziesii* (Sm.) Mont, *Leptogium sp.1*, *Pseudocyphellaria aurata* (Ach.) Vain. y *Sticta fuliginosa* (Dicks.) Ach., son las especies más sensibles a la contaminación atmosférica. De igual manera Livia y Rojas (2019, p. 36), agrega que la especie más sensible a la contaminación ha sido identificada a nivel de género (*Lobaria sp.*) por lo que no se pudo hacer una comparación puntual; pero se ha encontrado estudios donde

registran a este género como el más sensible a la contaminación y otros lo registran con una sensibilidad media a la contaminación. La especie *Candelaria concolor* (Dicks) ha sido reportada al igual que en este estudio como resistente a la contaminación.

La determinación de índices biológicos de especies liquénicas, según la (Tabla 11) se puede observar el total de especies en cada época de estudio; donde las especies como *C. concolor*, *P. nubila* y *P. pachyphylla*, tuvieron un Valor de Importancia mayor, y un Qi muy bajo, es decir que son las especies más frecuentes en todos los puntos de monitoreo, lo cual podría indicar que resultan ser las más tolerantes y adaptadas a la contaminación atmosférica. Al contrario, especies como *P. chloantha*, *H. syncolla* y *T. chrysophthalmus*, mostraron un Valor de Importancia muy bajo y un Qi bastante elevado, indicando que tuvieron una frecuencia reducida. Esto puede significar que estas especies resultan ser las más sensibles a la contaminación (IPA). Por lo tanto, las especies más eficientes tolerables y adaptables a la contaminación atmosférica son *C. concolor*, *P. nubila* y *P. pachyphylla*.

El porcentaje de cobertura liquénica de la especie *P. Petricola Nvl.* (Tabla 09) llegó a ser diferente en porcentaje de cobertura entre estaciones, donde en los forofitos de almendro y búcaro tiene mejor porcentaje de cobertura de la estación MA con respecto a la estación UdeM con los mismos forofitos, sin embargo, se denota una gran pérdida de sensibilidad del análisis de coberturas para la especie *P. Petricola Nvl.* En urapanes y mangos con valores de 14% y 11% para MA y de 2% y 0% para UdeM respectivamente.

4.2. Conclusiones:

Se describió la eficiencia de los líquenes varias formas, desde que los análisis sean más rápidos y de bajo costo, para el biomonitoreo de distintos contaminantes

atmosféricos como plomo, arsénico, dióxido de azufre entre otros, así como también para monitorear material particulado. Otro factor a tener en cuenta sobre la eficiencia de los líquenes se basa en los distintos ambientes que hay contaminantes atmosféricos, se debe tener en cuenta el tipo de talo, (crustáceo, foliosa y fruticulosa), de ello dependerá que la especie liquénica se deposite en él y posteriormente siga reproduciéndose, para este estudio el talo con mayor adaptación de los líquenes es de tipo folioso, siendo este el más sensible a los factores atmosféricos y teniendo mayor eficiencia como bioindicador. Finalmente, otra opción para determinar la eficiencia de los líquenes es que se debe tener en cuenta el pH del forofito (árbol) de la corteza, siendo la acidez el promotor del crecimiento de los líquenes en la corteza; los forofito que cumplen con estas características son *Cedrela odorata L.* con un pH 5,61; *Inga edulis Mar.*, con un pH 5.48 y *Mangifera indica L.* con un pH 5.6.

Se identificó la especie con mayor porcentaje de cobertura liquénica, siendo así que, cuando sea elevada, mayor será la concentración de contaminantes atmosféricos, siendo la especie liquénica *Canoparmelia sp.* Con un mayor porcentaje de cobertura liquénica 39,5.

Se conoció la cantidad de absorción y acumulación, tal que, estuvo en un intervalo de 16-18 en el factor de tolerancia que es proporcional a la contaminación atmosférica, siendo estas especies las más tolerantes a la contaminación atmosférica (*Physcia sp.*, *Pseudocyphellaria aurata (Ach.) Vain.*, *Parmotrema sp.*).

