

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE POR MEDIO DE LA  
LÍQUENOBIOTA SAXÍCOLA COMO BIOINDICADOR EN EL AA. HH  
QUEBRADA ALTA, LOMAS DE PARAÍSO, VILLA MARIA DEL TRIUNFO,  
LIMA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

RAMOS MENDOZA, ALDAIR JESUS

**ASESOR**

RUIZ HUAMÁN, CARMEN MILAGROS

**Villa El Salvador**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios, a mi familia por estar a mi lado siempre, por los buenos consejos, por todo el apoyo y el amor que me han brindado, por este tiempo maravilloso de la carrera universitaria.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>ix</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto.....	1
1.2. Delimitación temporal y espacial de trabajo .....	1
1.3. Objetivos .....	3
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases teóricas .....	7
2.3. Definición de términos básicos .....	24
<b>CAPITULO III:.....</b>	<b>26</b>
<b>DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....</b>	<b>26</b>
3.1. Determinación y análisis del problema:.....	26
3.2. Modelo de solución propuesto .....	27
3.2.1. Materiales y objeto de estudio .....	27
3.2.2. Objeto de estudio.....	28
3.2.3. Metodología .....	29
3.2.3.1. Fase de Campo .....	29
3.2.3.2. Fase de Gabinete .....	36
3.3. Resultados:.....	39
3.3.1. Liquenobiota saxícola .....	39
3.3.2. Abundancia y riqueza de líquenes.....	40
3.3.3. Índice de Pureza Ambiental (IPA).....	43
3.3.4. Factores meteorológicos .....	46

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>
Anexo 1. Ubicación de la Fábrica UNACEM y las estaciones de muestreo .....	62
Anexo 2. Ubicación de la Fábrica UNACEM y las estaciones de muestreo .....	63

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación Geográfica de Zona de Estudio .....	2
<b>Figura 2</b>	Delimitación de Zona de Estudio .....	3
<b>Figura 3</b>	Liquen Crustáceo Saxicola (Caloplaca sp.).....	9
<b>Figura 4</b>	Liquen Folioso (Punctelia sp.) .....	10
<b>Figura 5</b>	Liquen Fruticulososo Saxicola (Usnea sp.) .....	11
<b>Figura 6</b>	Mapa de Lomas de la Costa Central .....	18
<b>Figura 7</b>	Delimitación de las Lomas de Paraíso VMT .....	19
<b>Figura 8</b>	Delimitación ACR Sistemas Lomas de Lima - Lomas de VMT .....	21
<b>Figura 9</b>	Escala de Beaufort .....	22
<b>Figura 10</b>	Flujograma de Actividades .....	27
<b>Figura 11</b>	Ubicación de la "Zona Loma1" .....	30
<b>Figura 12</b>	Ubicación de la "Zona Loma2" .....	31
<b>Figura 13</b>	Procedimiento de Elección de Muestras en Rocas .....	33
<b>Figura 14</b>	Recolección de Datos en Campo .....	34
<b>Figura 15</b>	Abundancia y Frecuencia con Gradilla Liquenológica .....	35
<b>Figura 16</b>	Fórmula de Índice de Pureza Atmosférica (IPA) .....	37
<b>Figura 17</b>	Tabla de valores IPA .....	38
<b>Figura 18</b>	Factor de tolerancia (Qi).....	38
<b>Figura 19</b>	Tabla de factor de tolerancia .....	39
<b>Figura 20</b>	Porcentaje de líquenes de acuerdo a su biotopo .....	40
<b>Figura 21</b>	Área ocupada por especie de liquen en la zona de estudio (cm) .....	41
<b>Figura 22</b>	Abundancia relativa de líquenes según especie por zona.....	42
<b>Figura 23</b>	Riqueza de líquenes por zonas de estudio.....	43
<b>Figura 24</b>	Resultado de IPA en zona de estudio .....	45
<b>Figura 25</b>	Distribución del Índice de pureza atmosférica (IPA) para cada estación. 46	
<b>Figura 26</b>	Variación Mensual de Temperatura.....	47
<b>Figura 27</b>	Variación Mensual de Humedad Relativa.....	49
<b>Figura 28</b>	Variación Mensual de Precipitación Total.....	50
<b>Figura 29</b>	Variación de la velocidad del viento .....	51
<b>Figura 30</b>	Rosa de vientos de la zona de estudio.....	52
<b>Figura 31</b>	Distribución de Frecuencia de Clase de viento .....	53
<b>Figura 32</b>	Ubicación in situ de rosa de viento .....	54

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Relación Entre Tipo de Liquen y Contaminación .....	14
<b>Tabla 2</b>	Estándares de Calidad Ambiental para Aire .....	23
<b>Tabla 3</b>	Materiales y Equipos.....	27
<b>Tabla 4</b>	Coordenadas UTM de Zonas Evaluadas .....	29
<b>Tabla 5</b>	Líquenes en AA.HH Quebrada Alta - Lomas de Paraíso .....	40
<b>Tabla 6</b>	Área Ocupada por Especies y Abundancia de Líquenes en el Lugar de Estudio .....	41
<b>Tabla 7</b>	Especies liquénicas en las zonas de estudio .....	42
<b>Tabla 8</b>	Valores del IPA y nivel de contaminación por cada zona.....	43
<b>Tabla 9</b>	Data de Temperatura Ambiental .....	47
<b>Tabla 10</b>	Data de Humedad Relativa .....	48
<b>Tabla 11</b>	Data de Precipitación .....	50
<b>Tabla 12</b>	Data de Velocidad del viento .....	51

## RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la calidad de aire mediante la liquenobiota saxícola como bioindicador presente en el AAHH Quebrada Alta-Lomas de Paraíso, la presente investigación nos muestra la importancia de los líquenes como bioindicadores de calidad del aire, al ser utilizados como medio económico y eficiente determinando la calidad del aire de la “Zona Loma1” y “Zona Loma2”, con el objetivo principal de evaluar la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental (IPA) analizando la liquenobiota saxícola y sus factores bióticos, meteorológicos y condiciones del sustrato que influyen en el crecimiento y dispersión del mismo, haciendo el uso de una grilla liquenológica de 20x50 cm, siendo dividida en 10 cuadros de 10x10 cm. El resultado hallado en el Índice de Pureza Ambiental (IPA) nos indica la presencia de contaminación moderada tanto en la “Zona Loma1” (11.2 de IPA) y la “Zona Loma2” (18.7 de IPA), teniendo zonas de estudio similares características, pero presentando diferente impacto ambiental y realizando 10 puntos de muestreo saxícola por zona, siendo el protocolo de monitoreo de árboles aplicado a rocas, puesto que el lugar presentaba rocas en mayor área. El presente estudio reveló 05 géneros de líquen en donde 03 son biotipo crustáceo y 02 foliosos.

**Palabras clave:** líquenes saxícola, calidad de aire, Índice de Pureza Ambiental, bioindicador

## ABSTRACT

In order to evaluate air quality using lichenobiota saxicola as a bioindicator present in the AAHH Quebrada Alta – Lomas de Paraíso, this research shows us the importance of lichens as bioindicators of air quality to be used as an economic and efficient means determining the air quality of the “Zona Loma1” and “Zona Loma2” with the main objective of assessing air quality using the Environmental Purity Index (IPA) analyzing lichenobiota saxicola and its biotic, meteorological factors and substrate conditions that influence its growth and dispersión, making use of a lichenological grid of 20x50 cm, being divided into 10 frames of 10x10 cm. The result found in the Environmental Purity Index (IPA) indicates the presence of moderate pollution both in the “Zona Loma1” (11.2 of IPA) and the “Zona Loma2” (18.7 of IPA), having similar study areas characteristics, but presenting different environmental impact and carrying out 10 saxicola sampling points per zone, being the tree monitoring protocol applied to rocks, since the place presented rocks in a larger área. The present study revealed 05 genera of lichen where 03 are crustacean biotype and 02 foliose

**Keywords:** saxicultural lichens, air quality, Environmental Purity Index, bioindicator



## INTRODUCCIÓN

Lomas de Paraíso pertenece al ACR Sistema Lomas de Lima según D.S. 011-2019-MINAM. Asimismo, está considerada como ecosistema frágil por SERFOR según R.M. 0401-2013-MINAGRI en los cuáles se realizan actividades de conservación junto a voluntarios y algunas autoridades para poder mantenerla. Sin embargo, la contaminación del aire en esta zona se encuentra presente afectando a la población y al ecosistema debido a la proximidad que tiene con la fábrica de la compañía UNACEM y las actividades antropogénicas del hombre, como quema de basura, criadero porcino, inadecuado manejo de los residuos sólidos, etc. La Organización Mundial de la Salud (OMS) confirma que el 92% de los habitantes del planeta conviven en lugares donde la polución del aire excede los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017)

La calidad de aire puede ser evaluada a través de la liquenobiota saxícola como bioindicadores, siendo estos organismos o comunidades de organismos que pueden responder a la contaminación ambiental a través de alteraciones en su fisiología o a través de su presencia en estos ecosistemas. Los líquenes pueden medir los efectos de la contaminación en los seres vivos, por lo tanto, brindan información sobre los riesgos para otros organismos y ecosistemas. Por consiguiente los bioindicadores son organismos que son usados para identificar y determinar de forma cualitativa los contaminantes ambientales ocasionados por los seres humanos (Gonzales Vargas et al., 2016)

Por esta razón, en esta investigación se evaluó la calidad del aire por medio de la liquenobiota saxicola como bioindicador en el AAHH Quebrada Alta, Lomas de Paraíso ubicada en el distrito de Villa María del Triunfo, utilizando El cálculo de Índice de Pureza Ambiental a través del conteo de líquenes presentes en las zonas de estudio, siendo utilizados como bioindicadores para la contribución de métodos innovadores y económicos,

# CAPITULO I

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1. Contexto

Las Lomas de Paraíso se encuentran ubicadas en el distrito de Villa Maria del Triunfo en Lima Metropolitana. Son ecosistemas de condiciones ecológicas especiales originadas por las neblinas de invierno que se generan por la evaporación de agua de la superficie marina del Océano Pacífico. (PNUD, s.f.). La vegetación en la mencionada loma presenta diversidad de flora, se han registrado 112 especies (Trinidad et al. 2012) presenta dos estaciones marcadas, una seca y otra húmeda en donde se pueden visualizar características particulares de cada estación.

### 1.2. Delimitación temporal y espacial de trabajo

#### 1.2.1. Delimitación temporal

La investigación se ejecutó desde agosto a diciembre del 2021 llevándose a cabo en el AA.HH Quebrada Alta tomando parte del Área de Conservación Regional de Lomas de Villa Maria, ubicada en el sector Jose Carlos Mariátegui, del distrito de Villa Maria del Triunfo, de la provincia y Región de Lima (INGEMMET, 2006).

En diciembre del 2021 se analizó en campo a través del conteo de líquenes usando la grilla loquenológica en 20 puntos de dos zonas establecidas como “Zona Loma1” y “Zona Loma2”

Se recogió información de la estación meteorológica del Campo Marte del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

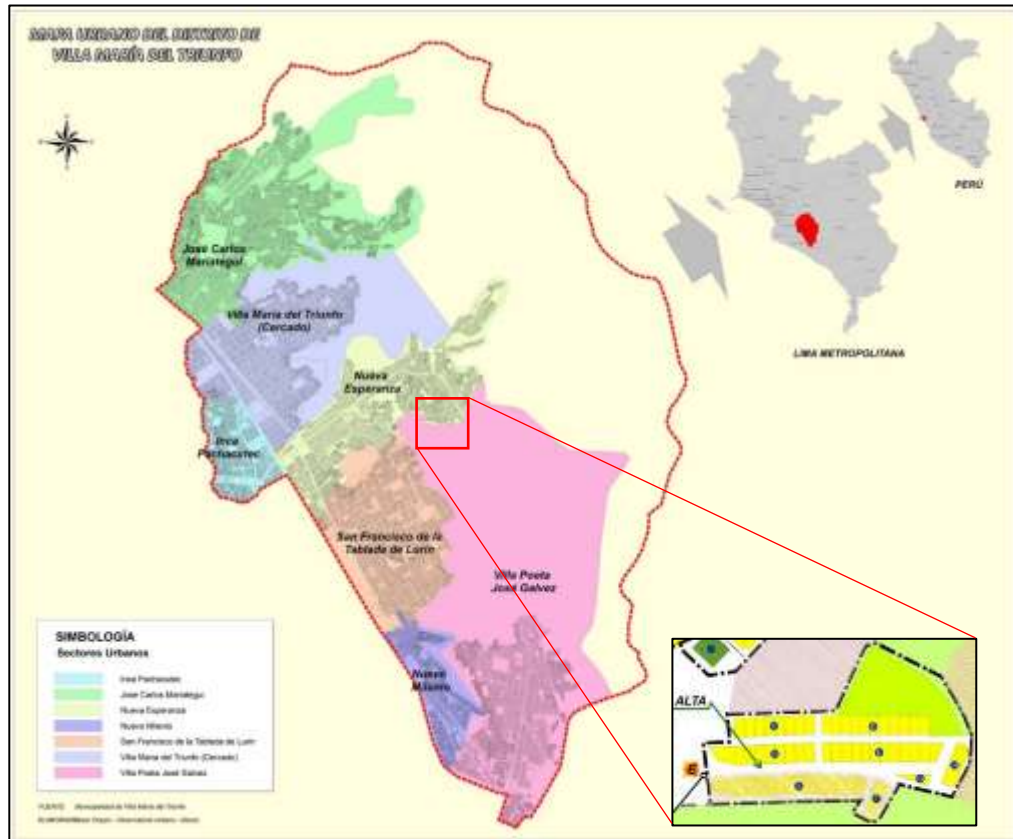
#### 1.2.2. Delimitación espacial

La presente investigación se realizó en el AA.HH. Quebrada Alta (Fig. 1), ubicado al sureste de la ciudad de Lima, en el sector de José Carlos Mariátegui, del distrito de Villa Maria del Triunfo, en la provincia y región de Lima (INGEMMET, 2006) , actualmente parte de la zona pertenece al ACR Lomas de Villa Maria, tiene un área de  $10\,796.79\ m^2$ , una altitud comprendida entre

los 500 y 600 m.s.n.m. y coordenadas geográficas UTM: 8656210 Norte y 290342 Este.

**Figura 1**

*Ubicación Geográfica de Zona de Estudio*



Fuente: DESCO-Observatorio Urbano, 2021

## Figura 2

### Delimitación de Zona de Estudio



Fuente: GeoLomas 2021

### 1.3. Objetivos

#### O1. Objetivo General:

- Evaluar la calidad del aire por medio de la liquenobiota saxícola como bioindicador de la calidad de aire en el AAHH Quebrada Alta, Lomas de Paraíso, Villa Maria del Triunfo, Lima

#### O2. Objetivos Específicos:

- Analizar la liquenobiota saxícola en la zona del AAHH Quebrada Alta, registrando características como número de roca, orientación, pendiente y tamaño.
- Calcular el Índice de Pureza Ambiental para determinar la calidad del aire en el AA. HH Quebrada Alta, Lomas de Paraíso, Villa Maria del Triunfo, Lima
- Analizar los factores bióticos, meteorológicos y condiciones del sustrato que influyen en el crecimiento y dispersión de la liquenobiota saxicola

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### **Estudio de Líquenes como bioindicadores de calidad de aire a nivel Nacional**

Calderon (2019) en su trabajo de investigación concluyó la efectividad del liquen *Rocella gracilis* como bioindicador de la calidad del aire debido a la bioacumulación de minerales con elementos pesados en su estructura. Identificó metales pesados tales como Bario (Ba), Hierro (Fe), Estroncio (Sr), Cobre (Cu), Arsénico (As), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) aplicando el análisis de Microscopia Electrónica de Barrido Ambiental (MEBA) en un segmento del liquen en donde se registraron particulares minerales de barita, calcopirita, celestina, goethita, tennantita, galena y marmatita.

