

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS
“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE
LÍQUENES COMO BIOINDICADORES AMBIENTALES EN LA
CIUDAD DE ILO, 2020”

PARA OPTAR:
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Bach. Rosalía Karina Palomino Quispe

TACNA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Tesis

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE
LÍQUENES COMO BIOINDICADORES AMBIENTALES EN LA
CIUDAD DE ILO, 2020”**

Tesis sustentada y aprobada el 09 de enero de 2021; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: Dr. RICHARD SABINO LAZO RAMOS

SECRETARIO: M. Sc. GERMAN MAMANI AGUILAR

VOCAL: Ing. ANABEL DEL ROSARIO CRISOSTO FUSTER

ASESOR: Blgo. M. Sc. JOSE OSWALDO CAZORLA GALDOS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo ROSALÍA KARINA PALOMINO QUISPE, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 72517754

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada: Evaluación de la calidad de aire mediante líquenes como bioindicadores ambientales en la ciudad de Ilo, 2020.

La misma que presento para optar el:

Título Profesional de Ingeniero Ambiental

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 09 de Enero del 2021



Rosalía Karina Palomino Quispe
72517754

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia: mi padre, mi madre, mis hermanos.

A mis abuelos, que descansan en paz.

A mi perrita Canela que me acompañó hasta sus últimos días.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su esfuerzo de brindarme educación, siempre apoyándome y estando a mi lado. Mis hermanos, quienes siempre estaban para mí.

Agradecer a la Universidad Privada de Tacna, a mi asesor M.Sc. José Cazorla Galdós quien me brindo información y ayuda para el avance de la tesis. El apoyo del Dr. Cartagena por ayudarme a complementar parte del trabajo de investigación.

CONTENIDO

PÁGINA DE JURADOS	1
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ABSTRACT	14
INTRODUCCION.....	15
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1. Problema General	17
1.2.2. Problema Especifico.....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS.....	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos especificos.....	18
1.5. HIPÓTESIS.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.1.1. Antecedente internacional	19
2.1.2. Antecedente Nacional	20
2.1.3. Antecedente Local.....	22
2.2. BASES TEÓRICAS	22
2.2.1. La calidad del aire	22
2.2.2. Contaminantes de la calidad del aire	22
2.2.3. Líquenes	23
2.2.4. Índice de Pureza Atmosférica	30
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	31
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	33
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.1.1. Tipo de Investigación.....	33

3.1.2. Diseño de Investigación.....	33
3.2. ACCIONES Y ACTIVIDADES	34
3.2.1. Identificación de especies de líquenes	35
3.2.2. Cálculo del Índice de Pureza Ambiental y el Índice de Shannon - Wiener.....	39
3.2.3. Obtención de niveles de contaminación y abundancia	42
3.3. MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS.....	43
3.3.1. Materiales de Campo:	43
3.3.2. Instrumentos de Campo	43
3.3.3. Materiales de Gabinete	43
3.4. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO	44
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	48
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE DE LÍQUENES.....	48
4.1.1. Especie: Chrysothrix.....	48
4.1.2. Especie: Caloplaca.....	48
4.1.3. Especie: Lepraria.....	49
4.2. DIGITALIZACIÓN DE LOS DATOS EN EXCEL	50
4.3. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PUREZA ATMOSFÉRICA (IPA).....	53
4.4. RESULTADO DEL ÍNDICE DE SHANNON WIENER.....	54
4.5. RESULTADOS DE OBTENCIÓN DE CONTAMINACIÓN	56
4.6. RESULTADOS DE NIVEL DE ABUNDANCIA	58
4.6.1. Zona Alto Ilo	59
4.6.2. Zona Urbanización Garibaldi	60
4.7. CORRELACIÓN DE PEARSON DE LAS VARIABLES.....	61
4.7.1. Contraste de hipótesis general – Contaminación general vs total de especies en Ilo	61
4.7.2. Contraste de hipótesis de la zona N°01 – Alto Ilo	62
4.7.3. Contraste de hipótesis de la zona N°02 – Urbanización Garibaldi	63
4.7.4. Contraste de hipótesis entre contaminación y las especies encontradas en la Zona N° 01 – Alto Ilo	63
4.7.5. Contraste de hipótesis entre contaminación y las cuatro especies en la Zona N°02 – Urbanización Garibaldi.....	64
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	66

5.1. LÍQUENES	66
5.2. ÍNDICE DE PUREZA ATMOSFÉRICA (IPA) Y NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	66
5.3. ÍNDICE DE SHANNON WIENER Y ABUNDANCIA DE ESPECIES.....	66
5.3.1. Índice de Shannon Wiener	67
5.3.2. Abundancia de las especies de líquenes.....	67
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS	73
ANEXO 1. FICHA DE CAMPO.....	73
ANEXO 2. FICHAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE SALIDA DE CAMPO.....	74
ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS DE LA SALIDA DE CAMPO	79
ANEXO 4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ENTRE CONTAMINACIÓN Y LAS ESPECIES ENCONTRADAS EN LA ZONA N° 01 – ALTO ILO	91
ANEXO 5. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ENTRE CONTAMINACIÓN Y LAS CUATRO ESPECIES EN LA ZONA N°02 – URBANIZACIÓN GARIBALDI	93
ANEXO 6: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	95

Índice de Figuras

Figura 1: Xanthoria elegans.....	25
Figura 2: Usnea Amazónica.....	25
Figura 3: Candelaria Concolor.....	25
Figura 4: Acarospora Massal.	25
Figura 5: Esquema de las actividades y acciones del estudio de investigación	34
Figura 6: Ficha de campo	36
Figura 7: Dibujo esquemático del árbol con la rejilla de relevamiento de los líquenes según la norma VDI-3799	38
Figura 8: Localización de las zonas urbanas a estudiar	44
Figura 9: Puntos de muestreo en la zona de Alto Ilo.....	45
Figura 10: Puntos de muestreo en la zona de Urbanización Garibaldi.....	45
Figura 11: Chrysothrix	48
Figura 12: Caloplaca.....	49
Figura 13: Lepraria	50
Figura 14: Nivel de contaminación en las dos zonas de estudio	57
Figura 15: Cantidad de los individuos totales por especies de líquenes por las dos zonas estudiadas.	58
Figura 16: Cantidad de especies e individuos de líquenes en la zona de Alto Ilo....	60
Figura 17: Cantidad de especies e individuos de líquenes en la zona de Alto Ilo....	61
Figura 18: Ficha 1 y 2 de la zona de Alto Ilo	74
Figura 19: Ficha 3 y 4 de la zona de Alto Ilo	74
Figura 20: Ficha 5 y 6 de la zona de Alto Ilo	75
Figura 21: Ficha 7 y 8 de la zona de Alto Ilo	75
Figura 22: Ficha 9 de la zona de Alto Ilo.....	76
Figura 23: Ficha 10 de la zona de Alto Ilo.....	76
Figura 24: Ficha 1 y 2 de la zona de Urbanización Garibaldi	77
Figura 25: Ficha 3 y 4 de la zona de Urbanización Garibaldi	77
Figura 26: Ficha 5 y 6 de la zona de Urbanización Garibaldi	78
Figura 27: Ficha 7 y 8 de la zona de Urbanización Garibaldi	78
Figura 28: Ficha 9 y 10 de la zona de Urbanización Garibaldi	79
Figura 29: Zona 1 - Forofito 1	80
Figura 30: Zona 1 - Forofito 2	80
Figura 31: Zona 1 - Forofito 3	81
Figura 32: Zona 1 - Forofito 4	81
Figura 33: Zona 1 - Forofito 5	82
Figura 34: Zona 1 - Forofito 6	82