Se determinó el factor de tolerancia de un líquen, puesto que, tuvo una relación a la inversa con la tolerancia de la contaminación atmosférica, por lo que de acuerdo a ello pudimos inducir que las especies como *Physcia sp.*, *Pseudocyphellaria aurata (Ach.) Vain.*, *Parmotrema sp.*, son tolerantes a la contaminación. Y las especies como

Heterodermia leucomelos (L.) Poelt, Punctelia reddenda (Stirt.) Krog, Parmotrema eciliatum (Nyl.) Hale, son especies con un mayor potencial bioindicador.

REFERENCIAS

- Acevedo Azuero, S., & Tatiana Cherry, Y. (2018). Líquenes como bioindicadores de calidad de aire. Santiago de Cali - Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.
- Amable, I. M. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. Artículo de Opinión, 1163. doi:<http://scielo.sld.cu/pdf/rme/v39n5/rme170517.pdf>
- Ambrosio Mantilla, M. X., & Bringas Becerra, B. (2017). Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca en el año 2017. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello.
- Armas, M. G. (2018). Sistema de Gestión de la Calidad del Aire. Iquitos. doi:http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6122/Milius_Memoria_Titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cango Paccha, G. P. (2015). Briofitos y Liqueles epifitos como organismos bioindicadores de la calidad del aire de la ciudad de Loja. Universidad Técnica de Loja, p.7. doi:<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/11540/1/CANGO%20PACCHA%20GEOVANNY%20PATRICIO.pdf>
- Carrero Mateus, C. D., & Rodríguez Guevara, T. G. (2019). Evaluación de la eficiencia de los líquenes como bioindicadores de la calidad de aire del kilómetro 3 al 4 de la vía Villavicencio - Acacias. Colombia.

- Celi, A. J. (2012). Calidad atmosférica del Parque Nacional Cerros de Amotape (Zona Sur). Universidad Nacional de Piura., 65.
- Fernández Alonso, C. (2017). ¿Qué es un líquen? Obtenido de <https://caumas.org/wp-content/uploads/2017/08/Trabajp-pralabibliotecaQu%C3%A9esunliquen..pdf>
- Ghirardi, R., Fosco, M., Gervasio, S., Imbert, D., Enrique, C., & Pacheco, C. (2010). Líquenes y claveles del aire como bioindicadores de contaminación atmosférica por metales pesados en el microcentro santafesino. Argentina: Revista FABICIB. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/103228/CONICET_Digital_Nro.642086cd-96a5-4f1a-a857-fa52175263b8_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Gonzales Vargas, N., Luján Pérez, M., Navarro Sánchez, G., & Flores Mercado, R. (2016). Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba. Bolivia.
- González, A. P. (2017). Líquenes como bioindicadores de la calidad de aire. Universidad Complutense, p.5. doi: https://eprints.ucm.es/id/eprint/55019/1/AN_A%20PARDO%20GONZALEZ.pdf
- Gonzales, C. V. (2014). Bioindicadores: Guardianes de Nuestro Futuro Ambiental. México: Diseño de la Portada e imagen: Hugo Arquimides Carrillo.
- González, I. M. (2018). Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores. Tarapoto Perú: Creative Commons Atribución. doi: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2820/DOCT.%20GEST.%20AMB.%20%20Mario%20Pezo%20Gonz%C3%A1les.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guevara, C. D. (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, 36-50.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Huáman Tupac, M. E. (2016). Diversidad de Líquenes Cortícolas y Calidad de Aire en el distrito de Huancayo. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Irene, I. (2017). Líquenes como bioindicadores de la calidad de aire. Complutense: FacultaddeFarmacia.doi:<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/IRENE%20MARES%20RUEDA.pdf>
- Jaramillo Ciro, M. M., & Botero Botero, L. R. (2010). Comunidades liquénicas como bioindicadores de calidad de aire. Medellín. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169419998008>
- LíneaVerde.(10de04de2012).Obtenidode<http://www.lineaverdemunicipal.com/consejos-ambientales/los-contaminantes-atmosfericos.pdf>
- Livia Astochado, H., & Rojas Segura, R. (2019). Determinación de la calidad del aire en las principales vías de transito vehicular en la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores, Cajamarca, 2019. Cajamarca, Perú. Obtenido dehttp://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/169/Livia_AH_Rojas_SR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Marcia Ximena Ambrosio Mantilla, B. B. (2017). Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello. Obtenido de