Por otra parte, Ferry (2018), en un estudio realizado en las Lomas de Lachay concluye la identificación de metales pesados registrando los metales tales como Aluminio (Al), Hierro (Fe), Bario (Ba), Titanio (Ti) y Azufre (S) en ppm (partes por millón) presentados en el liquen *Parmotrema andinum* encontrando concentraciones máximas en la zona Teatino2 (zona contaminada) y Habich (zona de alto tránsito vehicular) determinando la efectividad de la Microscopia Electrónica de Barrido Ambiental para el estudio de partículas ubicadas en muestras líquénicas.

Cutipa (2019) en su investigación utilizando los líquenes como bioindicadores para la evaluación de la calidad del aire, llega a las siguientes conclusiones:

- La zona de uso turístico y recreativo del sector Huampal del Parque Nacional Yanachaga Chemillén presenta una calidad de aire regular a muy alta, en la cuál la predominancia se da en la calidad regular.
- Analizando la diversidad líquénica se identificaron 06 especies de las cuales se tomó a *Coenogonium implexum* al encontrarse en mayor frecuencia dentro del área de muestreo, siendo este un líquen filamentoso altamente sensible a la contaminación ambiental, indicando una calidad de aire excelente presente en el área muestreada.
- La presencia de mayor perturbación en el sector 4 basándose en el valor de la diversidad líquénica (LDV) y la clase de diversidad líquénica.

Por otro lado, en el estudio realizado por Valdivia & Ramírez (2018) llegan a las siguientes conclusiones:

- Se identificaron 42 especies de líquenes, de las cuales 11 se encontraron en la zona contaminada (Zona Pasivo), 07 en la zona no contaminada (zona control) y 24 ubicadas en ambos lugares. Se entiende la existencia de similitud en ambos lugares de investigación antes de la influencia del impacto originado por el pasivo ambiental debido el número de especies líquénicas halladas.
- En relación a los valores del Índice de Pureza Ambiental (IPA) en donde se aprecia abundancia en riqueza de especie con un alto porcentaje de cobertura y frecuencia fue determinada por la estación con el IPA más elevado, evidenciando a la zona de control con los valores IPA más altos en comparación a la zona pasivo.
- Respecto al Análisis de metales pesados por medio de la Microscopia Electrónica de Barrido Ambiental (MEBA) se llevó a cabo en la especie *Usnea diuretzii* que pertenece a la familia Parmeliaceae en donde se evidenció la presencia de Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Plomo (Pb), hallándose relación en la actividad realizada en la zona pasivo minero Santo Toribio.
- La eficiencia de los líquenes como bioindicadores pasivos ambientales mineros, por consiguiente, utilizarlo como técnica en programas de monitoreos ambientales aplicado a líquenes.

## Estudio de Líquenes como bioindicadores de calidad de aire a nivel Internacional

Figueredo (2020), en su estudio realizado en la ciudad de Bogotá, encontró como resultado al líquen *Flavopunctelia flaventior* presente en las tres estaciones de monitoreo, siendo calificada como una especie tolerante a la contaminación atmosférica resistente a los contaminantes. Asimismo, observó la variación de la diversidad en las estaciones de muestreo, evidenciando el impacto positivo de las zonas verdes y demostrando la afectación de los contaminantes atmosféricos en los líquenes.

Trabajos que fueron realizado por Villarraga & Sánchez (2019) en donde evaluaron la calidad de aire en zonas de alto tráfico vehicular y zonas verdes del municipio Melgar-Tolima, Colombia, mediante índices en base a comunidades de líquenes llega a las siguientes conclusiones:

- Se registraron 26 especies en toda la zona de muestreo, las cuales *Cryptothecia striata*, *Graphis sp.1* y *Graphis sp.2* demostraron ser bioindicadores de buena calidad atmosférica debido a que se encontraron únicamente en zonas verdes, mientras que *Pyxine pyxinooides* y *Candelaria concolor* mostraron baja calidad atmosférica.
- El Índice de Pureza Ambiental (IPA) evidencia una disparidad en la calidad atmosférica en la zona verde y la zona vehicular encontrando distintos promedios estadísticos, indicando un IPA superior la zona verde.
- Se evidencia una diversidad de líquenes más numerosa en las zonas verdes a comparación de las zonas de tráfico vehicular. Por ende, los valores del Índice de Diversidad Liquénica (LDV) son superior en zonas verdes, demostrando de esa forma el mayor impacto a los líquenes en lugares donde se presenten contaminantes atmosféricos.

La determinación de concentraciones de Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) presentes en tres talos de especies liquénicas

estudiadas por (Pereira et al., 2018) recolectados en tres sectores de la ciudad de Talca, Chile. En donde la técnica aplicada para la determinación de metales presentes en el líquen fue por medio de la espectroscopia de absorción atómica con llama. Asimismo, concluyen un listado de especies de líquenes mencionadas a continuación de forma descendente: *P.orbicularis* seguidas por *F. flaventior* y *R. ecklonii* en base a los metales pesados que acumularon. Finalmente, concluyen mencionando la potencial ventaja que tienen las especies foliosas para su utilización como bioindicadores a largo plazo ante la especie fruticosa.

## **2.2. Bases teóricas**

### **Liquen**

Existen diferentes conceptos sobre líquen tales como:

Villamar (2018) afirma lo siguiente: “Una definición de un líquen satisfactoria para la mayoría de los líquenólogos, pues fue aprobada por la Asociación Internacional de Líquenología en 1982, es la siguiente: “Un líquen es una asociación de un hongo y un simbionte fotosintético, de la que resulta un talo estable de estructura específica” (Barreno, 1998; International Lichenological Newsletter, 1982; Barreno & Perez, 2003; Casares, 2006)”.

Asimismo Torres (2019) afirma de manera similar: “Lijteroff, Lima & Prieri (2009) afirman que “los líquenes son asociaciones simbióticas entre un alga (fotobionte) y un hongo (micobionte) de cuya interacción se origina un talo estable, con estructura y fisiología específicas”.

De la misma forma Mares (2017) citado por Pari (2020) afirma lo siguiente: “Los líquenes son organismos que no necesitan grandes cantidades de nutrientes o agua, y son particularmente resistentes a los extremos hídricos y térmicos. Ecológicamente son importantes colonizadores de zonas áridas y se adaptan a cualquier tipo de superficie, sea esta corteza de árboles, suelo, rocas, o construcciones humanas. Son



organismos fisiológicamente fotosintéticos y autótrofos, por lo que dependen de la luz para su funcionamiento”

### **Caracterización del líquen**

Según Reyes (2020) “Constituyen una asociación entre un hongo o micobionte y un simbionte fotosintético o fotobionte, de cuya interacción se origina un talo estable, con estructura y fisiología específicas.

Por otro lado, Barreno (1998), citado por Marino (2016) menciona que “En ésta asociación los hongos, denominados micobiontes, son los encargados de conformar generalmente la estructura talina o cuerpo vegetativo del líquen, y las algas o fotobiontes, los constituyentes fotosintetizadores Barreno (1998).

Los hongos y algas verdes o cianobacterias desarrollan una asociación simbiótica mutualista beneficiándose mutuamente. “ El hongo denominado micobionte, es heterótrofo por lo que necesita tomar compuestos orgánicos elaborados para nutrirse” (Cubas et al., 2010). Del mismo modo, “El alga(ficobionte) es capaz de hacer fotosíntesis y produce hidratos de carbono a partir de  $CO_2$  y agua”. (Cubas et al., 2010). Por ello “Las algas presentes en los talos líquénicos reciben diferentes denominaciones como: algas simbióticas, algas líquénicas, componente algal, fotobionte o ficobionte” (Bungartz et al., 2013)

### **Tipos de líquenes**

Con respecto al su aspecto externo de los líquenes se clasifican en tres grupos bien definidos (Barreno, 1997 citado por Bungartz et al., 2013).

- **Crustáceos:** Siempre en estrecho contacto con el sustrato del cual no se pueden separar sin ser destruidos. Carecen de córtex inferior o de órganos de sujeción, se sujetan al sustrato por medio de la médula o de un hipotalo.

### Figura 3

*Liquen Crustáceo Saxicola (Caloplaca sp.)*



Fuente: Fotografía de Ángel Ramirez. (Lomas de Paraíso-VMT, 2021)

- Foliosos: Generalmente laminares, tendidos sobre el sustrato, estratificado, con organización dorsoventral y cara inferior diferenciada. Sus lóbulos son separables del sustrato al cual pueden estar muy o laxamente adheridos, pero siempre constan de algún órgano de sujeción como rizinas.

#### Figura 4

*Liquen Folioso (Punctelia sp.)*



Fuente: Fotografía de Antony Calderón (Reserva Nacional de Lachay, 2019)

- Fruticulosos: Sobresalen siempre, al sustrato que sujetan a veces por una mínima superficie, discos basales o hapterios. Por lo general son distintamente ramificados, con aspectos de pequeños arbustivos o bien con lóbulos que se estrechan profundamente. En ocasiones son cortos y casi simples. Pueden ser erectos, colgantes, ascendentes.

## Figura 5

*Liquen Fructiculoso Saxicola (Usnea sp.)*



Fuente: Fotografía de Jorge Arenas (Lomas de Tacahuay, 2017)

## Habitad

Los líquenes pueden colonizar los sustratos más diversos, aproximadamente el 8% del total de la superficie terrestre está ocupada por líquenes como vegetación dominante. Presentan una gran resistencia a factores ambientales adversos o extremos, como frío, calor o desecación. (Vásquez, 2015)

En relación al tipo de sustrato en el que crecen se clasifican según Ferry (2018) en los siguientes:

- Cortícola: si crecen sobre la corteza de los árboles.
- Saxícolas: si crecen sobre rocas. Considerando aquí las especies endolíticas y epilíticas
- Terrícolas: Encontrados directamente sobre la tierra.
- Muscícolas: encontrados sobre musgos.

- Humícolas: hallados sobre hojas muertas.
- Liqueícolas: hallados sobre otros líquenes, en este caso se denominan parasimbiontes.
- Foliícolas: encontrados sobre hojas vivas; también pueden ser encontrados sobre animales (insectos, crustáceos, perezosos, ranas, tortugas, etc), que en su mayoría los utilizan para mimetizarse.

### **Factores ecológicos influyentes en el líquen**

Desde el punto de vista de Umaña y Sipaman (2002) citado por Pari (2020), los factores principales que determinan el desarrollo de los líquenes son:

- El agua: Los líquenes dependen de la lluvia y el rocío para la obtención de agua al no presentar órganos especiales para absorber o mantener conservada el agua del sustrato donde viven.
- La temperatura: Existe una diferencia entre las especies presentadas en Habilidad las altas montañas a comparación de las encontradas en los desiertos cálidos, presentan rangos de tolerancia distintos. Para su óptimo crecimiento, los líquenes requieren temperaturas que varían entre 288 y 298 K (15 y 25 °C.) Por ello los líquenes poseen mayor resistencia en estado seco, en el momento que su proceso. de crecimiento se detiene
- La luz: La mayor parte de la liquenobiota elige un hábitat con abundante luz.
- El sustrato: Los líquenes logran desarrollarse en una extensa variedad de sustratos o superficies tales como: rocas, madera, tierra, hojas y cortezas. Existen especies que pueden crecer precisamente en superficies particulares. Los que permanecen en bosques húmedos normalmente se encuentran sobre corteza, llamados cortícolas. Los que son encontrados en zonas frías o desiertos usualmente están sobre el

suelo, llamados terrícolas o rocas, llamados saxícolas y finalmente los que se desarrollan sobre hojas son llamados folícolas, sólo se visualizan en climas semejantes a los de los bosques tropicales húmedos y en bosques templados con alta precipitación.

### **Líquenes como bioindicadores de calidad atmosférica**

Tal como lo afirma Cutipa (2019) “Los líquenes son buenos bioindicadores de la contaminación atmosférica debido a su sensibilidad, producto de que no posee cutícula, lo cual permite que absorba los nutrientes y contaminantes del aire”

Los líquenes están siendo aplicados como bioindicadores de la calidad del aire debido a diversas razones, tal como lo menciona (Hawksworth et al., 2005) en su investigación, las razones son:

- Se encuentran presentes en varios lugares a la vez y actualmente se encuentran incrementándose en muchos centros urbanos, particularmente en países desarrollados, debió a la reducción en la concentración de  $SO_2$  atmosférica de la ciudad.
- No presentan cutícula protectora, absorbiendo nutrientes y contaminantes por medio de la mayor parte de su superficie.
- Su naturaleza simbiótica, dado que, perecen conjuntamente si alguno de los simbioses es afectado.
- Son relativamente longevos, permaneciendo exhibidos al efecto de contaminación, en consecuencia, que proporcionan una imagen de estados crónicos y no de variaciones puntuales del medio ambiente.
- Son organismos perdurables pudiendo ser muestreados a lo largo de todo el año.

Como señala Méndez & Fournier (1980), citado por Villamar (2018) “Cuando los niveles de contaminación atmosférica son bajos, los

líquenes se desarrollan con abundancia media y alta sobre troncos de árboles, suelo y/o rocas, mientras que si la misma es alta sus densidades poblacionales tienden a disminuir o desaparecer por completo” (Méndez & Fournier , 1980, citado por Villamar 2018).

**Tabla 1**

*Relación Entre Tipo de Liquen y Contaminación*

<i>Tipos de líquenes en troncos y rocas</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>Cantidad de SO<sub>2</sub> (mg/m<sup>3</sup>)</i>
Ausencia de Líquenes	Extremadamente contaminado	>170
Sin Líquenes, pero con "verdín" ( <i>Alga Pleurococcus</i> )	Muy contaminado	150-170
Crustáceo	Bastante contaminado	125
Foliáceo	Poco contaminado	30-70
Presencia de Líquenes	Muy poco contaminado	<30
Fruticoso	Muy poco contaminado	<30
Filamentoso	Sin contaminación	0

*Fuente: (Terron, 1998)*

### **Liquen Caloplaca s.p**

Citando a Ledesma & Ramírez (2021) en su trabajo *Lomas de Paraíso (Lima-Perú): Gestión y conservación villamariana* mencionan lo siguiente “En las lomas de Villa María existen varios líquenes de colores, entre amarillos, anaranjados y verdes; el liquen más fácil de reconocer es Caloplaca sp. de la familia Teloschistaceae”

Ramírez & Cano (2005) describen a *Caloplaca sp.* como “Liquen crustáceo areolado en el centro y hacia los márgenes ramificándose largamente y formando lóbulos; anaranjado rojizo; saxícola. Apotecio ausente. Talo con córtex superior, heterómero con clorobionte *Trebouxia sp.* Talo K+ (púrpura). Hábitat: Ladera rocosa con matorral”

- Dominio: Eukaryota
  - Reino: Fungi
    - Phylum: Ascomycota
      - Clase: Lecanoromycetes
        - Orden: Teloschistales
          - Familia: Teloschistaceae
            - Género: *Caloplaca*
              - Especie: *Caloplaca sp.*

### **Contaminación del aire**

Según (Aránguez et al., 1999) citado en (Reyes, 2020) declara que: “Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. Siempre ha existido contaminación atmosférica de origen natural, por erupciones volcánicas, incendios, tormentas de arena, descomposición de la materia orgánica o polen, pero es a partir del descubrimiento del fuego por el hombre cuando aparece la contaminación atmosférica antropogénica o contaminación atmosférica en sentido estricto, la cual ha cobrado importancia, sobre todo, a partir de la revolución industrial y el uso masivo de combustibles fósiles como fuente de energía.”