Figura 35: Zona 1 - Forofito 7	83
Figura 36: Zona 1 - Forofito 8	83
Figura 37: Zona 1 - Forofito 9	84
Figura 38: Zona 1 - Forofito 10	84
Figura 39: Zona 2 - Forofito 1	85
Figura 40: Zona 2 - Forofito 2	85
Figura 41: Zona 2 - Forofito 3	86
Figura 42: Zona 2 - Forofito 4	86
Figura 43: Zona 2 - Forofito 5	87
Figura 44: Zona 2 - Forofito 6	87
Figura 45: Zona 2 - Forofito 7	88
Figura 46: Zona 2 - Forofito 8	88
Figura 47: Zona 2 - Forofito 9	89
Figura 48: Zona 2 - Forofito 10	89
Figura 49: Verificación de líquenes	90
Figura 50: Toma de datos GPS	90

Índice de Tablas

Tabla 1: Nivel y Rango de niveles de contaminación	42
Tabla 2: Ubicación GPS Datum PSAD 56 de los puntos de muestreo	46
Tabla 3: Clasificación del coeficiente de correlación de Pearson	47
Tabla 4: Datos obtenidos del muestreo en la zona de Alto Ilo.....	50
Tabla 5: Datos obtenidos del muestreo en la zona de Urbanización Garibaldi.....	51
Tabla 6: Total de especies por cada árbol en las dos zonas del estudio.....	51
Tabla 7: Frecuencia de especies en la zona de Alto Ilo	52
Tabla 8: Frecuencia de especies en la zona de Urbanización Garibaldi	53
Tabla 9: Resultados del Cálculo del Índice de pureza atmosférica (IPA) en cada árbol, de cada sitio de estudio.	53
Tabla 10: Resultados del Índice de Pureza Atmosférica IPA según los sitios de estudios	54
Tabla 11: Digitalización del procedimiento del Cálculo de Índice de Shannon Wiener de la zona de Alto Ilo	55
Tabla 12: Digitalización del procedimiento del Cálculo de Índice de Shannon Wiener de la zona de Urbanización Garibaldi	55
Tabla 13: Resultado del cálculo del Índice de Shannon - Wiener.....	55
Tabla 14: Clasificación de niveles de contaminación	56
Tabla 15: Resultados de los Niveles de Contaminación de cada árbol de cada zona de estudio	56
Tabla 16: Resultado de los niveles de contaminación en cada zona de estudio	57
Tabla 17: Cantidad de especies liquenicas en cada sitio de estudio correspondiendo a la presencia y número de individuos.	58
Tabla 18: Cantidad de especies encontradas por zona	59
Tabla 19: Cantidad de especies y número de individuos de líquenes encontrados en la Zona de Alto Ilo.....	59
Tabla 20: Cantidad de especies y número de individuos de líquenes encontrados en la Zona de Alto Ilo.....	60
Tabla 21: Correlación general de las variables contaminación y especies.....	61
Tabla 22: Correlación de las variables en la zona de Alto Ilo	62
Tabla 23: Correlación de las variables en la zona de Urbanización Garibaldi	63
Tabla 24: Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie Chrysothrix sp.1	91
Tabla 25: Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie Chrysothrix sp. 2	91

Tabla 26: Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie Lepraria sp.1...	91
Tabla 27: Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie Caloplaca sp.1.	92
Tabla 28: Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie Chrysothrix sp.1	93
Tabla 29: Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie Chrysothrix sp. 2	93
Tabla 30: Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie Lepraria sp. 1	94
Tabla 31: Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie Caloplaca sp. 1	94

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Índice de Pureza Atmosférica	40
Ecuación 2: Cálculo de Factor Q	41
Ecuación 3: Índice de Shannon - Wiener.....	41
Ecuación 4: Proporción de individuos por especie.....	42

RESUMEN

El presente estudio de investigación se realizó en dos zonas de la Ciudad de Ilo, Alto Ilo y Urbanización Garibaldi, ubicado en el Distrito de Ilo, Provincia de Ilo, Departamento de Moquegua. El objetivo del estudio de investigación consiste en evaluar la calidad del aire mediante líquenes como bioindicadores ambientales en la ciudad de Ilo, por lo que se determina la diversidad de especies de líquenes presentes siendo las siguientes: 2 especies del género *Chrysothrix*, 1 especie de *Caloplaca* y 1 especie de *Lepraria*, identificadas por su morfología macroscópicas por referencias bibliográficas. Se determinó el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) para obtener rangos de los niveles de calidad de aire; se evaluó el Índice de Shannon – Wiener con el total de abundancia presenciada en las zonas de estudio. En la zona de Alto Ilo resulto con un nivel de contaminación de la calidad de aire de nivel moderada, mientras en la zona de Urbanización Garibaldi obtuvo un nivel de contaminación alta en la calidad del aire. La zona de Alto Ilo obtuvo 1.23 del Índice de Shannon, mientras que la zona de Urbanización Garibaldi resulto 0.98, lo cual resultaría que ambas zonas de estudio son consideradas bajas en diversidad debido a que no superan el valor de 2. Resultando que la presencia de líquenes está relacionado con los niveles de calidad de aire.

Palabras claves: Líquenes, calidad de aire, contaminación, Índice de Pureza Atmosférica, Índice de Shannon Wiener

ABSTRACT

This research study was conducted in two areas of the City of Ilo, Alto Ilo and Urbanización Garibaldi, located in the District of Ilo, Province of Ilo, Department of Moquegua. The objective of the research study is to evaluate the air quality using lichens as environmental bioindicators in the city of Ilo, for which the diversity of species of lichens present is determined, being the following: 2 species of the genus *Chrysothrix*, 1 species of *Caloplaca* and 1 species of *Lepraria*, identified by their macroscopic morphology by bibliographic references. The Atmospheric Purity Index (IPA) was determined to obtain ranges of air quality levels; The Shannon-Wiener Index was evaluated with the total abundance witnessed in the study areas. In the Alto Ilo area it resulted with a moderate level of air quality pollution, while in the Garibaldi Urbanization area it obtained a high level of air quality pollution. The Alto Ilo area obtained 1.23 of the Shannon Index, while the Garibaldi Urbanization area resulted in 0.98, which would result that both study areas are considered low in diversity because they do not exceed the value of 2. Resulting in that the presence of lichens is related to air quality levels.

Key Words: Lichens, air quality, pollution, Atmospheric Purity Index, Shannon Wiener Index

INTRODUCCION

El problema ambiental más importante es la contaminación del aire en las ciudades, resultante de las actividades humanas. Hay diversas causas generadoras de contaminación, como el uso de automóviles, motos, buses, entre otros que corresponden al parque automotor.

Sin embargo, evaluar y cuantificar el efecto del aumento o reducción de la contaminación es a menudo muy difícil debido a los altos costos del monitoreo, ya sea físico o químico, la falta de información preliminar y la falta de "indicadores" fácilmente detectables. En este sentido, el estudio de organismos indicadores de contaminación o "bioindicadores" es de gran utilidad, ya que los cambios graduales o bruscos en la calidad del aire afectan la presencia o abundancia, así como los procesos fisiológicos de estos organismos, para evaluar el efecto de modificación del medio ambiente.

Los líquenes es considerado un organismo demasiado sensible ante condiciones del ambiente, los cuales, es de utilidad para verificar las alteraciones en el ambiente. Existen métodos eficaces como el Índice de Pureza Ambiental, su objetivo es calcular la calidad del aire utilizando liquen como indicador.

Con la presente investigación, se evalúa la calidad del aire usando líquenes como bioindicadores ambientales en dos zonas de la Ciudad de Ilo, elegidos por la presencia de árboles y líquenes en las zonas, con el fin de determinar la diversidad de especies presentes, obtener resultados del Índice de Pureza Atmosférica y Calcular el Índice de Shannon – Wiener.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La ciudad de Ilo está ubicada en la costa sur del Perú, uno de los centros principales de la Región Moquegua, centro pesquero, industrial, financiero de consumo y servicios. La ciudad de Ilo cuenta con una población cerca de 70,000 habitantes, considerada una ciudad intermedia y uno de los principales puertos del sur del país. Las actividades principales de la ciudad de Ilo son las actividades de comercio, minero metalúrgico, pesquería y actividades portuarias.