<http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/532/Evaluaci%C3%B3n%20de%20l%C3%ADques%20como%20bioindicadores%20de%20contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisiones sistemáticas: definición y nociones básicas. Chile: Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral Vol. 11(3). Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/piro/v11n3/0719-0107-piro-11-03-184.pdf>

Pardo González, A. (2017). Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire. Universidad Complutense. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/55019/1/ANA%20PARDO%20GONZALEZ.pdf>

Quispe, K., Ñique, M., & Chuquilin, E. (2015). Líquenes como Bioindicadores de la Calidad del Aire en la Ciudad de Tingo María, Perú. Tingo María, Perú: Investigación y Amazonía. Obtenido de <http://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/90/74>

Quispe, R. K. (2020). Evaluación de la calidad del aire mediante líquenes como bioindicadores ambientales en la ciudad de Ilo, 2020. Universidad Privada de Tacna, p.30. doi:<http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/1700/1/Palomino-Quispe-Rosalia.pdf>

Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM. (09 de 2015). Boletín de Información Clínica. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2015/un155g.pdf>

Santoni, C., & Lijteroff, R. (2006). Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la provincia de San Luis, Argentina. Argentina. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37022105>

Segura Briones , S. (2013). Caracterización de la contaminación atmosférica en seis parques recreacionales del distrito Metropolitano de Quito mediante el uso de bioindicadores. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/678/1/T-UCE-0012-145.pdf>

Stephania Acevedo Azuero, Y. C. (2018). Liqueenes como Bioindicadores de calidad de aire. . Universidad Autónoma de Occidente., p. Obtenido de <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/10474/4/T08006.pdf>

Universidad Nacional de Educación. (2012). Obtenido de http://www.une.edu.pe/Sesion04-Metodologia_de_la_investigacion.pdf

ANEXOS

Anexo 01: *MATRIZ DE CONSISTENCIA*

PROBLEMA	OBJETIVO	JUSTIFICACIÓN	UNIDAD DE ANÁLISIS	INDICADORES
¿Cuál es la eficiencia de los líquenes como bioindicadores para identificar contaminantes atmosféricos?	<p>GENERAL:</p> <p>Describir la eficiencia de los líquenes como bioindicadores para identificar contaminantes atmosféricos.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>Identificar las características de los líquenes como bioindicadores para contaminantes atmosféricos.</p> <p>Conocer la cantidad de absorción y acumulación de contaminantes atmosféricos.</p>	<p>Frente a la problemática que se presenta actualmente con la contaminación del aire en la mayoría de las ciudades del mundo se debe a los gases emitidos por motores de combustión. Los gases, vapores o partículas sólidas en suspensión perjudican la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas. Por lo que muchos países tienen normas sobre la calidad del aire con respecto a las sustancias peligrosas que éste pueda contener. Esta investigación se realizó porque en la mayoría de los estudios</p>	<p>Características de los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Líquenes epifitos.- Índice de Pureza Atmosférica.- Contaminantes atmosféricos.

muestran una problemática con la presencia de contaminación atmosférica y acción antropogénica, por lo cual la población cercana, animales y la naturaleza se ve perjudicada.

Así mismo se realizó esta investigación para brindar una visión general y como aporte dar a conocer las condiciones generales para que los líquenes epifitos, se aplique de tal forma se pueda enfrentar el problema de una manera económica y eficiente.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 02: Resultados de la búsqueda de los artículos.