De acuerdo con (Cockerman & Shane, 1994; Brown et al., 2004 y Capó Marti, 2007) citado por Segura (2013) lo define como la presencia



de sustancias ya sea de forma sólida, líquida o gaseosa en el ambiente, siendo producidos de forma natural o antropogénica, que alteran su naturaleza, que en determinadas cantidades y duración son potencialmente dañinos para los seres humanos dando como consecuencia daños a la salud de la población

### **Indice de Pureza Ambiental (IPA)**

Según (LeBlanc & Sloover, 1970), Una de las principales metodologías utilizadas para el cálculo de la calidad del aire a través de la liquenobiota como bioindicadores. Relacionando de esa forma diversidad, frecuencia y cobertura de líquenes.

De acuerdo con (Fernández Salegui & Terrón Alfonso, 2003), en trabajos de biomonitorización esta técnica es una de las más empleadas, basándose en el nivel de variación en la contaminación atmosférica que influye con las comunidades liquénicas. En conocimiento del número de especies halladas y la frecuencia de cada una de ellas en las zonas de estudio, se calcula el IPA. (Lijteroff et al., 2009). Mencionan que el presente índice contribuye un aumento de sensibilidad en áreas donde el clima presente contaminación y es más dificultoso, en donde el número taxonómico es bajo. Se calcula de la misma forma que el IPA, la diferencia está en la adición de una división entre factor de riqueza local y total en la fórmula.

El Índice de Pureza Ambiental presenta índice biológico que atribuye la presencia, abundancia, cobertura y distribución de las especies liquénicas en una determinada zona de estudio, donde es posible las modificaciones y alteraciones en la estructura del líquen a causa de la contaminación (Fernández Salegui & Arsenio, 2003). Al tener una pérdida de individuos selectiva, significa la evidencia de alteración de la estructura liquénica en la comunidad de epífitos (LeBlanc & Sloover, 1970). Suma de frecuencias de especies en su totalidad ubicada en cara árbol, representando un sitio de muestro, promediando los valores muestreados.

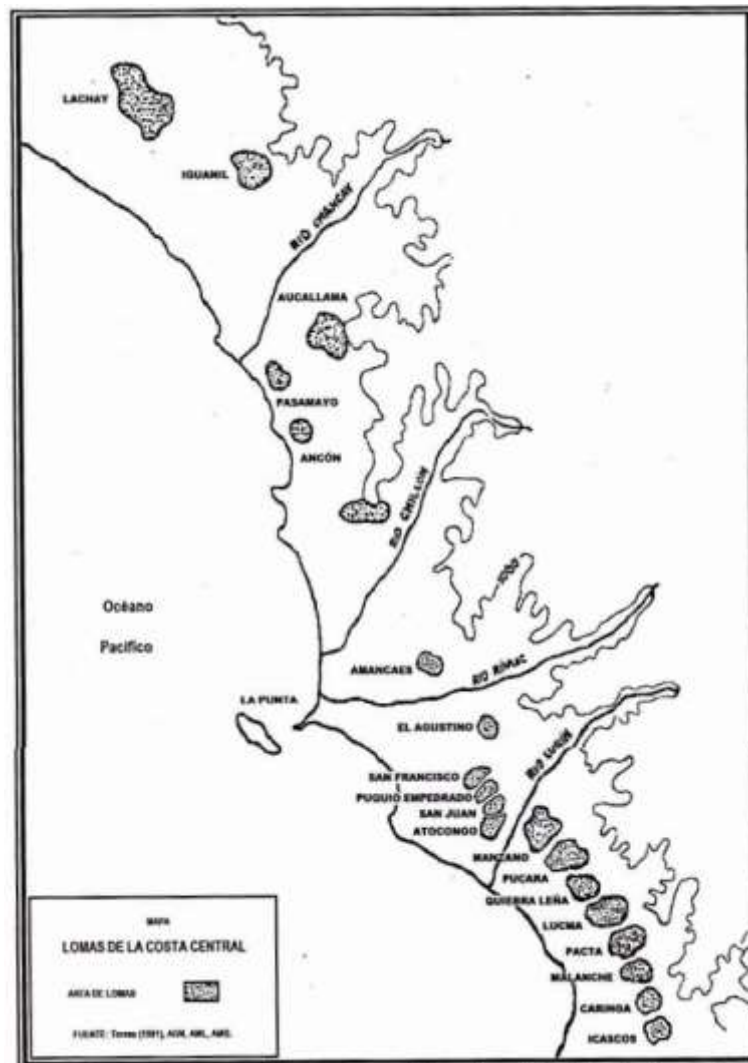
En un determinado lugar con altos niveles de contaminación atmosférica se puede visualizar escasas especies de líquenes, de la misma forma que puede ser tolerada por individuos persistentes tolerantes a la afectación (LeBlanc & Sloover, 1970). El índice anteriormente mencionado evidencia escasez o riqueza de la liquenobiota epífita una vez ya estudiada la zona, de forma comparativa solo si los territorios presentan características climatológicas y de ecología similares. (Canseco et al., 2006)

## **Lomas**

En la extensión de la costa peruana y chilena se encuentran ecosistemas estacionales característicos, tales como las lomas costera (Chipana, 2013)

**Figura 6**

*Mapa de Lomas de la Costa Central*



Fuente: Torres (1981); citado por Chipana (2013)

### **Ecosistema Lomas de Villa María**

Las Lomas de Villa María se ubican en el distrito de Villa María del Triunfo, provincial y departamento de Lima, cubriendo una extensión de 691.48 hectáreas, según el Ministerio de Agricultura y Riego

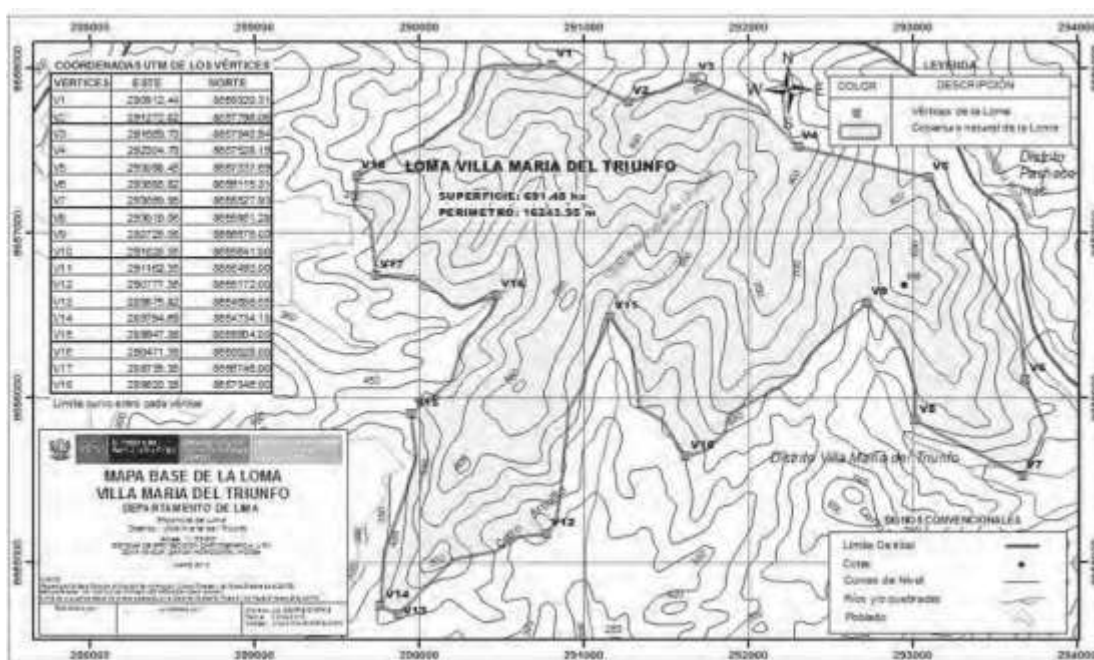
(MINAGRI), a través de la Resolución Ministerial N° 0401-2013-MINAGRI.

En base a la anterior resolución mencionada esta resolución, la demarcación de la limitación de las Lomas de Villa María fue llevada a cabo por MINAGRI, a partir de la interpretación visual en cobertura vegetal del ecosistema, a través de imágenes del satélite LANDSAT TM. Estas imágenes fueron ortorectificadas, georeferenciadas y descargadas a través del servidor GLOVIS, cuyo sistema es operado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Asimismo, se modificaron los límites obtenidos, por medio de observaciones de campo llevadas a cabo en el año 2012 (García, 2017)

La mencionada delimitación se visualiza en la siguiente figura:

**Figura 7**

*Delimitación de las Lomas de Paraíso VMT*



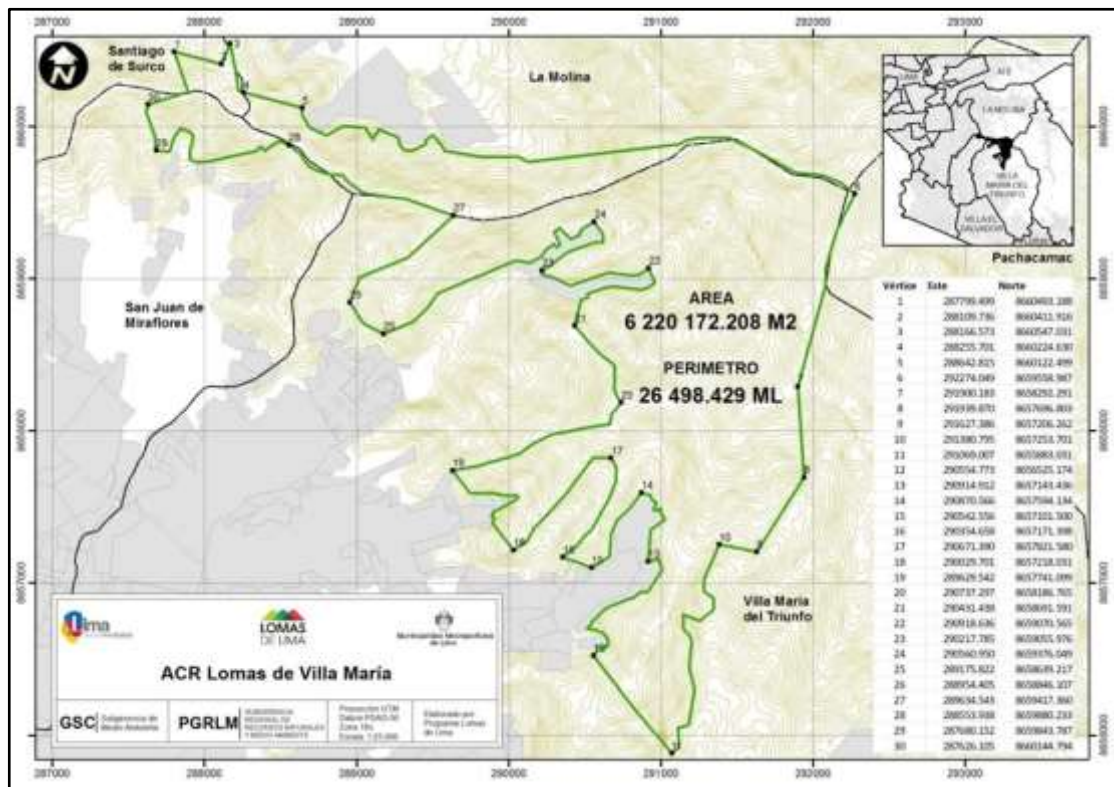
Fuente: R.M. N° 0401-2013-MINAGRI, 2021

Lomas de Paraíso se encuentra incluida en el ARC Sistemas Lomas de Lima creada con D.S. N° 011-2019-MINAM, El área de conservación unirá cinco lomas de Lima: Ancón, Carabaylo 1 y 2, Lomas de Amancaes y Lomas de Villa María, que abarcan los distritos de Ancón, Carabaylo, Rímac, Independencia, San Juan de Lurigancho, La Molina y Villa María del Triunfo. Su extensión equivale a 143 veces el Parque de las Leyendas y será administrada por la Municipalidad Metropolitana de Lima. (SPDA, 2019)

“La creación de esta ACR garantiza la conservación de territorios únicos alojados en los cerros de 10 distritos de Lima que cuentan con una amplia biodiversidad y que son importantes para mantener el equilibrio de los servicios ambientales en la capital como el clima, el agua y la erosión del suelo. Además busca detener el avance desordenado e informal de la ocupación urbana y el tráfico de terrenos, que ponen en riesgo estos espacios” (MINAM, 2019)

**Figura 8**

*Delimitación ACR Sistemas Lomas de Lima - Lomas de VMT*



Fuente: MUNLIMA, 2021

### Escala de Beaufort

Medida empírica para la medición en intensidad de viento, se basa primordialmente en el estado del mar y sus olas (Luque, 2018)

**Figura 9**

*Escala de Beaufort*

GRADO	DENOMINACIÓN	m/s
0	Calma	0 – 0.2
1	Ventolina	0.3 – 1.5
2	Brisa Muy Débil	1.6 – 3.3
3	Brisa Débil, Flojo	3.4 – 5.4
4	Brisa Moderada, Bonacible	5.5 – 7.9
5	Brisa Fresca, Fresquito	8.0 – 10.7
6	Brisa Fuerte, Moderado	10.8 – 13.8
7	Viento Fuerte, Frescachón	13.9 – 17.1
8	Temporal	17.2 – 20.7
9	Temporal Fuerte	20.8 – 24.4
10	Temporal Duro	24.5 – 28.4
11	Temporal Muy Duro	28.5 – 32.6
12	Temporal Huracanado	> 64

Fuente: SENAMHI

### **Marco Normativo**

**a) Numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú**

Establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

**b) Numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley General del Ambiente – Ley N° 28611**

Establece que ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas y es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

**c) D.S. N° 003-2017-MINAM- Estándares de Calidad Ambiental para Aire**

**d) D.S. N° 009-2003-SA Aprueban el Reglamento de los Niveles de Alerta Nacionales para Contaminantes del aire**

**Tabla 2***Estándares de Calidad Ambiental para Aire*

<b>PARÁMETROS</b>	<b>PEDIDOS</b>	<b>VALOR [ug/m3]</b>
Benceno ( $C_6H_6$ )	Anual	2
Dióxido de Azufre ( $SO_2$ )	24 horas	250
Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ )	1 hora	200
	Anual	100
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM2.5)	24 horas	50
	Anual	25
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM10)	24 horas	100
	Anual	50
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2
	1 hora	30000
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	10000
	8 horas	10000
Ozono (O3)	8 horas	100
Plomo (Pb) en PM10	Mensual	1,5
	Anual	0,5
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	24 horas	'150

*Fuente: MINAM, 2017*



### 2.3. Definición de términos básicos

**Bioindicador:** Teniendo en cuenta a (Gonzales et al., 2016), nos menciona que los bioindicadores son los organismos o comunidades de las mismas; que por medio de las variaciones en su fisiología o por intermedio de su capacidad para la acumulación de contaminantes responden a la contaminación en el ambiente.

Por ende, para el reconocimiento y determinación cualitativa de los contaminantes en el ambiente originado por los seres humanos, los bioindicadores son organismos con posibilidad a ser usados.

**Contaminante:** De acuerdo con (OEFA, 2015) lo determina como dicha sustancia química que no corresponde a la naturaleza del entorno en el que se ubica o cual concentración supera los niveles permisibles, siendo propenso de provocar efectos nocivos en la salud de las personas y/o ambiente.