Un Informe de Calidad de Aire elaborado por el Ministerio de Ambiente considera al parque automotor como la principal fuente aportante de contaminación del aire en centros urbanos. Añadiendo los lugares con mayor cantidad de parque automotor, los cuales son los departamentos de Arequipa y la Libertad, pero también indico lugares específicos donde hubo mayor incremento de tráfico vehicular los cuales son La Oroya, Cusco e Ilo.

El crecimiento de las fuentes de contaminación está aumentando en la actualidad. Por lo cual, en los últimos años se están desarrollando medidas de diagnóstico y control relacionadas con las principales actividades causantes del incremento de contaminación del aire.

Por esta razón, los bioindicadores se están consolidando como un método de detección temprana de cambios en el medio ambiente y se convierte en un instrumento eficaz, relativamente rápido y económico.

Existen maneras de calcular la calidad de aire como la instalación de una estación por ejemplo las estaciones de SENAMHI, pero generalmente requiere una inversión significativa, por lo tanto, sería necesario proponer otras alternativas que nos permitan capturar y cuantificar ciertos contaminantes ambientales a menor costo sin subestimar estos resultados.

Por lo anteriormente dicho, el uso de líquenes es de vital interés para su uso en la evaluación de la contaminación atmosférica, por su sensibilidad a la presencia de compuestos tóxicos en la atmósfera, que se manifiestan por

formaciones morfológicas y fisiológicas obvias en razón de la presencia o ausencia de las especies.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la calidad de aire evaluada mediante líquenes como bioindicador ambiental en la ciudad de Ilo?

1.2.2. Problema Especifico

- ¿Cuáles son las especies liquenicas presentes en la ciudad de Ilo?
- ¿Cuál es el Índice de Pureza Atmosférica de la ciudad de Ilo?
- ¿Cuál es el Índice de Shannon – Wiener de los líquenes encontrados en la ciudad de Ilo?
- ¿La presencia de líquenes estará relacionada con áreas de mayor contaminación?

1.3. Justificación e importancia de la Investigación

Los contaminantes ambientales son compuestos tóxicos que pueden reflejar las propiedades y alteraciones de su entorno, que pueden ser el resultado de la reacción de los organismos y pueden usarse como criterio de indicación. Por lo tanto, un bioindicador es un organismo o una comunidad de organismos que reaccionan a la contaminación por sustancias nocivas, ya sea modificando sus funciones vitales o acumulándolas y, por lo tanto, proporcionando información sobre el entorno en el que se encuentran.

Se sugiere el uso de líquenes como bioindicador de la contaminación del aire, de acuerdo con la frecuencia y abundancia de especies de líquenes

en los árboles de las áreas de estudio individuales. Además, se puede ofrecer nuevas alternativas para controlar la calidad del aire a un costo menor.

Esta investigación también se encuentra justificada por la información brindada para compartir con futuros estudiantes que desean realizar investigaciones con respecto a bioindicadores de la calidad del aire, debido a la poca información disponible sobre el uso de líquenes como bioindicadores de la contaminación en la Región Moquegua.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de aire usando líquenes, como bioindicadores ambientales en la ciudad de Ilo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la diversidad de especies de líquenes presente en la ciudad de Ilo.
- Calcular el Índice de Pureza Atmosférica de la ciudad de Ilo.
- Calcular el Índice de Shannon – Wiener de los líquenes encontrados en la ciudad de Ilo
- Verificar si la presencia de líquenes está relacionada con áreas de mayor contaminación.

1.5. Hipótesis

- a) La presencia de líquenes está relacionada significativamente con las áreas de contaminación

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedente internacional

En la ciudad de San Luis, Argentina, se realizó un estudio de evaluación de calidad del aire urbano utilizando líquenes como bioindicadores por Lijteroff, Lima y Prieri (2008). Con el objetivo de determinar los niveles de contaminación, utilizando el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) en la ciudad de San Luis, obteniendo como resultado la ausencia casi total de líquenes en la ciudad de San Luis lo cual se interpreta la baja calidad de aire presente y la eficacia de los líquenes como bioindicadores de la contaminación del aire.

Rivera (2008) elaboró el trabajo de investigación Estudio de líquenes como indicadores de los niveles de contaminación en el pueblo de Guayama, Puerto Rico con el objetivo de determinar los tipos de líquenes y la distribución en el pueblo de Guayama, en conclusión a las zonas estudiada: zona norte se observó mayor diversidad de líquenes; mientras en zonas sur, este y oeste se resaltó la ausencia de líquenes con resultado que la calidad del aire en el pueblo es regular.

Coronado y Catiblanco (2019) evaluaron la calidad de aire en cinco colegios con los líquenes encontrados en la corteza de los forofitos. Calcularon el Índice de Pureza Atmosférica en los colegios seleccionados obteniendo de resultado en la Institución educativa Nicolás Esguerra tuvo un IPA de 9,96 ubicándolo en la categoría de Baja contaminación debido a la mayor presencia de árboles cercanos, mientras las otras instituciones estudiadas no superan un IPA de 3, categorizándolos como Muy alta contaminación, este resultado se debe al mayor tráfico vehicular por las avenidas cercanas y casi ausencia de árboles. Por otra parte realizaron el cálculo del Índice de

Shannon – Wiener para obtener la diversidad liquenica, obteniendo en el Colegio Nicolás Esguerra con 1.74, siendo el colegio con mayor diversidad liquenica, luego se encuentra la I.E.D. La Palestina con 1.15, en la I.E.D. San José de Castilla con 0.87, con 0.75 El Liceo Femenino Mercedes Nariño y por último la I.E.D. Panamericano con 0,24. , encontrando 115 especies de *Hyperphyscia adglutinata* y 531 *Physcia undulata*.

2.1.2. Antecedente Nacional

Cutipa (2019) evaluó la calidad de aire en la zona de uso turístico y recreativo – Sector Huampal del Parque Nacional Yanachaga Chemilen usando *Xanthoria parietina*, como bioindicadores en el departamento de Pasco con la metodología de la Guía europea para la diversidad mapeo de Liquen como indicador de estrés ambiental, con el objetivo de evaluar la calidad del aire del lugar, además de analizar la diversidad liquenica, calcular su valor de la diversidad liquenica (LDV) y hacer su correspondiente clasificación. La selección de la zona de muestreo fue a base de la metodología Europea, indicando que un área de <5km² con fuentes de contaminación distinguibles se deba seleccionar un área de 0,25 x 0,25 km² y dividiendo la zona por 4 sectores, seleccionando 12 árboles en total lo que corresponde a cada sector 3 árboles para el muestreo, obteniendo como resultado: el sector 1 el especie de liquen frecuente de la zona fue el *Parmotrema perlatum* una con un LDV de 13 considera con una calidad de aire regular, el sector 2 con mayor presencia *Leptogium cyanescens* con LDV de 18.7 con calidad de aire buena, el sector 3 la especie *Coenogonium implexum* con LDV de 23 obteniendo la calidad de aire muy buena y el sector 4 se reporta la *Cryptothecia striata g.thor* con LDV 10,66 con calidad de aire regular. Resultando con la especie predominante de la zona es *Coenogonium implexum*, la *Parmotrema perlatum* con menos presencia.

Ambrosio y Bringas (2017) evaluaron los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en

tres zonas del distrito de Cajamarca en el año 2017, registrando las especies de líquenes observadas en las zonas de estudio obteniendo presencia de la *Physcia estellaris*, *Candelaria concolor* y *Parmelia caperata*. En la investigación se dio a conocer el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) a partir de la abundancia y riqueza en los árboles estudiados, resultando en la primera zona, Urbanización, 64.1 siendo el IPA mayor de las tres zonas, en la segunda zona, Jr. Mario Urteaga, fue de 50.1 sien el IPA medio y en la tercera zona, Jr. Amalia Puga, resultando con 13.8 siendo el IPA más bajo. Concluyendo con el IPA mayor presenta menor flujo vehicular, mientras el IPA menor un flujo vehicular alto, además de considerar a los líquenes como bioindicadores excelentes de contaminación originados por el parque automotor.

Arenas (2017) evaluó la diversidad de líquenes epifitos en las Lomas de Tacahuay ubicado en el distrito de Ite e identificó las especies existentes. Las Lomas de Tacahuay tienen un clima húmedo con presencia de neblinas y mayor diversidad de flora y fauna, determinándose 16 géneros de líquenes, los mejores representados son el género *Caloplaca* con 28 individuos y *Chrysothrix* con 25. Con respecto a las familias liquenicas, la mayor diversidad de la familia de líquenes *Parmeliaceae* ocupa un 50%, seguido de 13% de las familias *Stereocaulaceae* y *Teloschistaceae*.

Quispe, Ñiquez y Chuquilin (2015) determinaron el IPA de las zonas monitoreadas de las áreas con fuentes principales de contaminación por el parque automotor en la ciudad de Tingo María, del departamento de Huánuco, ante la evaluación con respecto a la presencia o escasez de líquenes en las áreas evaluadas. Se utilizó la metodología de cartografía de líquenes con el fin de verificar el uso de líquenes como bioindicadores de calidad del aire por ser un organismo sensible a cambios del ambiente, lo cual se determina a la frecuencia y abundancia. Las especies identificadas fueron: *Physcia lopezii*, *Pertusuaría sp.*, *Hyperphyscia pyvithrocardia* y *Chrysothrix candelaris*. Por otro lado, las zonas evaluadas obtuvieron los siguientes IPA: Jr. Huanuco (Z1) tiene 25.1 siendo el mayor promedio IPA, en la Av. Raimondi (Z5) es el menor IPA con 14.9. Mientras las zonas de Av. Amazonas (Z2), Av. Ucayali (Z3) y la Av. Alameda Peru (Z4) tienes los

valores correspondientes: 17.5, 18.4 y 19. Concluyendo con la zona 01 con el nivel de contaminación bajo con respecto al IPA, mientras que las zonas 02, 03, 04 y 05 obtienen un rango moderado de contaminación.

2.1.3. Antecedente Local

No se encontró antecedentes locales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La calidad del aire

La contaminación del aire se define como "la presencia de materiales, sustancias o formas de energía en la atmósfera que causan daños, quejas, riesgos o perjudican la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y otros bienes de todo tipo. El ambiente es un bien común esencial para la vida. Debido a su condición de recurso vital y al daño causado por su contaminación, la calidad del aire y la protección de la atmósfera han sido una prioridad de la política ambiental durante décadas. (Mares, 2017)

Cualquier método para medir, calcular, pronosticar o estimar emisiones, niveles o impactos de la contaminación del aire es válido para la evaluación de la calidad del aire, aunque dependiendo del contaminante, se recomiendan métodos más recomendados que otros, lo que proporciona más precisión. (Mares, 2017)

2.2.2. Contaminantes de la calidad del aire

La Organización Mundial de la salud (2019) estima la mala calidad de aire por el uso de combustibles sólidos y la contaminación del aire en las zonas urbanas es responsable de 3,1 millones de muertes prematuras en todo el mundo y del 3,2% de la carga mundial

de enfermedades cada año. Más de la mitad de la carga de enfermedad causada por la contaminación del aire es percibida por las personas en los países en desarrollo.

La contaminación del aire es relacionada con diversos daños a la salud, lo que incluye enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Ante una reducción de contaminantes, a la vez disminuiría las enfermedades causadas por las condiciones de la mala calidad de aire. La organización mundial de la salud sugiere regulaciones para controlar la contaminación urbana, emisiones de industria y políticas para el tráfico vehicular siendo estos los mayores fuentes de contaminación.

2.2.3. Líquenes

Los líquenes o también llamados hongos liquenizados son biomonitores, bioacumuladores y bioindicadores con los que se evalúa y/o determina la calidad del aire de un área a examinar. Esto es posible debido a su alta sensibilidad a los cambios resultantes de la contaminación ambiental, en la cual los contaminantes del aire como el CO, etc. provienen de fuentes estacionarias o móviles, naturales o artificiales, que influyen en su frecuencia, distribución y cobertura, también influyen en los cambios morfológicos y procesos fisiológicos en el líquen. Tienen propiedades muy beneficiosas para otros organismos, como la falta de cutículas, raíces, absorben sus nutrientes del aire, entre otros. Todas estas propiedades los convierten en excelentes bioindicadores. También actúan como sistemas de alerta para tomar medidas contra los efectos negativos. (Torres, 2019)

2.2.3.1. Clasificación de líquenes

Dada la morfología de su tallo y la forma en que se adhiere al sustrato, se pueden distinguir 6 tipos de líquenes:

- Fruticulosos: Conectado al sustrato por una pequeña superficie de montaje y con forma de pequeños arbustos. Pueden ser

cilíndricos, como la *Usnea* y *Alectoria* o los laciniados, *Evernia*, *Ramalina* y *Cetraria*. Se encuentra en lugares muy poco contaminados.

- Foliáceos: Se extienden sobre el sustrato y se adhieren a él con una serie de ricinas, como la *Xanthoria* o *Physcia* o con un único punto de *Umbilicaria* y *Dermatocarpon*. Estan en lugares poco contaminados.
- Escuosos: Se caracterizan por el hecho de que están formados por una serie de escamas cercanas entre sí y tienen un borde que no se adhiere al sustrato, *Psora*.
- Gelatinosos: Obtiene una textura que es al menos flexible y pastosa cuando está mojada. En este estado, pueden volverse translúcidos.
- Filamentosos: Consisten en una maraña de filamentos finos y lanosos, *Cystocoleus*, *Racodium*. Se encuentran en lugares sin contaminación.
- Crustáceos: Son el grupo más numeroso que agrupa las partes conocidas de los líquenes. Se adhieren fuertemente al sustrato y son principalmente saxicolos (viven en rocas), pero también hay especies de corticolos que viven en superficies leñosas. Tienen forma de costras y son adherentes fuertemente al sustrato. Son hallados en lugares bastantes contaminados.
- Compuestos: Formado por dos tipos de talo: un tipo principal, siendo mayormente crustáceo o de tipo escuoso, y pocas veces visto, foliáceo, y un tipo secundario de tipo fructiculoso.



Figura 1: Xanthoria elegans

Fuente: Moreno et al. (2007)



Figura 2: Usnea Amazónica

Fuente: Moreno et al. (2007)



Figura 3: Candelaria Concolor

Fuente: Moreno et al. (2007)



Figura 4: Acarospora Massal.

Fuente: Moreno et al. (2007)

2.2.3.2. La sensibilidad de los líquenes a la contaminación del aire

La alta sensibilidad de los líquenes a la contaminación está vinculada a su biología. La mayoría de las especies viven durante décadas o cientos de años, por lo que están expuestas a los efectos acumulativos de los contaminantes (bioacumuladores). Los líquenes no tienen un sistema vascular que conduzca agua o nutrientes. Como resultado, han desarrollado mecanismos efectivos para extraerlos de fuentes atmosféricas. La niebla y el rocío, las mayores fuentes de agua para estos organismos, a menudo tienen concentraciones mucho más altas de contaminantes que el agua precipitada, y los mecanismos de concentración de nutrientes de los líquenes también concentran contaminantes.