**Contaminación atmosférica:** Formas de energía o materias presentes en el aire que conlleven riesgos, deterioro o molestias graves al ser humano y a la naturaleza. (Aránguez et al., 1999)

**Liquen:** Los líquenes se definen como la asociación simbiótica de un hongo y un organismo fotosintético (alga clorofícea y/o cianofícea). De aquella asociación, el alga suministra sustancias orgánicas elaboradas en la fotosíntesis al hongo, en tanto que el hongo brinda protección y contribución de agua al alga. (Fernández & Terrón, 2003)

Los líquenes son organismos formados por la unión simbiótica de un hongo y un organismo fotosintético (alga clorofícea y/o cianofícea). De dicha unión, ambos obtienen beneficios, pues el alga proporciona sustancias orgánicas producidas en la fotosíntesis al hongo, mientras que el hongo ofrece protección y aporte de agua al alga. (Fernández & Arsenio, 2003)

**Liquenobiota:** Grupo de especies liquénicas que ocupan una zona definida. (Calderon Chipayo, 2019)

**Saxícola:** Individuos se desarrollan en superficies rocosas. (Ferry, 2018)

**Contaminación atmosférica:** Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o

molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza (Aránguez, y otros. (Aránguez et al., 1999)

**Saxícola:** Individuo que crece sobre rocas (Ferry, 2018)

**IPA:** Índice de Pureza Ambiental, metodología utilizada para el cálculo de la calidad del aire mediante el uso de líquenes como bioindicadores. Relacionando diversidad, frecuencia y cobertura de liquenobiota (LeBlanc & Sloover, 1970)

## **CAPITULO III:**

### **DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL**

#### **3.1. Determinación y análisis del problema:**

La severa afectación de la calidad del aire involucra problemas de morbilidad y mortalidad de la humanidad, de acuerdo con un reporte de la Organización Mundial de la Salud “los niveles elevados de partículas finas en el aire típicamente emitidas por vehículos, industria y en la generación de energía” (Green & Sánchez, 2016)

Debido a la constante contaminación en Lima debido a la industria, crecimiento poblacional, manejo inadecuado de residuos sólidos y parque automotor, siendo categorizada la séptima ciudad con más polución de aire en Latinoamérica (OMS, 2017).

Por otro lado, el AA. HH Quebrada Alta presenta contaminación atmosférica, debido a la actividad antropogénica como quema de basura, criadero de porcinos, inadecuado manejo de residuos sólidos y su convivencia cercana a una zona industrial.

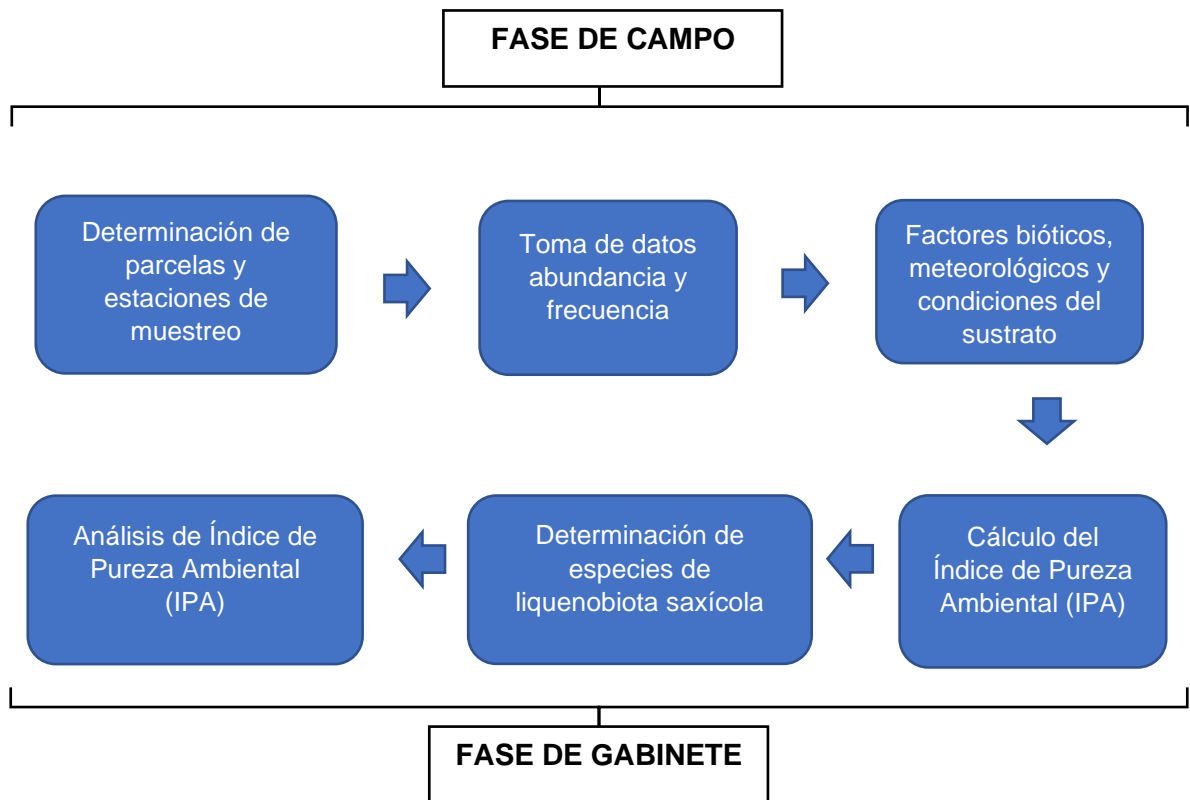
Por ende, es menester evaluar continuamente la calidad del aire con la finalidad de informar anticipadamente y decidir medidas de mitigación hacia los efectos de la contaminación. Al respecto, la determinación de la calidad del aire a través de la liquenobiota saxícola actuando como bioindicadores es una opción económica y eficiente aplicada al AAHH Quebrada Alta las Lomas de Paraíso ubicado en la provincia de Lima, distrito de Villa María del Triunfo siendo la razón principal de evaluación la exposición a fuentes contaminantes de la fábrica UNACEM y la contaminación generada por la población. Asimismo, el presente trabajo contribuirá con la investigación de la liquenobiota saxícola de las lomas de Paraíso ya que la información es escasa en la zona.

### 3.2. Modelo de solución propuesto

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en relación a las actividades:

**Figura 10**

*Flujograma de Actividades*



Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.1. Materiales y objeto de estudio

**Tabla 3**

*Materiales y Equipos*

	Cantidad	Descripción
<b>Materiales de gabinete</b>		

1. Laptop	1u	ASUS ® X507UF
2. Papel Bond	100u	-
3. Programa	1u	Google Earth Pro, WRPLOT, ArcGIS, Microsoft, Adobe Photoshop CS6
4. Materiales de escritorio	1u	Lapiceros, plumón, sobres de papel, lápiz
<b>Materiales de campo</b>		
5. Cinta métrica	1u	Plegable y extensible
6. Formato de campo	varias unidades	Elaboración propia
7. Cúter	1u	Material de metal
8. Clinómetro	1u	Elaboración propia
9. Brújula	1u	Para orientación en puntos cardinales
10. Lupa	1u	Lupa 60X
11. Grilla liquenológica	1u	20x50cm
<b>Equipos</b>		
12. Cámara fotográfica	1u	NIKON D5300, lente 18- 140mm

### 3.2.2. Objeto de estudio

#### ***Líquenes saxícolas de estudio***

Los principales líquenes saxícolas se determinaron de acuerdo con bibliografía de géneros y especies, los cuales *Buelia sp.*, *Lecanora sp.*, *Lepropaca sp.* La determinación de los líquenes se realizó en consulta con el trabajo de (Ramírez, 2019): “Clave para la determinación de los líquenes de géneros y familias de líquenes del Perú versión 2018-2019” . En las lomas de Villa María existen varios líquenes de colores, entre amarillos, anaranjados y verdes; el liquen más fácil de reconocer es *Caloplaca sp.* de la familia Teloschistaceae (Ledesma & Ramírez, 2021).

### 3.2.3. Metodología

#### 3.2.3.1. Fase de Campo

##### a. Determinación de las parcelas de muestreo

En el desarrollo de la investigación se determinaron dos zonas de estudios para su constante medición, la “Zona Loma 1” (Fig. 9) ubicado en el área del AA.HH. Quebrada Alta – Lomas de Paraíso y “Zona Loma 2” (Fig. 10) que se eligió por estar preservado al no presentarse la presencia del ser humano.

Asimismo, se evaluaron características climáticas y geomorfológicas similares en ambas zonas, procurando que el único factor variable se encuentre en la contaminación originada por el ser humano. (Valdivia & Ramírez, 2018)

**Tabla 4**

*Coordenadas UTM de Zonas Evaluadas*

ZONA	PUNTO	NOMBRE	X	Y	ALTITUD
ZONA LOMA 1	1	ROCA1Z1	290219	8656259	490
	2	ROCA2Z1	290436	8656234	530
	3	ROCA3Z1	290442	8656239	526
	4	ROCA4Z1	290443	8656246	527
	5	ROCA5Z1	290448	8656253	525
	6	ROCA6Z1	290436	8656257	526
	7	ROCA7Z1	290438	8656243	521
	8	ROCA8Z1	290418	8656238	511
	9	ROCA9Z1	290418	8656238	511
	10	ROCA10Z1	290209	8656269	470
ZONA LOMA 2	11	ROCA1Z2	290405	8656152	550
	12	ROCA2Z2	290415	8656150	554

13	ROCA3Z2	290454	8656151	580
14	ROCA4Z2	290376	8656073	600
15	ROCA5Z2	290379	8656045	600
16	ROCA6Z2	290381	8656048	601
17	ROCA7Z2	290462	8656012	632
18	ROCA8Z2	290394	8655982	631
19	ROCA9Z2	290593	8656057	671
20	ROCA10Z2	290672	8656100	662

**Descripción de la “Zona Loma 1”.** Ubicada en las siguientes coordenadas geográficas UTM - 12° 8'54.83"S y longitud: 76°55'28.38"O, asimismo, una elevación de 493.2 m.s.n.m Presenta impactos ambientales debido a las actividades del ser humano habitantes del AA.HH. Quebrada Alta – Lomas de Paraíso.

### Figura 11

*Ubicación de la "Zona Loma1"*

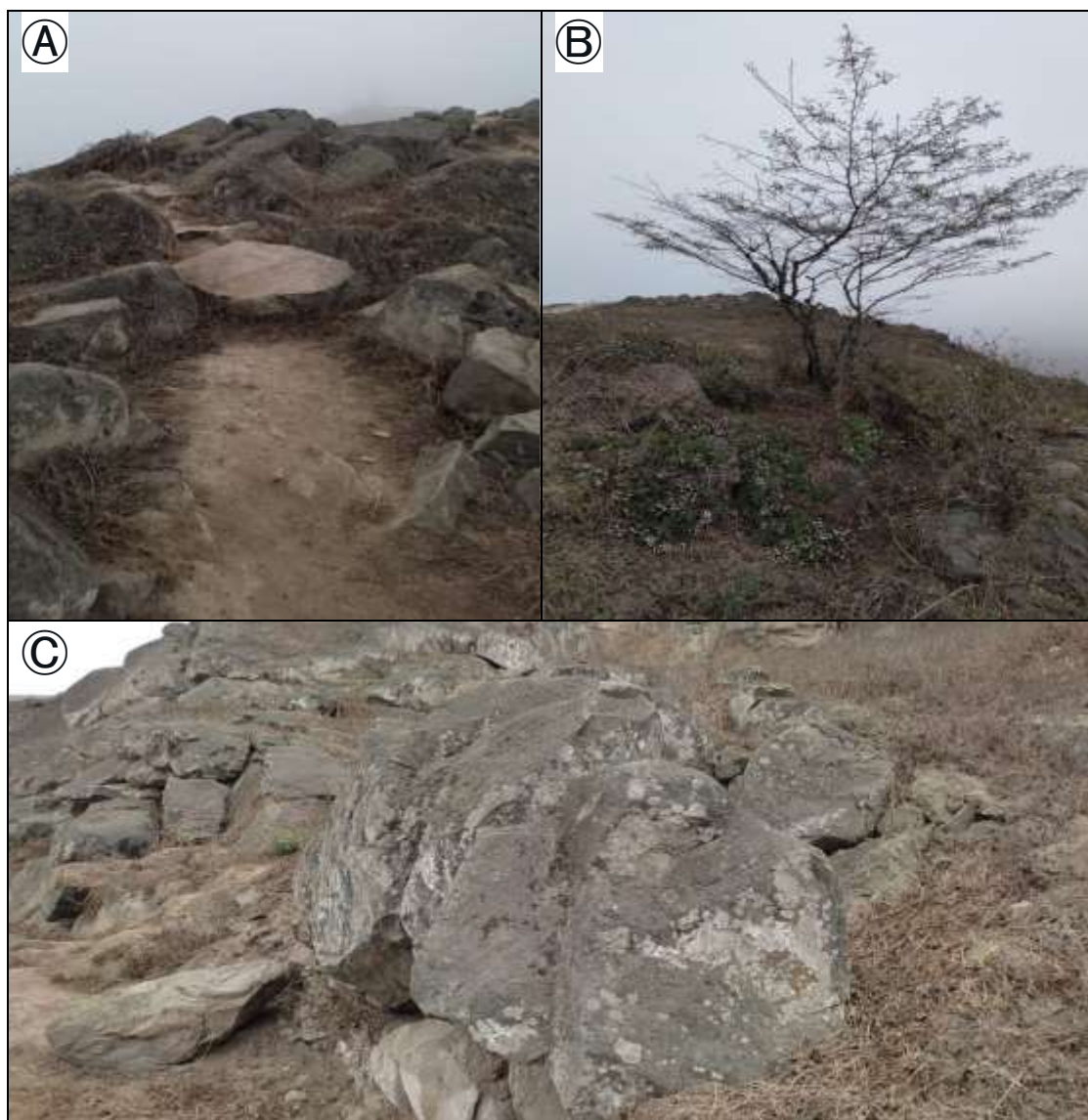


*Nota.* Presencia de ineficiente manejo de residuos sólidos por parte de pobladores del AA. HH Quebrada Alta. Fotografía de Aldair Ramos, 2021

**Descripción de la “Zona Loma 2”.** Ubicada en las siguientes coordenadas geográficas UTM 12° 8'54.83"S y longitud: 76°55'28.38"O, asimismo, una elevación de 625,3 m.s.n.m. No Presenta impactos ambientales debido al estar aislada de las actividades del ser humano, estableciéndose como punto blanco.

**Figura 12**

*Ubicación de la "Zona Loma2"*



*Nota.* Lugar de estudio sin presencia de contaminantes o alteraciones. Fotografía de

Aldair Ramos, 2021



## **b. Determinación de estaciones de muestreo.**

En el mes de octubre del 2021 se visitó el área de estudio para determinar los probables puntos de muestreo de líquenes en el AA.HH. Quebrada Alta – Lomas de Paraíso. Tanto en la “Zona Loma 1” y “Zona Loma 2” se tomaron 10 puntos a proporción, obteniendo 20 puntos en totalidad, tomando como referencia a (Ferry, 2018). Cada punto evaluado presentó una dimensión de 100m aproximadamente, siendo el área total del estudio 2500m<sup>2</sup>.

En la selección de las unidades de muestreo, se realizó en base al método recomendado por la guía de la comunidad europea (Asta et al., 2002), en la cual se implementan divisiones sugeridas en las estaciones de muestreo. En la presente investigación las dos estaciones a muestrear se fraccionaron en cuatro sectores. Asimismo, se evaluaron rocas con características semejantes en cada unidad muestreada escogiendo a las más cercanas al punto central, independientemente de los cuadrantes (Fig. 11).