A diferencia de muchas plantas vasculares, los líquenes no tienen partes expiradas, por lo que no pueden evitar la exposición a contaminantes liberando estas partes. Además, la falta de estomas y cutículas significa que los aerosoles pueden ser absorbidos en toda la superficie del talo. En consecuencia, tienen poco control biológico sobre el intercambio de gases y los gases nocivos presentes en el aire se difunden fácilmente en la capa de fotobionte. La deshidratación puede ayudar a los líquenes a sobrevivir períodos de sequía, pero también concentran soluciones hasta el punto en que pueden alcanzar concentraciones tóxicas de ciertas sustancias. (Mares, 2017)

2.2.3.3. Los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire

Los líquenes son considerados buenos bioindicadores de la contaminación atmosférica con respecto a su sensibilidad, debido a que posee una cutícula, permitiendo la absorción de nutrientes y contaminantes del aire.

Comúnmente, los líquenes son usados para la detección de perturbaciones de los ambientes ocasionados por el estrés ambiental como: contaminación, la calidad del aire, cambio climático, fuego, etc.). Adicionando, se usan para crear una línea base para el estudio en sistemas forestales. (Ramírez, N., Gómez, M. y Lücking, R., 2014)

Las diversidades de líquenes dependen de factores externos siendo la irradiación solar, velocidad del viento, temperatura y precipitación, la última mencionada es demasiado importante ya que es un factor más variable en una región. En base a tales factores la metodología para el uso de líquenes como un bioindicador de la calidad de aire advierte en no calcular para regiones grandes, ciudades, al contrario, se debe calcular en regiones pequeñas como localidades y barrios, con sus condiciones atmosféricas iguales.

2.2.3.4. Ventajas del uso de bioindicadores

El uso de bioindicadores se puede obtener ventajas como: el método es reconocido mundialmente, el costo es bajo, se identifican las fuentes de contaminación y no es necesario la electricidad. Los líquenes son capaces de desarrollarse sobre diferentes tipos de sustratos, inertes u orgánicos (minerales, hojas, etc.). Mayormente abundan en medios más extremos como desiertos, cálidos o frío, montañas altas, donde las plantas vasculares tienen dificultad de desarrollarse, la diversidad máxima alcanza en los trópicos, excepto en las selvas. Pero, son rigurosamente exigentes y son pocos tolerantes a un factor o varios con respecto al cultivo, al final conllevan a ser considerados como excelentes bioindicadores de las condiciones ambientales. (Liiteroff y Prieri, 2008).

Un clima difícil no representa un problema en los líquenes, los científicos e investigadores concluyen por más

de 140 años sobre la extrema sensibilidad a la contaminación aérea.

2.2.3.5. Taxonomía de Líquenes

El grupo de organismos que llamamos líquen es un grupo polifilético que proviene de una variedad de ancestros diferentes que evolucionaron debido a diferentes relaciones con el mismo modelo. Sin embargo, no existe una clasificación para este grupo que sea totalmente aceptada por todos los expertos. La clasificación de Ozenda y Clauzade (publicada en 1970) se ocupa primero del tipo de hongo que forma la simbiosis, de modo que se distinguen tres clases:

Ascolichenes, basidiolichenes e Hypholichenes; dependiendo de si el hongo es un ascomiceto, un Basidiomiceto o un deuteromiceto. Dentro del primer grupo, se distinguen dos subclases, los pyrenolichenes y los discolichenes, según tengan peritecia o apotecia. Los ascolichenes representan el 96% de los líquenes, con muy pocos basidiolichens.

La posición taxonómica de los líquenes está actualmente en estudio y la tendencia a agruparlos dentro de los hongos ascomicóticos de la clase de líquenes está muy extendida, lo que concentra la mayoría de los micosimbiontes conocidos. Sin embargo, esta clasificación no tiene en cuenta la definición de líquenes formados por basidiomicetes y oomicetes. Otra tendencia incluye todos los líquenes conocidos dentro de la división Mycophycota del Reino Fungi. Mientras que el único rasgo que permite esta división es la formación de una simbiosis, y no sus propiedades citológicas, genéticas o filogénicas. Las últimas clasificaciones basadas en estudios genéticos ofrecen vínculos más profundos entre las diferentes familias de hongos, aunque todavía hay algunas cuya posición filogenética no está del todo clara, y constantemente aparecen cambios y correcciones para estas modelos. Es posible que los estudios genéticos en curso terminen este dilema al confirmar la polifisis del grupo o al identificar el origen común de estos organismos.

2.2.3.6. Clasificación de los líquenes:

1. Clase Hypholichenes
2. Clase Ascolichenes

- a. Subclase Pyrenolichenes
 - i. Orden Pyrenocarpales
 - 1. Familia Verrucariaceae
 - 2. Familia Dermatocarpaceae
 - 3. Familia Pyrenulaceae
- b. Subclase Discolichenes
 - i. Orden Coniacarpales
 - 1. Familia Caliciaceae
 - ii. Orden: Graphidiales
 - 1. Familia Arthoniaceae
 - 2. Familia Graphidiaceae
 - iii. Orden Cyclocarpales
 - 1. Suborden Thelotrematineae
 - 2. Suborden Cyanophilineae
 - a. Familia Collemataceae
 - b. Familia Stictaceae
 - c. Familia Peltigeraceae
 - 3. Suborden Lecidenieae
 - a. Familia Lecideaceae
 - b. Familia Cladoniaceae
 - c. Familia Umbilicariaceae
 - 4. Suborden Acarosporineae
 - a. Familia Acarosporaceae
 - 5. Suborden Lecanorieae
 - a. Familia Pertusariaceae
 - b. Familia Lecanoraceae
 - c. Familia Parmeliaceae
 - d. Familia Usneaceae

6. Suborden Caloplacineae

- a. Familia Caloplacaceae
- b. Familia Buelliaceae

3. Clase Basidiolichenes

Género: *Dyctionema glabratum*

2.2.4. Índice de Pureza Atmosférica

El índice de Pureza atmosférica es parte de los primeros métodos aplicados para el cálculo de la calidad atmosférica a través de líquenes. Lo cual lleva relación con la diversidad, frecuencia y su cobertura. (Le Blanc & De Sloover , 1970)

Se trata de un índice biológico que tiene en cuenta la presencia de cobertura, abundancia y distribución de las especies de líquenes en un área, donde la contaminación presente provoque perturbaciones en las estructuras liquenicas. (Férrandez & Terrón, 2006). La suma de las frecuencias de las especies de líquenes presentes en cada forofito y el IPA que representa a un sitio de muestreo es el promedio de los valores de todos los forofitos muestreados.

De esa manera, puede esperar muy pocos tipos de líquenes en un área con alta contaminación del aire, pero estos están representados por personas tolerantes y tóxicas. Este índice refleja la riqueza o rareza de la biodiversidad de líquenes epífitos en un área en particular y solo es válido a un nivel comparativo entre áreas o regiones que tienen aproximadamente la misma climatología y ecología.

Le Blanc y de Sloover son los padres del IPA en el año 1970 basándose en estudios de Braun – Blanquet en el año 1964. Para la evaluación del IPA es considerado como ausencia total un 0, sin embargo, si los resultados del IPA es positivo, los cálculos solo se compararan con lugares de igual diversidad liquenica.

Los valores de IPA son inversamente proporcionales al nivel de contaminación y directamente proporcional a la calidad del aire, en otras palabras, a mayor IPA menor contaminación y una buena calidad de aire.

2.3. Definición de términos

- a) Calidad del aire: la calidad del aire está vinculada a la disminución y desaparición de los grupos de líquenes más sensibles y al dominio de los más resistentes. Las comunidades son empobrecidas y pasan a estar constituidas en pocos grupos de líquenes. (Lijteroff, Lima y Prieri, 2008)
- b) Epifito: Liquen que vive en la corteza de las plantas de madera (árboles y arbustos) sin estar orgánicamente unida a ella. El pH de la corteza es un factor ecológico importante para ciertos líquenes y la selección de flora epífita. (Llatance, 2017)
- c) Forofito: planta que porta líquenes epifitos. (Llatance, 2017)
- d) Índice de pureza ambiental. - El índice de pureza atmosférica es uno de los primeros métodos para calcular la calidad atmosférica utilizando liquen como bioindicador. Se refiere a la variedad, frecuencia y cobertura de líquenes (Villamar, 2018)
- e) Liquen: un liquen es una planta criptogámica talofita que consiste en un hongo que vive en simbiosis estrecha con algas clorofitas o cianofitas y se ve afectado por el sistema fúngico. (Villamar, 2018)
- f) Simbiosis: vida común de dos o más organizaciones para el beneficio mutuo de los participantes o los simbiosites. (Llatance, 2017)
- g) Taxonomía: Ciencia responsable del nombre, descripción y clasificación de los organismos vivos. (Llatance, 2017)

- h) Bioindicador: organismos capaces de expresar la relación entre un medio y un contaminante, acumulando los polutantes y se refleja su alteración en su fisiología.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El presente estudio pertenece a una investigación descriptiva, con el fin de contribuir y ampliar el conocimiento científico existente, se llevara a cabo la observación, descripción de eventos y situación sin tener que influir sobre estos.

3.1.2. Diseño de Investigación

El presente estudio de investigación presenta un diseño de campo, debido a que se llevara a cabo en un entorno natural no hay manipulación de variables.

3.2. Acciones y actividades

El estudio de investigación se establecerá de la siguiente manera:

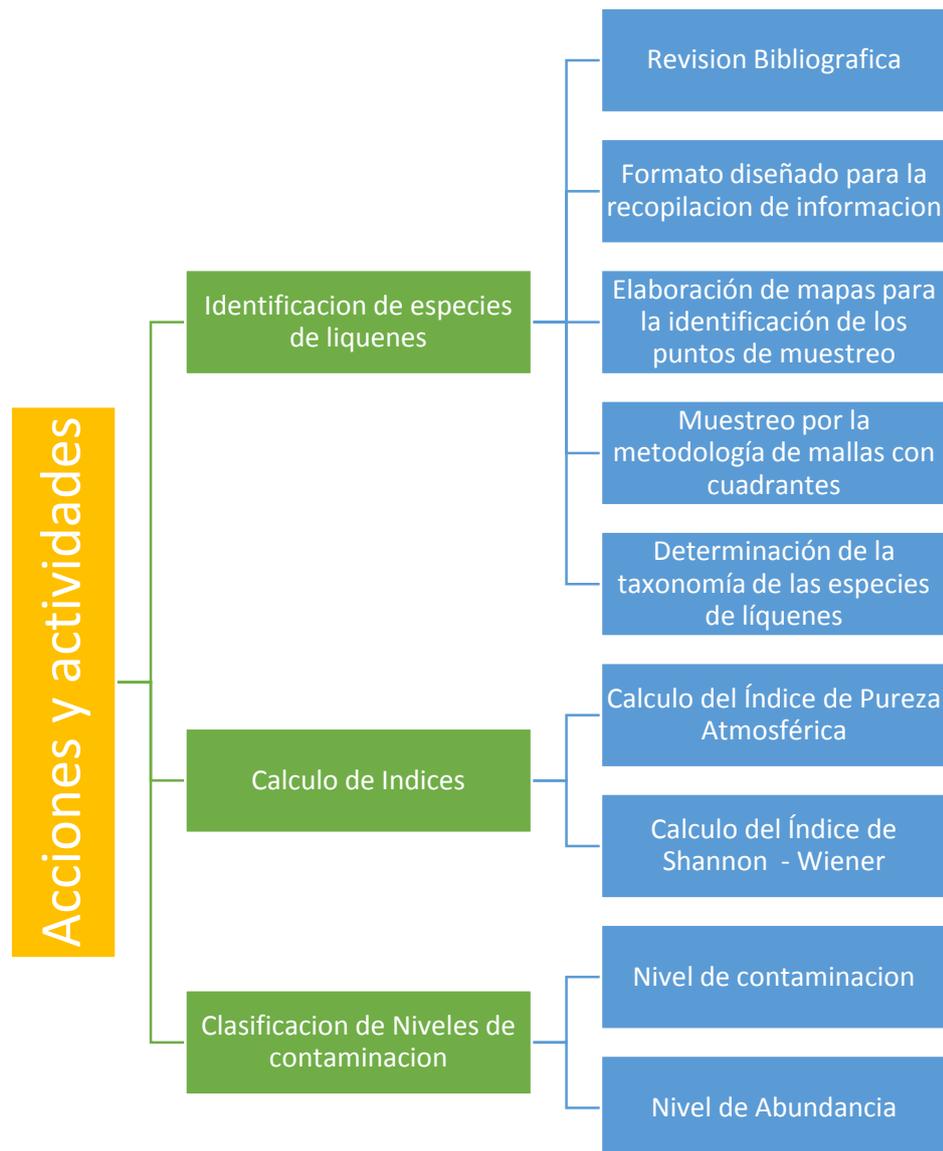


Figura 5: Esquema de las actividades y acciones del estudio de investigación

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1. Identificación de especies de líquenes

3.2.1.1. Revisión Bibliográfica, Recopilación de información

Se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema de líquenes como bioindicadores ambientales para medir la calidad del aire, obteniendo información del uso de líquen en zonas urbanas así como en zonas rurales. Además de recopilar información en ámbito internacional, nacional y local.

3.2.1.2. Formato diseñado para la recopilación de información de la actividad de campo

Se elaboró un formato para los futuros datos recolectados en la fase de campo, donde se anotarán las muestras de cada cuadrícula de la malla por cada forofito estudiado.

En base a los datos establecido por Coronado y Catiblanco (2019) se adecuara la información al formato con respecto a este trabajo de investigación complementando en la ficha de campo con los siguientes datos: nombre del sitio de recolección, fecha del muestreo, número o código asignado al árbol muestreado, las coordenadas, orientación y altura de la malla y especie de forofitos.

La ficha técnica de campo a utilizar es la siguiente:

Los forofitos a seleccionar para el estudio, serán escogidos de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Árboles adultos sanos, 50 cm de perímetro como mínimo.
- b) Corteza rugosa
- c) Árboles inclinados, dañados, pintados y de corteza lisa serán excluidos.
- d) Con respecto a la unidad de muestreo, para el estudio se define por un grupo de diez árboles. Si en caso, el número de árboles no llegara a diez, los parámetros medidos dentro del método IPA serán extrapolados a 10 y en las zonas donde sobrepasan los 10 árboles requeridos para la aplicación del método, los resultados y sus parámetros serán convertidos, usando la regla de tres simple, al equivalente de 10 árboles.

Se seleccionaran 10 puntos por cada zona para el estudio de muestreo, teniendo en consideración las siguientes características:

- a) Presencia de forofitos con presencia de líquenes
- b) Determinación del transecto, corresponde a la vía de tráfico vehicular
- c) Identificación de las actividades cercanas a la zona (comercial, residencial e industrial)
- d) Condiciones del ambiente (zonas de contaminación y zonas sin contaminación)

Después de seleccionar las zonas para el estudio de la muestra, se usa la metodología propuesta por Canseco (2006), la norma VDI-3799 consiste en emplear una rejilla de relevamiento de líquenes a cada forofito, en otros estudios se usa una malla con la función de la rejilla (Coronado y Catiblanco, 2019). La altura establecido para el muestreo estará entre 1,50 hasta 2 metros. La rejilla debe ser de 20 x 50 cm dividida en cuadrículas de 10 x 10 cm.

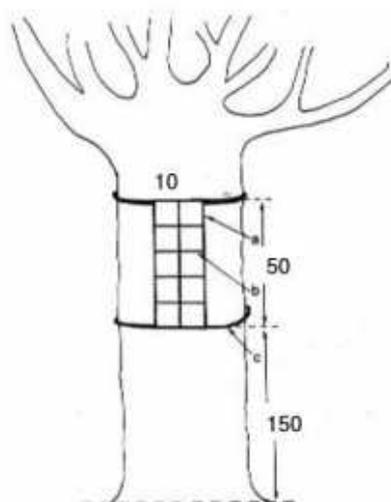


Figura 7: Dibujo esquemático del árbol con la rejilla de relevamiento de los líquenes según la norma VDI-3799

Fuente: Canseco et al. 2006

Se registrará fotográficamente cada cuadrante de la rejilla para evidenciar la presencia y/o ausencia de líquenes. Posteriormente, el formato de ficha de campo se llenará con la información de datos recolectados en el muestreo, así como el conteo de especies de líquenes y número de individuos por especie hallados en cada cuadrícula.