Con el propósito de presentar características semejantes en la elección de las rocas muestreadas y para la estandarización del procedimiento, se toman en consideración las siguientes características:

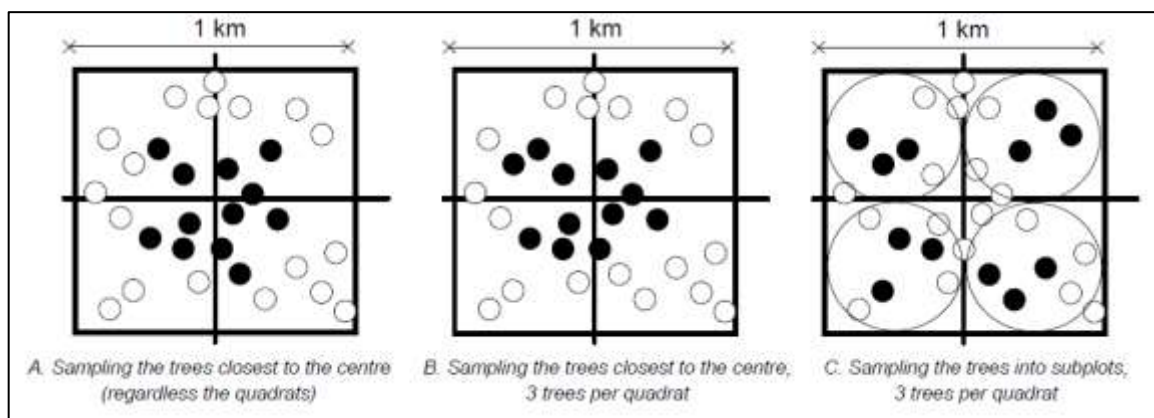
- Número de roca, indicando el número de roca en evaluación.
- Orientación, en cada superficie de la roca se determinó la orientación a la cual rece el líquen (E, W, N y S) utilizando una brújula.
- Pendiente, determinando el grado de inclinación de las superficies en cada roca con el uso de un clinómetro, se determinan tres categorías (Heywood, 1954): Menores a 22, 5°: pendientes suaves, entre 22, 5° y 67, 5°: pendientes medias, mayores a 67, 5°: pendientes rectas.
- Sustrato, la clasificación de los tipos de sustrato fueron (Valdivia & Ramírez, 2018): liso (En caso de ser una masa compacta sin presencia de fisuras) y escalonado (Con presencia de fisuras y tamaño irregular)
- En el muestreo se evaluaron las rocas de sustrato liso y masa compacta, puesto que en la zona presentan predominancia y facilidad de muestreo. Del

mismo modo, se escogerán rocas con similares diámetros en los puntos a muestrear con un centímetro.

- Tamaño, definido el tamaño del líquen siendo procesado en el software Photoshop CS6 ; para ello se fotografiaron líquenes en campo con la gradilla liquenológica para posteriormente ser analizado al programa mencionado.(Reyes, 2020)

**Figura 13**

*Procedimiento de Elección de Muestras en Rocas*



Fuente: (Asta et al., 2002)

## Figura 14

### *Recolección de Datos en Campo*



Fuente: Fotografía de Aldair Ramos, 2021

#### **c. Toma de datos abundancia y frecuencia.**

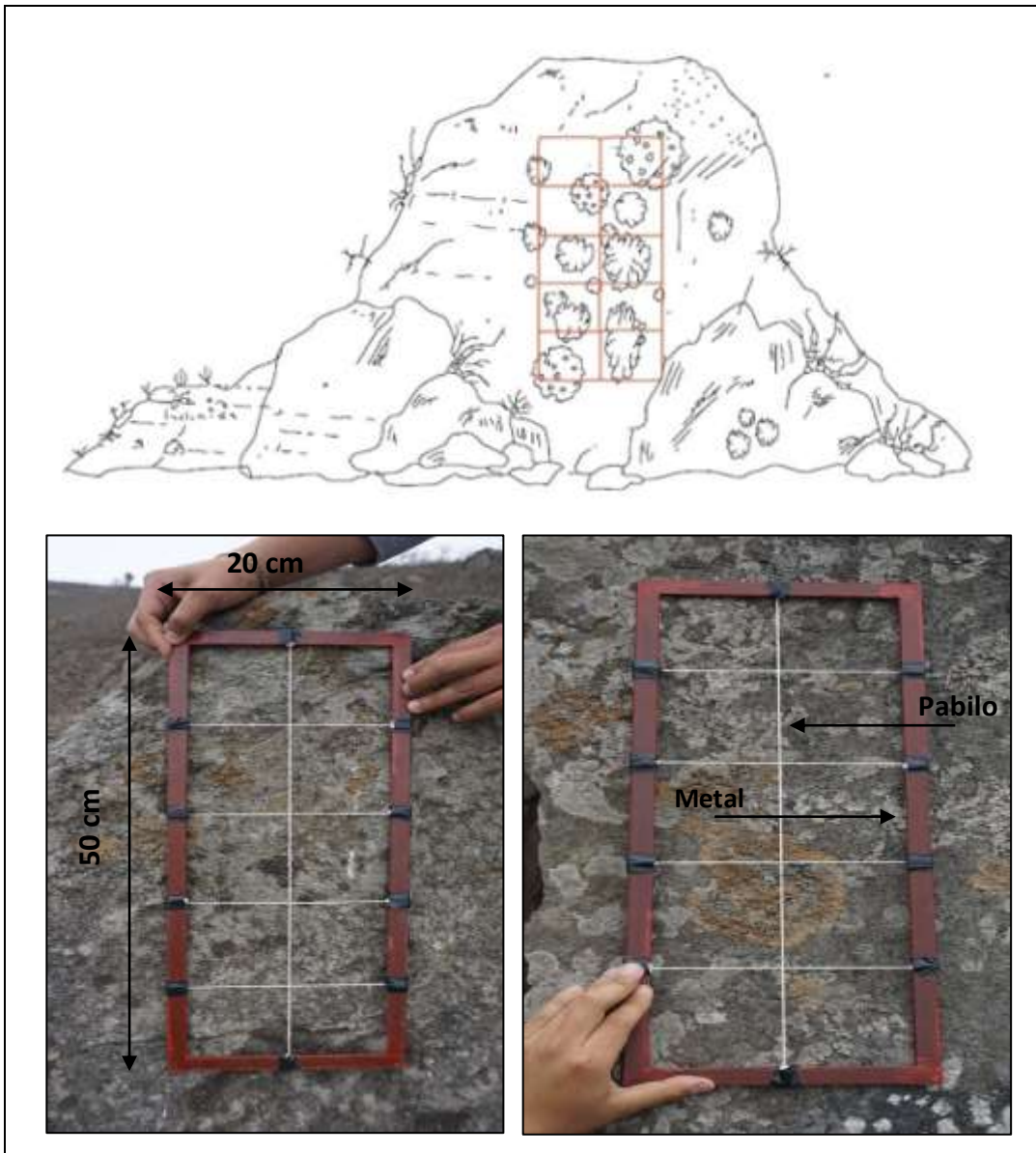
Elegidas las unidades de muestreo, se llevó a cabo la obtención de la data de abundancia (cantidad de individuos) y frecuencia de la liquenobiota saxícola, para ello se utilizó una rejilla de 20 cm x 50 cm de metal y dividida con pabilo en 10 cuadrantes, en donde cada cuadrante tiene dimensiones de 10 cm x 10 cm (Calderon Chipayo, 2019). Para la estandarización de data, el

procedimiento se realizó teniendo en cuenta el apoyo de la gradilla en la parte central de cada muestra de sustrato (Fig. 12)

La data de abundancia y riqueza se obtuvo mediante el análisis de las fotografías de cada cuadrante de la gradilla liquenológica por unidades muestrales en gabinete usando el software Photoshop CS6.

**Figura 15**

*Abundancia y Frecuencia con Gradilla Liquenológica*



Fuente: Fotografía de Aldair Ramos (Lima, 2021)

### ***Factores bióticos, meteorológicos y condiciones del sustrato que influyen en el crecimiento y dispersión del líquen Caloplaca sp***

Los factores tales como, la temperatura ambiental, incidencia de luz solar y humedad influyen en el crecimiento liquénico (Mistry, 1998), por ende, se consideración los factores de temperatura, dirección del viento, humedad, precipitación y velocidad, siendo la data obtenida de la Estación de Monitoreo de Calidad de aire ubicado en el distrito de Villa Maria del Triunfo, el cual pertenece el Servicio de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

#### **3.2.3.2. Fase de Gabinete**

##### **a. Determinación de especies de líquenobiota saxícola**

El líquen tomado como referencia para la presente investigación fue determinado en consulta con la bibliografía y diversos estudios de líquenes aplicado a lomas.

La determinación de la especie fue en consulta a los trabajos científicos del II Congreso Nacional de Lichenología del Perú llevado a cabo por Proyecto Líquenes Perú en el cuál (Ramírez, 2019) menciona que el líquen Caloplaca presenta talo amarillento que reacciona con el reactivo Potasio (K+) arrojando positivo si se presenta el color púrpura.

##### **b. Cálculo del Índice de Pureza Ambiental (IPA)**

Se determina la calidad del aire del lugar de estudio con la utilización del Índice de Pureza Ambiental (IPA), Según (Reyes, 2020) propuesto por Le Blanc y De Sloover (1970) y modificado por Rubiano en (1983)

## Figura 16

*Fórmula de Índice de Pureza Atmosférica (IPA)*

$$IPA = \frac{\sum Ft}{n}$$

Dónde:

Ft: Es la frecuencia total de especies presentes en todas las rocas de una estación determinada y se calcula como la suma de frecuencias relativas (Fr) obtenidas para cada especie en cada árbol.

n: es el número de rocas por estación (10)

Fr: Se cuenta para cada especie en el que aparece al menos una vez (su valor va de 0 a 10).

**Figura 17**

*Tabla de valores IPA*

NIVEL	TOLERANCIA A LA CONTAMINACIÓN	SENSIBILIDAD A LA CONTAMINACIÓN
A	0 - 6	Contaminación muy alta
B	6 - 10	Contaminación alta
C	10 - 20	Contaminación moderada
D	> 22	Contaminación baja

Fuente: Ruben Sierra, 2020

**Figura 18**

*Factor de tolerancia (Qi)*

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

Dónde:

Qi = Factor de resistencia de la especie i

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

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

**Figura 19**

*Tabla de factor de tolerancia*

NIVEL VALOR DEL $Q_i$	TOLERANCIA A LA CONTAMINACIÓN	SENSIBILIDAD A LA CONTAMINACIÓN
0-6	Alta	Baja
6 -10	Media	Media
>10	Baja	Alta

Fuente: Ruben Sierra, 2020

### 3.3. Resultados:

#### 3.3.1. Liquenobiota saxícola

Se determinaron 05 especies de liquen en donde 03 son biotopo crustáceo y 02 foliosos. El liquen *Buellia sp.* siendo un biotopo crustáceo areolado que presenta ascospora marrón; el liquen *Lecanora sp.* siendo biotopo crustáceo areolado de talo no amarillo. El liquen *Caloplaca sp.* de biotopo crustáceo de talo anaranjado. El liquen *Xanthopharmelia sp.* de talo folioso verde saxícola y con rizinas. El liquen *Punctelia sp.* de biotopo folioso sin másculas y con pseudocifelas en la cara superior



**Tabla 5**

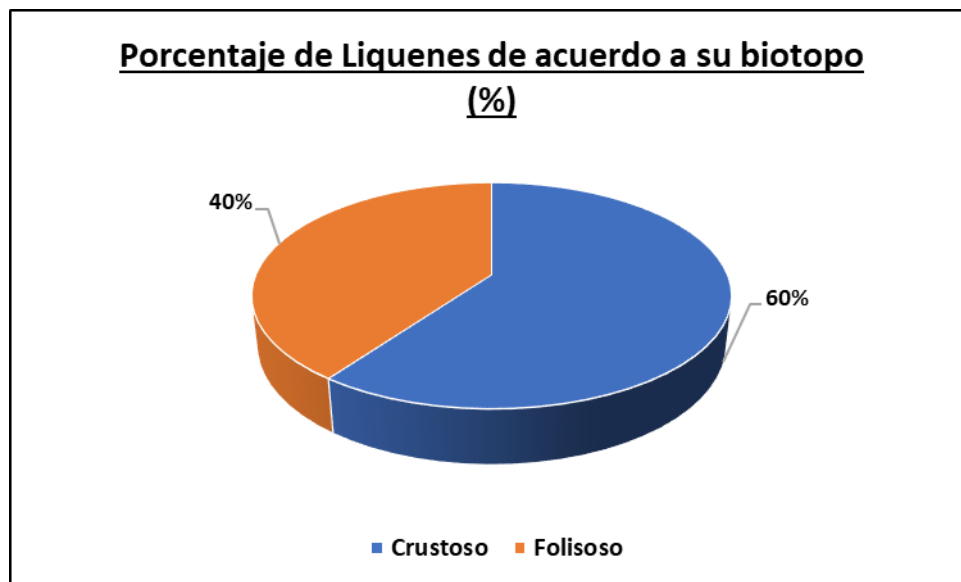
*Líquenes en AA.HH Quebrada Alta - Lomas de Paraíso*

N°	Especies	Biotipo
1	<i>Buelia sp.</i>	Crustoso
2	<i>Lecanora sp.</i>	Crustoso
3	<i>Caloplaca sp.</i>	Crustoso
3	<i>Xanthopharmelia sp.</i>	Folioso
4	<i>Punctelia sp.</i>	Folioso

Fuente: Elaboración propia

**Figura 20**

*Porcentaje de líquenes de acuerdo a su biotopo*



### 3.3.2. Abundancia y riqueza de líquenes

La Figura 18 nos indica la abundancia de líquenes según especie por determinada zona de estudio en el AAHH Quebrada Alta-Lomas de Paraíso, a partir de la cobertura ocupada por los líquenes.