Se medirán parámetros en los forofitos a estudiar, los cuales son:

- a) Frecuencia: concierne al número de cuadrados que se encuentra una especie de líquen para el estudio.
- b) Cobertura: cantidad de la especie específica en la superficie cubierta.
- c) Presencia de la especie en los 10 árboles estudiados.

Se seleccionarán árboles sin presencia de organismos líquenicos de acuerdo a las siguientes características:

- a) Árboles adultos, sanos, con un mínimo de 50 cm de perímetro
- b) Corteza rugosa
- c) Árboles inclinados, pintados y dañados con corteza lisa serán excluidos.

3.2.1.5. Determinación de las especies de líquenes y tipo de forofito.

Durante el muestreo de líquenes en la corteza de los forofitos en la zona de estudio se identificara la especie de líquenes con ayuda de bases bibliográficas, los cuales se usaran los siguientes documentos:

3.2.1.5.1. Identificación de líquenes

Diversidad de Líquenes en el Anexo de Tuctumpaya, Distrito de Pocsi, Arequipa: este trabajo de investigación es un estudio sobre la diversidad de líquenes, los cuales se determinaron a través de la observación con respecto a sus características morfológicas macroscópicas. Este documento registra un total de 34 taxa, determinándose 29 distribuidos en 14 familias y 27 géneros, con 5 muestras no determinadas. (Ramos, 2013)

Este documento ayudara en la identificación de especies de líquenes en la investigación debido a las descripciones específicas como color, tamaño y otras características morfológicas de líquenes.

Moreno (2007) Guía Ilustrada de Líquenes de Venezuela contiene una galería fotográfica de diferentes géneros de líquenes, por lo que se identificara de acuerdo a su morfología de los bioindicadores ambientales en el presente estudio de investigación.

3.2.2. Cálculo del Índice de Pureza Ambiental y el Índice de Shannon - Wiener

El cálculo de los Índices se realizaran con los datos obtenidos de la identificación de especies liquenicas, procediendo a usar el programa Excel para mejor organización de las tablas de datos.

3.2.2.1. Índice de Pureza Ambiental

Santoni y Lijteroff (2006) afirman que "el índice de pureza atmosférica (API) hace posible evaluar la calidad del aire con el liquen al combinar el número de especies presentes en un lugar con su sensibilidad a ciertos contaminantes". Además, Leblanc y De Sloover; (1970) (citado en Coronado y Catiblanco, 2019) desarrolló un método para calcular el API, un método modificado por varios autores para calcular la calidad del aire utilizando liquen como indicador.

$$IPA = \sum_1^n \frac{(Q * f)}{10}$$

Ecuación 1

Dónde:

n = Número de especies encontradas

Q = Índice ecológico o factor de acompañamiento para cada especie (es decir, el número promedio de especies que coexistieron con cada especie)

f = Cobertura o frecuencia de cada especie.

Se realizara en un formato de Excel el Índice de Pureza Ambiental para establecer de manera ordenada los datos y abundancia de especies identificadas en la fase de campo. Lo cual se calculara el factor Q de la formula IPA y, posteriormente a la formula IPA.

Factor Q= [Total presencia de la especie 1 en el sitio 1 * (Total de especies del sitio uno -1) + Total presencia especie 1 en el sitio 2* (Total de especies del sitio 2 -1) + Total... +Total presencia especie 1 en el sitio n * (Total de especies del sitio n -1)] / Total presencia especie 1 sitio 1 + Total presencia de especie 1 sitio 2 + Total presencia de la especie 1 sitio 3 +... Total presencia de la especie 1 en el sitio n. (Moncada, 2018 citado en Coronado y Catiblanco, 2019)

Calculo del Factor Q

$$= \frac{\sum(\text{Total presencia de una especie en sitio } n) * (\text{Total de especies en el sitio } n - 1)}{\sum \text{Total de especies en los diferentes sitios}}$$

Ecuación 2

Luego de calcular el valor Q para cada especie, se calcula el IPA.

3.2.2.2. Índice de Shannon – Wiener

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Wiener (1949) (citado en Coronado y Catiblanco, 2019). El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad basada en dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Este índice ha sido utilizado por varios autores, en particular: (Santoni y Lijteroff, 2006).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Ecuación 3

Donde:

S = Número de especies

Pi = Proporción de individuos de la especie i con respecto al total de individuos, que surge de:

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

Ecuación 4

ni = Número de individuos de la especie i

N = Número total de individuos de todas las especies

Para el cálculo del Índice de Shannon – Wiener, se realizara en Excel al igual que el Índice de IPA, el cálculo será por cada zona de muestreo donde se observara el total de abundancia de cada especie.

3.2.3. Obtención de niveles de contaminación y abundancia

De acuerdo a la clasificación de niveles de contaminación, los rangos serán adaptados con respecto a los cálculos obtenidos del IPA.

Tabla 1

Nivel y Rango de niveles de contaminación

Nivel	Rango
MUY ALTA	Rangos menores
ALTA	-
MODERADA	-
BAJA	-
MUY BAJA	Rangos mayores

Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, los niveles de abundancia corresponderían al cálculo del Índice de Shannon – Wiener, cuantificando la cantidad de especies y su respectiva diversidad en las zonas estudiadas.

3.3. Materiales y/o instrumentos

3.3.1. Materiales de Campo:

- Wincha: cinta métrica, con la función de medir a la altura de 1.5 metros de alto del forofito.
- Rejilla o malla de 20 x 50 cm, con cuadrículas de 10 x 10 cm: instrumento de material metálico, para la verificación de abundancia liquenica de los forofitos seleccionados para el estudio.
- Formulario (Ficha de campo): se utilizara para el registro de la información del forofito evaluado, como su ubicación, características, abundancia de líquenes, descripción del área, etc.
- Cinta métrica: para realizar las medidas del área del árbol.

3.3.2. Instrumentos de Campo

- Cámara: toma de fotografías para evidencia y registro de los árboles (forofitos) estudiados para el informe de investigación.
- GPS: permite establecer la posición de los forofitos en coordenadas de longitud y latitud.

3.3.3. Materiales de Gabinete

- Google Earth Pro: ubicación de las zonas de evaluación.
- Microsoft Excel: el programa servirá en la elaboración de cuadros y formulas a obtener el Índice de Pureza Atmosférica
- ArcGis 10.5: elaboración de un mapa de las zonas de estudio, con las ubicaciones de los forofitos.

- Laptop

3.4. Población y/o muestra de estudio

Con respecto a la investigación, la muestra de estudio seleccionado debe cumplir las siguientes características: mayor presencia de árboles, distribución en la zona norte, centro y sur, además de fácil acceso. Lo cual al considerarse como población las áreas verdes con mayor diversidad de árboles, se seleccionara 2 zonas urbanas con mayor presencia de árboles aptos a investigar la presencia o ausencia de líquenes.