## Abundancia

Tabla 6

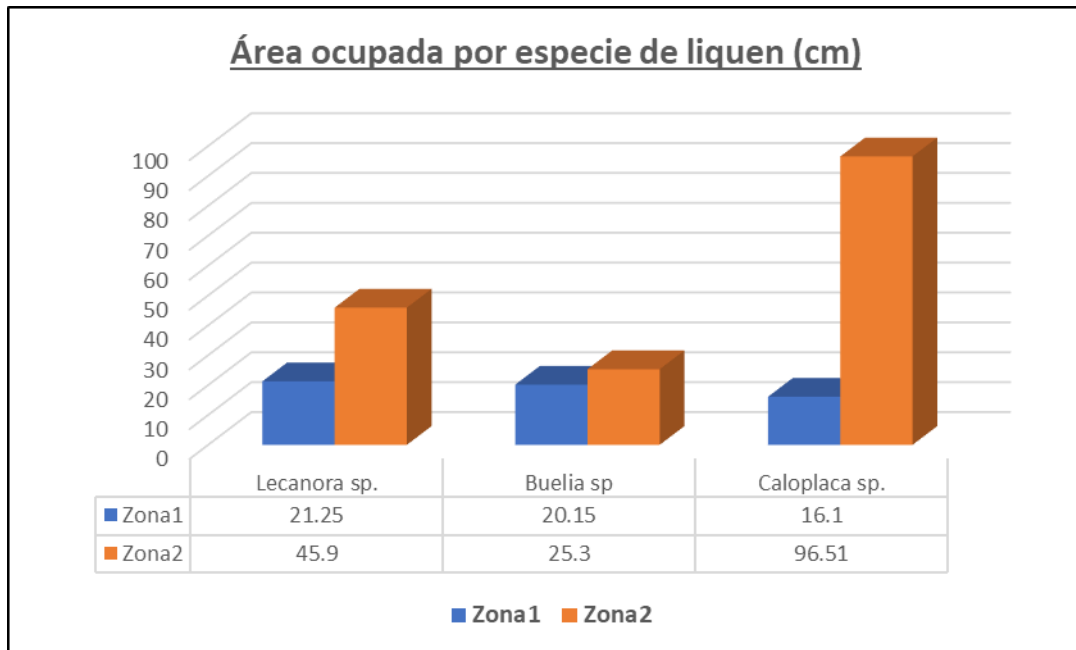
Área Ocupada por Especies y Abundancia de Líquenes en el Lugar de Estudio

Especies	Zonas de estudio	
	Zona1	Zona2
<i>Lecanora sp.</i>	21.25	45.90
<i>Buelia sp</i>	20.15	25.30
<i>Caloplaca sp.</i>	16.10	96.51
<b>Total</b>	<b>57.50</b>	<b>167.71</b>
<b>Abundancia relativa (%)</b>	<b>25.53%</b>	<b>74.47%</b>

Fuente: Elaboración propia

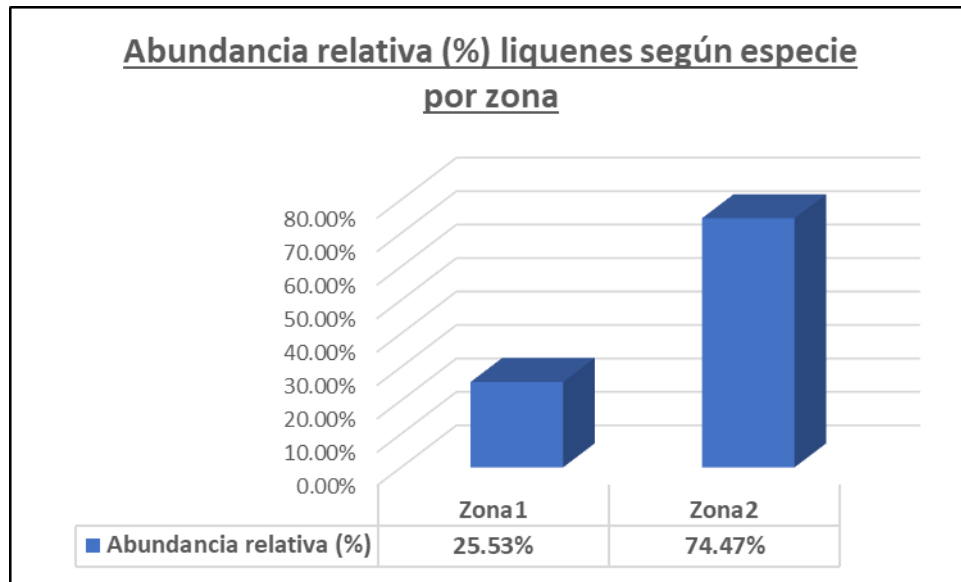
Figura 21

Área ocupada por especie de líquen en la zona de estudio (cm)



**Figura 22**

*Abundancia relativa de líquenes según especie por zona*



**Riqueza**

En la siguiente tabla se detalla las especies líquénicas halladas en cada zona de estudio, conformada por 04 especies

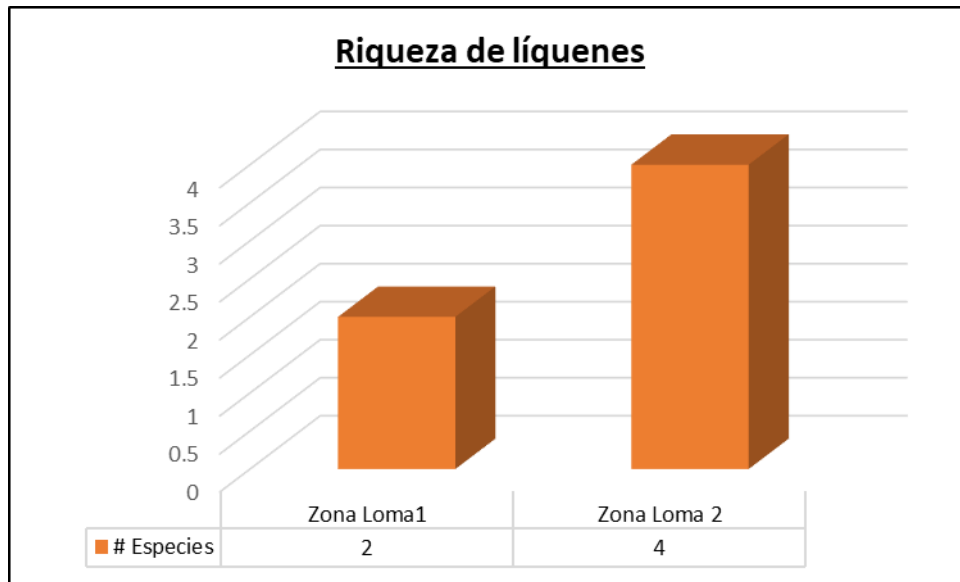
**Tabla 7**

*Especies líquénicas en las zonas de estudio*

Zona de Estudio	Especies
Zona Loma1	<i>Buelia sp.</i>
	<i>Caloplaca sp.</i>
Zona Loma 2	<i>Lecanora sp.</i>
	<i>Caloplaca sp.</i>
	<i>Xanthopharmelia</i> <i>Punctelia</i>

**Figura 23**

Riqueza de líquenes por zonas de estudio



### 3.3.3. Índice de Pureza Ambiental (IPA)

**Tabla 8**

Valores del IPA y nivel de contaminación por cada zona

ZONA LOMA 1	ROCA 1 / ZONA1	LIQUEN	FRECUENCIA	IPA
		<i>Caloplaca sp.</i>	2	
		<i>Buelia sp.</i>	12	
				1.4
ZONA LOMA 1	ROCA 2 / ZONA1	LIQUEN	FRECUENCIA	IPA
		<i>Caloplaca sp.</i>	1	
		<i>Buelia sp.</i>	11	
				1.2
ZONA LOMA 1	ROCA 3 / ZONA1	LIQUEN	FRECUENCIA	IPA
		<i>Buelia sp.</i>	9	
				0.9
ZONA LOMA 1	ROCA 4 / ZONA1	LIQUEN	FRECUENCIA	IPA
		<i>Buelia sp.</i>	9	
		<i>Caloplaca sp.</i>	4	
				1.3

	ROCA 5 / ZONA1	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Buelia sp.</i>	12		
		<i>Caloplaca sp.</i>	3	1.5	
	ROCA 6 / ZONA1	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Buelia sp.</i>	9		
				0.9	
	ROCA 7 / ZONA1	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Caloplaca sp.</i>	1		
		<i>Buelia sp.</i>	10		
				1.1	
	ROCA 8 / ZONA1	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Buelia sp.</i>	8		
				0.8	
	ROCA 9 / ZONA1	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Buelia sp.</i>	11		
		<i>Caloplaca sp.</i>	2	1.2	
	ROCA 10 / ZONA1	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Buelia sp.</i>	9		
				0.9	
	<b>ZONA LOMA 2</b>	ROCA 1 / ZONA2	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>
			<i>Caloplaca sp.</i>	15	
			<i>Buelia sp.</i>	10	
					2.5
		ROCA 2 / ZONA2	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>
<i>Caloplaca sp.</i>			8		
<i>Buelia sp.</i>			5		
				1.3	
ROCA 3 / ZONA2		<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Caloplaca sp.</i>	10		
				1	
ROCA 4 / ZONA2		<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Buelia sp.</i>	8		
		<i>Caloplaca sp.</i>	15	2.3	
ROCA 5 / ZONA2		<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Buelia sp.</i>	12		
		<i>Caloplaca sp.</i>	5	1.7	
ROCA 6 / ZONA2		<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Caloplaca sp.</i>	23		
				2.3	
ROCA 7 / ZONA2		<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>	
		<i>Caloplaca sp.</i>	12		

	<i>Buelia sp.</i>	5	
			1.7
<b>ROCA 8 / ZONA2</b>	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>
	<i>Caloplaca sp.</i>	15	
	<i>Buelia sp.</i>	3	1.8
<b>ROCA 9 / ZONA2</b>	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>
	<i>Buelia sp.</i>	5	
	<i>Caloplaca sp.</i>	13	1.8
<b>ROCA 10 / ZONA2</b>	<b>LIQUEN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IPA</b>
	<i>Buelia sp.</i>	10	
	<i>Caloplaca sp.</i>	13	2.3

**Figura 24**

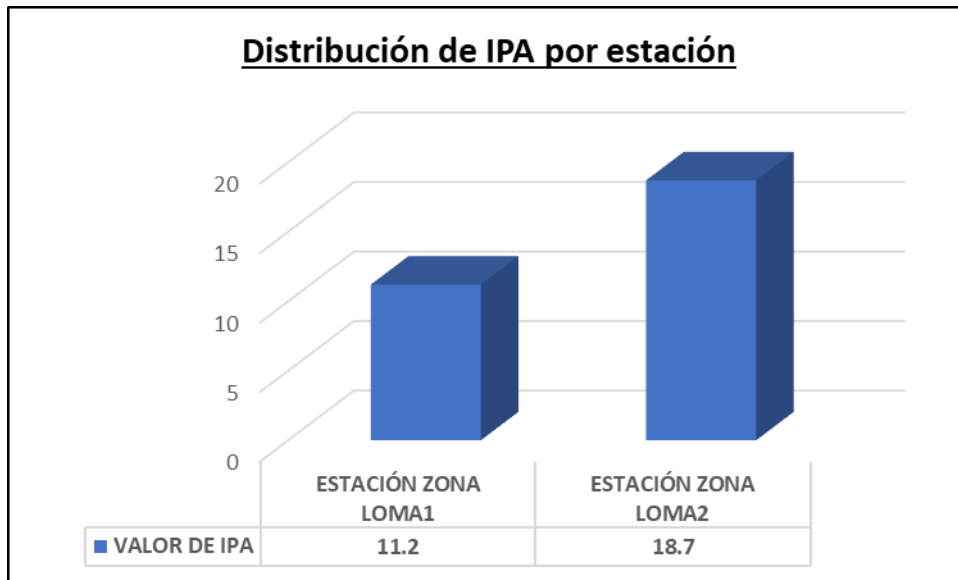
*Resultado de IPA en zona de estudio*

ESTACIÓN	VALOR DE IPA	NIVEL DE CONTAMINACIÓN
ESTACIÓN ZONA LOMA1	11.2	Contaminación moderada
ESTACIÓN ZONA LOMA2	18.7	Contaminación moderada

Fuente: Elaboración propia

**Figura 25**

*Distribución del Índice de pureza atmosférica (IPA) para cada estación*



Fuente: Elaboración propia

### **3.3.4. Factores meteorológicos**

#### **a. Temperatura del ambiente**

El promedio de la temperatura mensual más alta fue de 18,59 °C siendo registrada en el mes de diciembre del 2020. Asimismo, la temperatura mínima registrada fue de 14,08 °C en el mes de Setiembre del año 2021

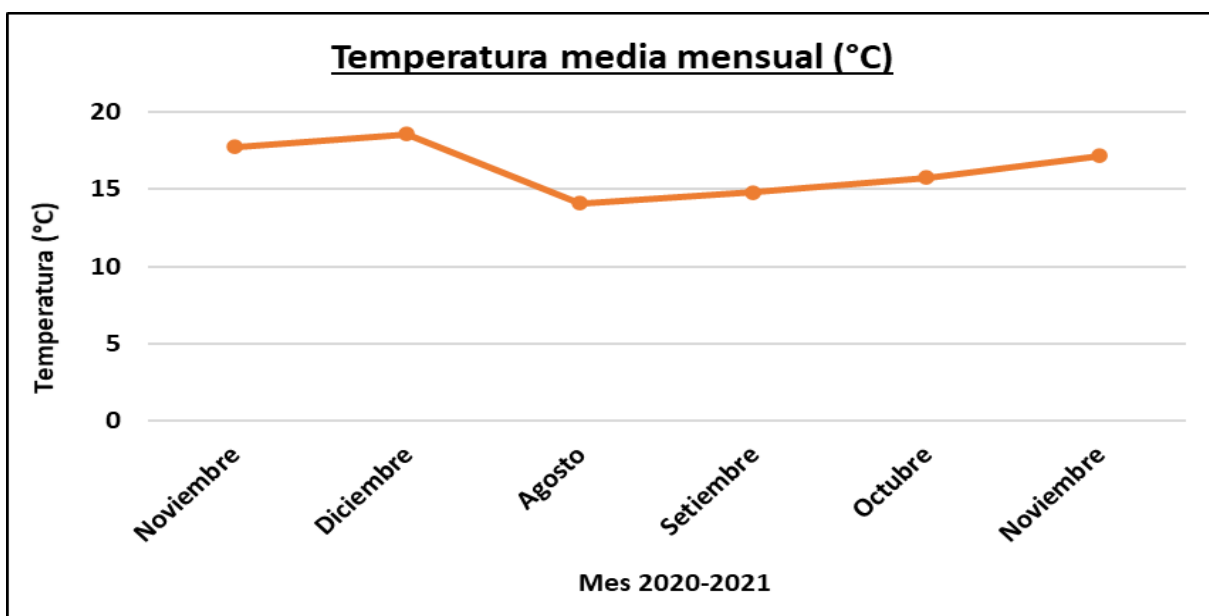
**Tabla 9**

*Data de Temperatura Ambiental*

Temperatura media mensual (°C)		
Año	Mes	Temperatura (°C)
2020	Noviembre	17.76
2020	Diciembre	18.59
2021	Agosto	14.08
2021	Setiembre	14.79
2021	Octubre	15.76
2021	Noviembre	17.15
	Media	16.36

**Figura 26**

*Variación Mensual de Temperatura*



*Nota.* Variación mensual de temperatura entre el periodo de noviembre 2020 – noviembre 20201 de los Datos Hidrometeorológico de estación SENAMHI – Villa Maria del Triunfo.

Fuente: Elaboración Propia



## b. Humedad relativa

El promedio de la humedad relativa mensual más alta fue registrado en el mes de agosto del 2021 con un 99,64 %. La humedad relativa mínima fue de 93,46 % siendo registrada en el mes de noviembre del año 2020.

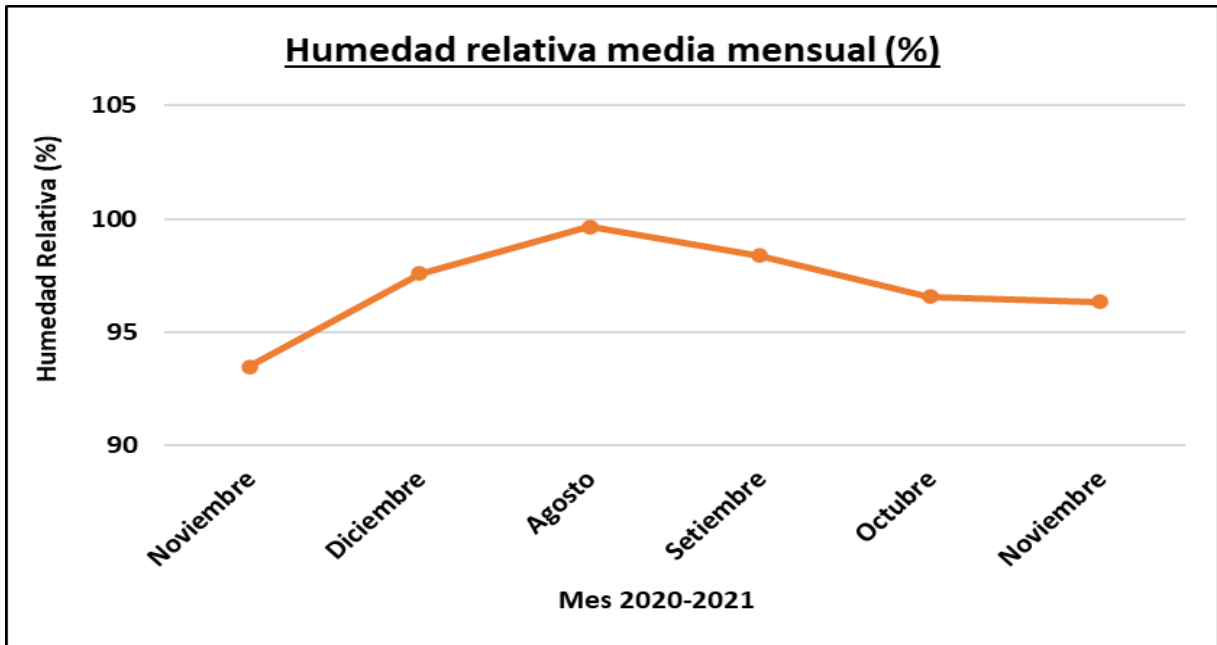
**Tabla 10**

*Data de Humedad Relativa*

Humedad Relativa media mensual (%)		
Año	Mes	Humedad
2020	Noviembre	93.46
2020	Diciembre	97.57
2021	Agosto	99.64
2021	Setiembre	98.36
2021	Octubre	96.55
2021	Noviembre	96.34
	Media	96.99

**Figura 27**

*Variación Mensual de Humedad Relativa*



*Nota.* Variación mensual de humedad relativa entre el periodo de noviembre 2020 – noviembre 2021 de los Datos Hidrometeorológico de estación SENAMHI – Villa Maria del Triunfo.

Fuente: Elaboración Propia

### **c. Precipitación**

La mayor precipitación mensual fue registrada en el mes de octubre del año 2021 con un valor de 0,28 mm. Mientras que la precipitación mínima mensual fue registrada con un valor de 0,10 mm en los meses de setiembre y noviembre del año 20201.

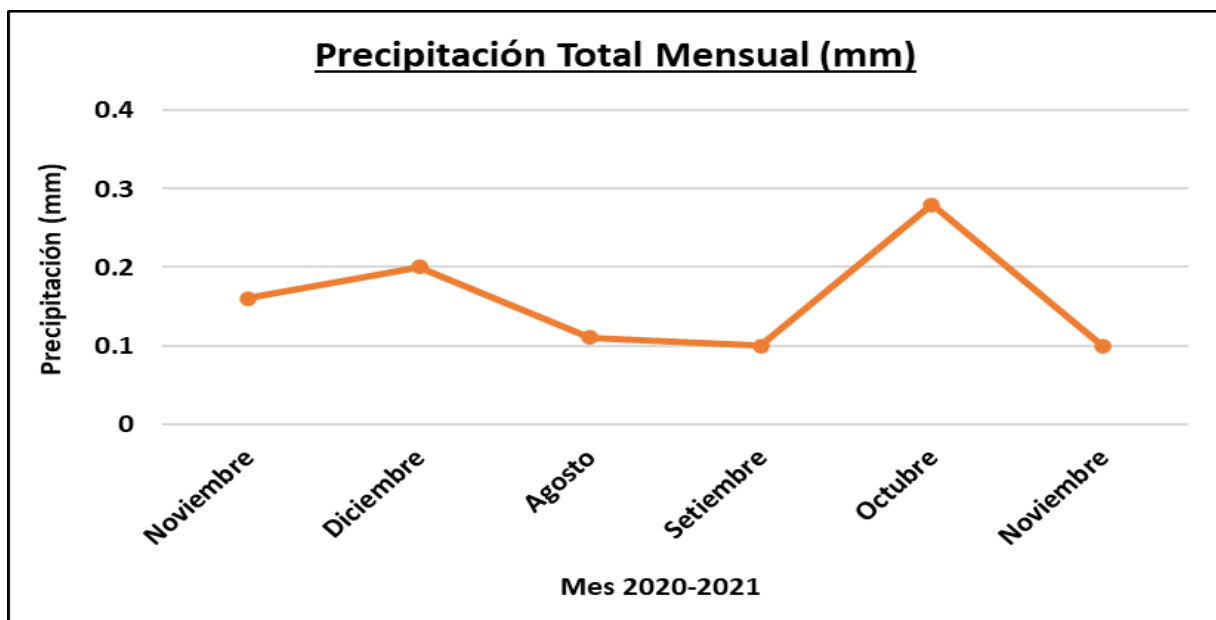
**Tabla 11**

*Data de Precipitación*

Precipitación Total mensual (mm)		
Año	Mes	Precipitación
2020	Noviembre	0.16
2020	Diciembre	0.20
2021	Agosto	0.11
2021	Setiembre	0.10
2021	Octubre	0.28
2021	Noviembre	0.10
Media		0.16

**Figura 28**

*Variación Mensual de Precipitación Total*



*Nota.* Variación mensual de la precipitación total entre el periodo de noviembre 2020 – noviembre 20201 de los Datos Hidrometeorológico de estación SENAMHI – Villa Maria del Triunfo. Fuente: Elaboración Propia

#### d. Velocidad del viento

El máximo valor registrado en la velocidad del viento fue de 1,32 m/s en el mes de noviembre del año 2020. Asimismo, la velocidad mínima del viento fue registrada con un valor de 0.65 m/s en el mes de diciembre del 2020.

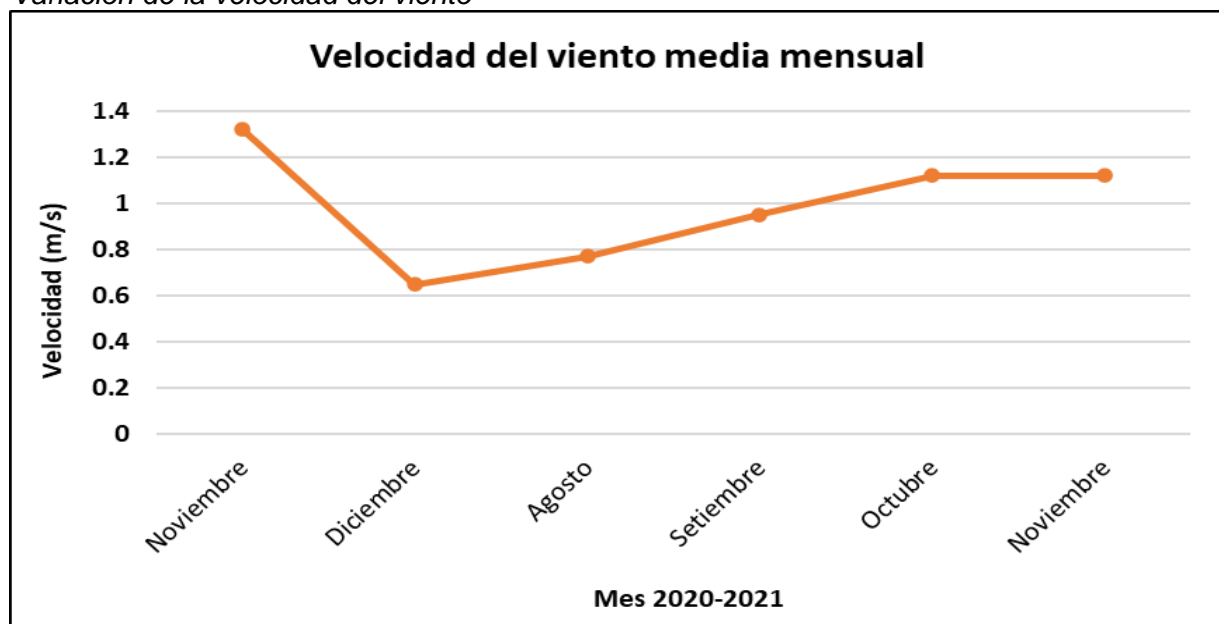
**Tabla 12**

*Data de Velocidad del viento*

Velocidad del viento Media Mensual (m/s)		
Año	Mes	Precipitación
2020	Noviembre	1.32
2020	Diciembre	0.65
2021	Agosto	0.77
2021	Setiembre	0.95
2021	Octubre	1.12
2021	Noviembre	1.12
Media		0.99

**Figura 29**

*Variación de la velocidad del viento*

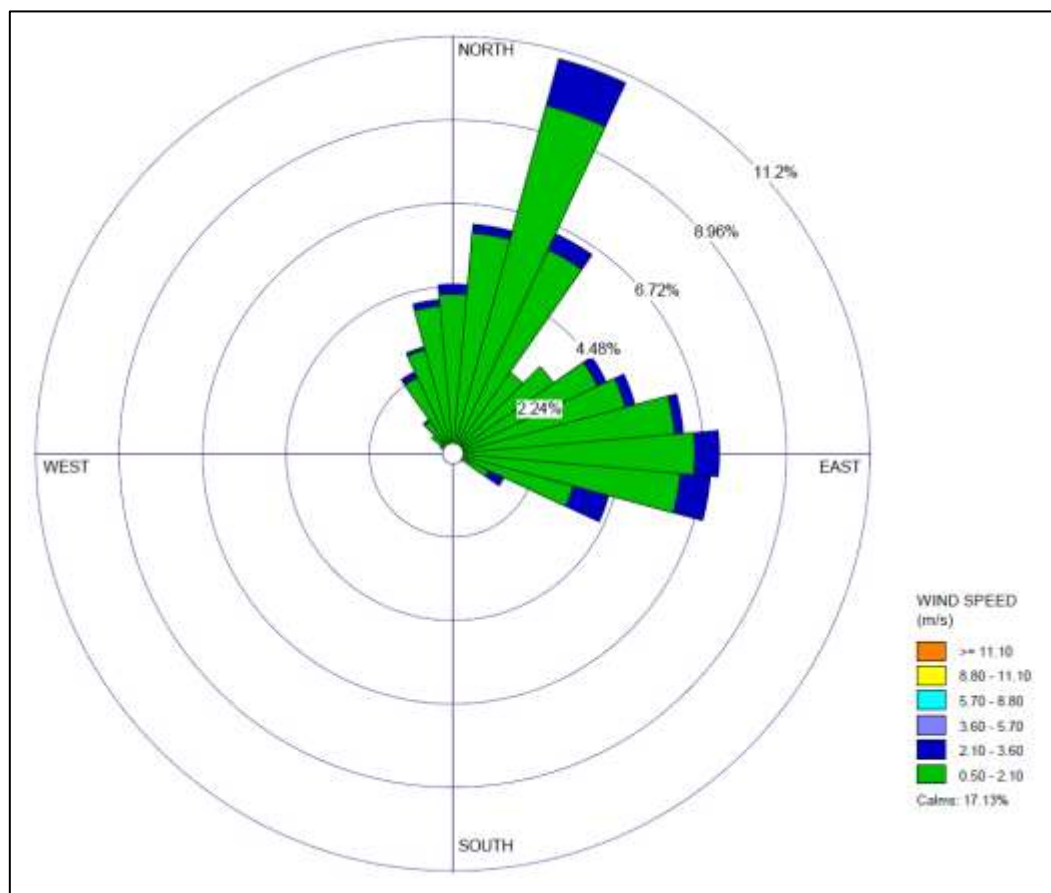


Nota. Variación mensual de la velocidad mensual entre el periodo de noviembre 2020 – noviembre 2021 de los Datos Hidrometeorológico de estación SENAMHI – Villa Maria del Triunfo. Fuente: Elaboración Propia

**e. Dirección del viento**

En el periodo de noviembre 2020 – noviembre 2021 la dirección del viento con predominancia fue hacia el noreste (NE)

**Figura 30**  
Rosa de vientos de la zona de estudio

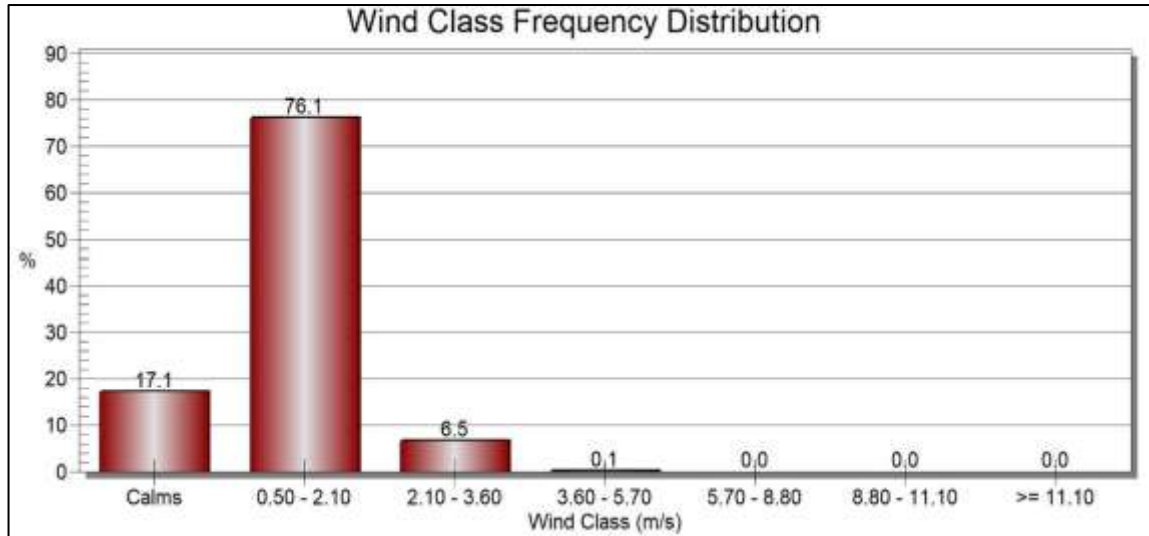


Nota. Rosa de vientos realizada con datos registrados en la estación meteorológica de la estación mensual de la velocidad mensual entre el periodo de noviembre 2020 –

noviembre 20201 de los Datos Hidrometeorológico de estación SENAMHI – Villa Maria del Triunfo. Fuente: Elaboración Propia

**Figura 31**

*Distribución de Frecuencia de Clase de viento*



Fuente: Aldair Ramos WRPLOT, 2021

Se puede observar la predominancia y velocidad de los vientos registrados en dirección noreste (NE) (Figura 21), el 76,1 % estuvieron entre el 0,50 y 2,10 m/s, los mencionados vientos son de tipo ventolina y brisa muy débil según la Escala de Beaufort. Asimismo, el 6,5 % representa las velocidades que oscilaron entre el 2,10 y 3,60 m/s denominados como vientos de brisa muy débil y brisa débil, flojo. Finalmente, el 0,1 % representaron velocidades que oscilaron entre 3,60 y 5.70 m/s, clasificados como vientos de tipo brisa débil, flojo y brisa moderada, bonancible.

### ***Ubicación in situ de rosa de viento***

En el periodo de noviembre 2020 – noviembre 2021 los vientos provinieron en dirección sureste (SW) trasladándose al noreste (NE)

**Figura 32**

*Ubicación in situ de rosa de viento*



**Nota.** Rosa de vientos exportada a software Google Earth. Fuente: Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación que la calidad de aire presente en el AA.HH Quebrada Alta ubicada en Lomas de Paraíso en el distrito de Villa Maria del Triunfo presenta una contaminación moderada dentro de la clasificación del Índice de Pureza Ambiental (IPA) tanto de la “Zona Loma1” y “Zona Loma2” utilizando a los líquenes sanículas como bioindicadores de calidad de aire.

Los puntos de monitoreo fueron en total 20, siendo 10 para cada zona de investigación a causa de escaso sustrato rocoso, siendo la orientación con mayor predominancia de liquenobiota saxícola la dirección Sureste rocoso. Asimismo, presentando una pendiente media; siendo de sustrato liso de masa compacta.

Se identifican 05 géneros de liquen saxícola, siendo las siguientes: *Buelia sp.*, *Lecanora sp.*, *Caloplaca sp.*, *Xanthopharmelia sp.*, *Punctelia sp.*, siendo la más abundante la *Calopaca sp.*

Tanto “Zona Loma1” y “Zona Loma2” presentaron un Índice de Pureza Ambiental (IPA) de 11.2 y 18.7 respectivamente, arrojando un nivel de contaminación según criterio de clasificación de “moderado”, siendo la “Zona Loma1” la que evidencia menor presencia de líquenes y más impacto.

La “Zona Loma1” al tener impacto antropogénico, evidencia la disminución de propagación de liquen saxicola debido a que estos bioindicadores están constantemente afectados por la quema de basura, inadecuado manejo de residuos sólidos y removidos de su lugar. La “Zona Loma2” presenta abundante presencia de *Calopaca sp.* debido a ser una zona protegida de uso turístico influyendo en la abundancia y riqueza de la especie. Atribuyéndose la dirección del viento Noroeste donde la neblina llega al ecosistema Lomas de Paraíso para la humedad de las especies liquénicas,



## RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Municipalidad de Villa Maria del Triunfo y al Programa Regional del Gobierno de Lima tomar de referencia la presente investigación y optar por monitoreos biológicos de calidad de aire usando los líquenes como bioindicadores. Asimismo, monitoreo anualmente la variación de presencia de liquenobiota en Las lomas de Paraíso VMT.

Incentivar y profundizar la investigación de liquenobiota presente en las lomas de Lima para su utilización como servicios ecosistémicos culturales y de regulación.

Se recomienda a la entidad del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el recaudar la constante información hidrometeorológica en la estación automática de Villa Maria del Triunfo, de ese modo los estudiantes tendrán data actualizada de los periodos a ejecutar la investigación con enfoque meteorológico.

Se recomienda a la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur implementar en el laboratorio de Ingeniería Ambiental, equipos para el análisis Microscopia Electrónica de Barrido Ambiental (MEBA) para futuras investigaciones aplicadas en la liquenobiota saxicola.

Se recomienda realizar la investigación de liquenobiota saxícola en temporada humedad para posteriormente comparar la capacidad de bioacumulación de metales pesados presente en el liquen.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aránguez, E., Ordóñez, J. M., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández-Patier, R., Gandarillas, A., & Galán, I. (1999). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista Española de Salud Pública*, 73(2), 123–132. <https://doi.org/10.1590/s1135-57271999000200003>
- Asta, J., Ferretti, M., & Fornasier, M. F. (2002). *European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress*.
- Bungartz, F., Yáñez, A., Nugra, F., & Ziemmeck, F. (2013). *Guía rápida de líquenes de las Islas Galápagos*. Fundación Charles Darwin.
- Calderon Chipayo, A. G. (2019). *Liquen Roccella gracilis Bory como bioindicador de la calidad del aire en el parque Campo Marte, Jesús María, Lima*. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Canseco, A., Anze, R., & Franken, M. (2006). Comunidades de líquenes : indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz , Bolivia. *Acta Nova*, 3, 286–307. <http://www.ucbcba.edu.bo/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v3n2/v3.n2.Canseco.pdf>
- Chipana Rivas, J. (2013). *Agricultura & minería en una zona ecológica de Lima: las Lomas de Atocongo (1912 - 1942)* (Instituto Ichisma (ed.)).
- Cubas, P., Núñez, J., Crespo, A., & Divakar, P. K. (2010). Líquenes: que son y su uso como bioindicadores. In *Proyecto de Innovación 123*. [https://www.aulados.net/GEMM/Documentos/San\\_Quintin\\_Innova/Liquenes\\_que\\_son\\_uso.pdf](https://www.aulados.net/GEMM/Documentos/San_Quintin_Innova/Liquenes_que_son_uso.pdf)
- Cutipa Vargas, M. A. (2019). Evaluación de la calidad de aire en la zona de uso turístico y recreativo-Sector Huampal del Parque Nacional Yanchaga Chemillen usando *Xanthoria parietina*, como bioindicadores. Universidad Privada de Tacna. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1022>
- Fernández Salegui, A. B., & Arsenio, T. A. (2003). Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de La Robla (León). *Revista Científica y Técnica de*

*Ecología y Medio Ambiente*, 12(2), 1–8. <https://doi.org/10.7818/re.2014.12-2.00>

Fernández Salegui, A. B., & Terrón Alfonso, A. (2003). Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de La Robal (León). *Ecosistemas Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, XII. <http://www.aeet.org/ecosistemas/032/investigacion2.htm>

Ferry Lopez, G. N. (2018). *Calidad del aire mediante la loquenobiota saxícolas en la zon Arqueológica de Teatino-Reserva Nacional de Lomas de Lachay, Huacho-Lima-Perú, 2017*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Figueredo Salinas, C. A. (2020). *Uso de líquenes foliosos como bioindicadores de la calidad del aire de Bogotá, D.C.* [Universidad de la Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/86>

García Huazo, F. N. (2017). *Estudio de la variación temporal y espacial de la calidad del agua de niebla en las lomas de Villa María* [Universidad Nacional Agraria de La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3198>

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. *Acta Nova*, 7(4), 455–482. [https://www.researchgate.net/publication/317529339\\_Aplicabilidad\\_de\\_liquenes\\_bioindicadores\\_como\\_herramienta\\_de\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_aire\\_en\\_la\\_ciudad\\_de\\_Cochabamba](https://www.researchgate.net/publication/317529339_Aplicabilidad_de_liquenes_bioindicadores_como_herramienta_de_monitoreo_de_la_calidad_del_aire_en_la_ciudad_de_Cochabamba)

Green, J., & Sánchez, S. (2016). La calidad del aire en América Latina: Una visión panorámica. In *Clean Air Institute*. [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion\\_atmosferica/La\\_Calidad\\_del\\_Aire\\_en\\_América\\_Latina.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/La_Calidad_del_Aire_en_América_Latina.pdf)

Hawksworth, D. L., Iturriaga, T., & Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22(2), 71–82. [https://doi.org/10.1016/s1130-1406\(05\)70013-9](https://doi.org/10.1016/s1130-1406(05)70013-9)

- Heywood, V. H. (1954). El concepto de asociación en las comunidades rupícolas. *Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 11(0211–1322).
- INGEMMET. (2006). Inspección de la seguridad física del asentamiento humano :*"Quebrada Alta de Paraiso"*.
- LeBlanc, S. C. F., & Sloover, J. De. (1970). Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany*, 48(8), 1485–1496. <https://doi.org/10.1139/b70-224>
- Ledesma Sullca, A., & Ramírez Ordaya, Á. (2021). Lomas de Paraiso (Lima, Perú): Gestión y conservación villamariana. *Trabajos científicos del IV Congreso Nacional de Liqueología del Perú y I Congreso Nacional de Lomas* (Asociación).
- Lijteroff, R., Lima, L., & Prieri, B. (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 25(2), 111–120.
- Luque Salas, J. P. (2018). *Evaluación De La Viabilidad Del Aprovechamiento Del Potencial Eólico Para La Generación De Energía Eléctrica En El Distrito De Chiguata – Arequipa, 2018*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Mares Rueda, I. (2017). *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire* [Universidad Complutense]. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/IRENE MARES RUEDA.pdf>
- Marino Valle, E. M. (2016). *Determinación de la diversidad de líquenes saxíolas de tres sitios arqueológicos de Cajamar* [Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/493>
- MINAM. (2019). *Gobierno peruano establece primera Área de Conservación Regional de la capital: Sistema de Lomas de Lima*. [www.gob.pe/institucion/minam/noticias/70620-gobierno-peruano-establece-primer-area-de-conservacion-regional-de-la-capital-sistema-de-lomas-de-lima](http://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/70620-gobierno-peruano-establece-primer-area-de-conservacion-regional-de-la-capital-sistema-de-lomas-de-lima)
- Mistry, J. (1998). Corticolous lichens as potential bioindicators of fire history: a study in the cerrado of the Distrito Federal, central Brazil. *Journal of Biogeography*, 25(3),

409–441. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1998.2530409.x>

OEFA. (2015). *Instrumentos basicos para la fiscalizacion ambiental*. Organismo de Evaluación Fiscalización Ambiental. [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13978](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978)

OMS. (2017). *La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud*. [www.who.int/es/news/item/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact](http://www.who.int/es/news/item/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact)

Pari Pinto, A. G. (2020). *Analisis del efecto de las emisiones de tráfico vehicular acumulados sobre organismos bioindicadores (líquenes) en zonas contaminadas y no contaminadas en los distritos de Tacna,2017 (Tesis para grado de doctor)* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4102>

Pereira, I., Tapia, J., Errázuriz, I., & Basualto, S. (2018). Comparative study of the presence of heavy metals utilizing epiphytic corticolous lichens in Talca city, Maule region, Chile. *Gayana - Botanica*, 75(1), 494–500. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432018000100494>

Ramírez, Á., & Cano, A. (2005). Lichens of Pueblo Libre, an Andean locality from Cordillera Negra(Huaylas,Ancash,Perú). *Revista Peruana de Biología*, 12(3), 383–396. <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i3.2414>

Ramírez Ordaya, Á. M. (2019). Clave para la determinación de géneros y familias de líquenes del Perú versión 2018-2019. *Trabajos Científicos Del II Congreso Nacional de Liquenología Del Perú*, 72–77.

Reyes Salazar, S. F. (2020). *Influencia del flujo vehicular en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz,2020* [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4421>

Segura Briones, S. V. (2013). Caracterización de la contaminación atmosférica en seis parques recreacionales del distrito metropolitano de Quito mediante el uso de

bioindicadores Universidad Central del Ecuador.

- SPDA. (2019). *Crean Área de Conservación Regional que protegerá las lomas de Lima*. <https://www.actualidadambiental.pe/crean-area-de-conservacion-regional-que-protegera-las-lomas-de-lima/>
- Torres Sanchez, M. E. (2019). *Líquenes: Los bioindicadores de la calidad del aire*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Valdivia Huamán, D., & Ramírez Ordaya, A. (2018). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en el pasivo ambiental minero Santo Toribio, Ancash, Perú. *The Biologist*, 16, 77–95. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1022>
- Vásquez Fentanes, M. (2015). *Estudio de los efectos de la contaminación atmosférica sobre los bioindicadores liquénicos y la degradación de los mismos*. 460. <http://hdl.handle.net/10553/16951>
- Villamar Valdivia, O. G. (2018). Evaluación de la calidad del aire mediante el índice de pureza ambiental y el análisis de metales pesados en el líquen *Xanthoparmelia* sp. (Vain.) Hale en la ciudad de Puno. *Tesis*.
- Villarraga Arteaga, C., & Sánchez Angarita, D. (2019). *Evaluación de la calidad atmosférica en zonas de tráfico vehicular y zonas verdes en el municipio de Melgar-Tolima, por medio de índices basados en comunidades liquénicas*. Universidad de Ibagué.

## ANEXOS

*Anexo 1. Ubicación de la Fábrica UNACEM y las estaciones de muestreo*

### FICHA DE CAMPO

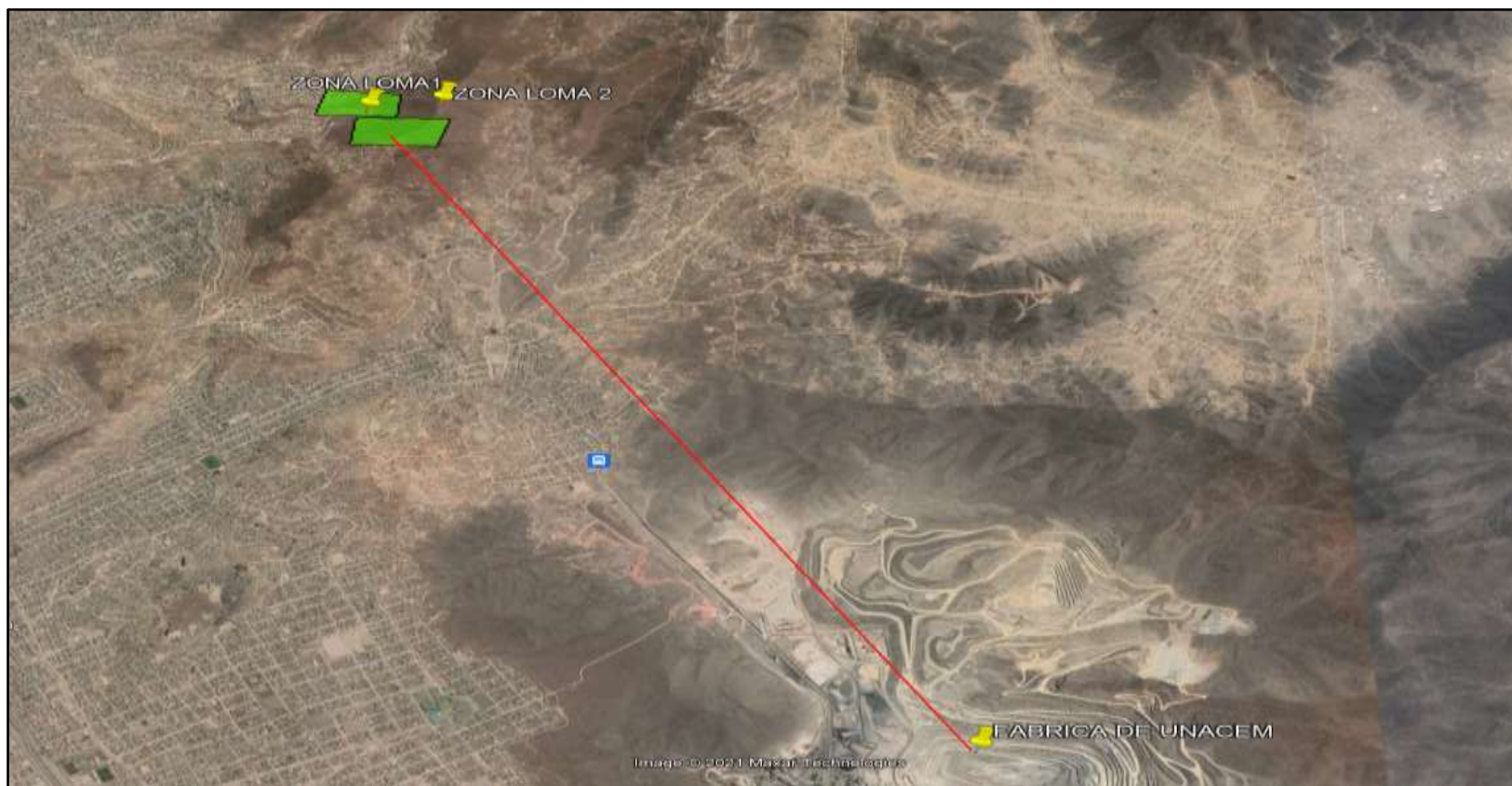
Coordenadas geográficas UTM:

N° de Roca:

Fecha:

N° ROCA	N° FOTO	N° Individuos	Pendiente	Orientación	Altitud	ZONA

Anexo 2. Ubicación de la Fábrica UNACEM y las estaciones de muestreo



Fuente: Elaboración propia