Figura 8: Localización de las zonas urbanas a estudiar

Fuente: Google Earth



Figura 9: Puntos de muestreo en la zona de Alto Ilo

Fuente: Elaboración Propia



Figura 10: Puntos de muestreo en la zona de Urbanización Garibaldi

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2

Ubicación GPS Datum PSAD 56 de los puntos de muestreo

Puntos de Muestra	Ubicación GPS	
	Zona 1 - Alto Ilo	Zona 2 – Urbanización Garibaldi
1	19k0251720	19k0252281
	UTM 8047227	UTM 8049021
2	19k0251718	19k0252098
	UTM 8047218	UTM 8048850
3	19k0251715	19k0252108
	UTM 8047210	UTM 8048928
4	19k0251691	19k0252244
	UTM 8047199	UTM 8049148
5	19k0251627	19k0252189
	UTM 8047208	UTM 8049134
6	19k0251584	19k0252119
	UTM 8047227	UTM 8049106
7	19k0251509	19k0252167
	UTM 8047138	UTM 8049117
8	19k0251561	19k0252099
	UTM 8047301	UTM 8049134
9	19k0251511	19k0252124
	UTM 8047179	UTM 8049166
10	19k0251526	19k0252072
	UTM 8047227	UTM 8048873

Fuente: Elaboración Propia

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el tratamiento de datos y análisis estadísticas será a través de pruebas de correlación entre las variables, usando los datos obtenidos y registrados en hojas de cálculo de Excel. Las pruebas de correlación miden el grado de asociación entre las variables.

Los valores de la correlación de Pearson corresponde desde -1 hasta 1, los valores en los extremos reflejan mayor correlación entre las variables, el 0 se considera la no existencia de correlación. Con respecto a los signos, el signo positivo o negativo del coeficiente de correlación expresa si la relación es directa, si es positivo, o inversa, si es negativo. (Lizama y Boccardo, 2014) Referente a la interpretación de resultados se considera la siguiente tabla:

Tabla 3

Clasificación del coeficiente de correlación de Pearson

Coeficiente de Correlación Pearson	Concepto
Entre 0 – 0.2	Correlación mínima
Entre 0.2 – 0.4	Correlación baja
Entre 0.4 – 0.6	Correlación moderada
Entre 0.6 – 0.8	Correlación buena
Entre 0.8 - 1	Correlación muy buena

Fuente: Lizama y Boccardo, 2014

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción de la Especie de Líquenes

4.1.1. Especie: Chrysothrix

Liquen de la Familia Chrysothricaceae del Género Chrysothrix, liquen crustoso, identificado con una superficie de color amarillo a un verde vivo amarillento, con talo costroso leproso. Arenas, J. (2017) describe la especie Chrysothrix presenta soledios finos con una forma esférica a gruesos suelta o desintegrada. Compuesto por un fotobionte primario y secundario.

Barreno, E. Y Pérez, S. (2003) menciona sobre los lugares donde se pueda ubicar esta especie como en grietas de árboles, rocas, hasta en paredes y bloques. Además el talo contiene granulos formados por hfas entrelazadas y anastomosadas, Incluso compuesto por apotecios raros, con o sin excipulo, con un disco amarillo, naranja o marrón.



Figura 11: Chrysothrix

Fuente: Propia

4.1.2. Especie: Caloplaca

Liquen de la Familia Teloschistaceae, dentro del Género Caloplaca. Caracterizado por su color anaranjado en la superficie con manchas de color marrón, presentado por un talo crustoso, no tiene estructuras reproductivas. Según la información por Barreno, E. Y Pérez, S. (2003) las especies con un color anaranjado en sus apotecios y/o talos, acumulan parietina, lo cual esta

sustancia se acumula en la cortex o en epitecios con el fin de filtrar las radiaciones UV para proteger el aparato fotosintético de las algas.



Figura 12: Caloplaca

Fuente: Propia

4.1.3. Especie: Lepraria

Liquen de la Familia Stereocaulaceae del Género Lepraria, caracterizado por forma costras de manera irregular de un color verde – amarillento. Esta especie es conocida por ser muy frecuente en la roca, madera, cortezas, hasta sobre otros líquenes.

Otras características de la especie Lepraria se encuentra el talo característico crustoso – granular con apariencia pulverulenta, con granulos pequeños, con bordes lobulados, cubiertos por un entramado de hifas, algunas se pueden extruirse, de manera que se proyecta hacia su exterior. Fotobionte: algas verdes diversas, no anaranjadas. (Barreno, E. Y Pérez, S., 2003)



Figura 13: *Lepraria*

Fuente: Propia

4.2. Digitalización de los datos en Excel

En hojas de Excel se realizó la digitalización de los datos recopilados de la salida de campo, de esta forma se tendrá de manera ordenada los datos necesarios para el cálculo del Índice de Pureza Atmosférica y del Índice de Shannon – Wiener.

Tabla 4

Datos obtenidos del muestreo en la zona de Alto Ilo

Sitio N°01: Alto Ilo					
Especies Puntos de muestreo	<i>Chrysothrix</i> <i>sp.1 (amarillo)</i>	<i>Chrysothrix</i> <i>sp.2 (verde)</i>	<i>Lepraria</i> <i>sp.1</i> (amarillo)	<i>Caloplaca</i> <i>sp.1</i>	Total de individuos
Valores Q	7.00	3.00	8.00	6.00	
1	2	0	0	0	2
2	3	0	7	0	10
3	0	0	7	0	7
4	3	0	0	0	3
5	0	0	1	0	1
6	0	0	3	5	8
7	4	0	2	0	6
8	1	0	1	3	5
9	5	4	7	6	22
10	0	0	0	1	1
Total Abundancia por especie	18	4	28	15	65
Total Presencia	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N°04 está representado del conteo de cada especie de liquen en los 10 árboles muestreados en la zona N°01 Alto Ilo, siendo la especie *Lepraria* con mayor abundancia de liquen encontrados, posteriormente le siguen *Chrysothrix sp.1*, *Caloplaca sp.1* y *Chrysothrix sp.2*.

Tabla 5

Datos obtenidos del muestreo en la zona de Urbanización Garibaldi

Sitio N°02: Urbanización Garibaldi					
Especies Puntos de muestreo	<i>Chrysothrix sp.1 (amarillo)</i>	<i>Chrysothrix sp.2 (verde)</i>	<i>Lepraria sp.1 (amarillo)</i>	<i>Caloplaca sp.1</i>	<i>Total de individuos</i>
Valores Q	2.00	1.00	2.00	1.00	
1	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	1
3	2	0	0	0	2
4	2	0	4	0	6
5	4	0	2	0	6
6	0	0	0	4	4
7	5	0	0	0	5
8	0	0	0	0	0
9	0	0	4	0	4
10	0	0	3	0	3
Total Abundancia por especie	14	0	14	4	32
Total Presencia	1	0	1	1	

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N°05 está representado del conteo de cada especie de liquen en los 10 árboles muestreados en la zona N°02 Urbanización Garibaldi, siendo la especie *Chrysothrix sp.1*, con mayor abundancia de liquen encontrados en la zona, la segunda especie abundante es *Lepraria sp.1*, siguen la especie *Caloplaca sp.1* y la especie *Chrysothrix sp.2* no se encontró evidencia de abundancia de la especie.

Tabla 6

Total de especies por cada árbol en las dos zonas del estudio

Puntos	Total de Especies	
	Alto Ilo	Urbanización Garibaldi
1	1	1
2	2	1

3	1	1
4	1	2
5	1	2
6	2	1
7	2	1
8	3	0
9	4	1
10	1	1

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N°06 se presenta la distribución de las especies por cada forofito muestreados en las dos zonas de estudio, se muestra que la mayoría de forofitos, una sola especie de líquen predominaba, mientras que algunos forofitos se presentaban más de 2 especies en los árboles.

Tabla 7

Frecuencia de especies en la zona de Alto Ilo

Sitio N°01: Alto Ilo				
Especies	<i>Chrysothrix</i> <i>sp.1 (amarillo)</i>	<i>Chrysothrix</i> <i>sp.2 (verde)</i>	<i>Lepraria</i> <i>sp.1</i> (amarillo)	<i>Caloplaca</i> <i>sp.1</i>
1	2	0	0	0
2	2	0	3	0
3	0	0	5	0
4	3	0	0	0
5	0	0	1	0
6	0	0	2	3
7	3	0	2	0
8	1	0	1	2
9	1	1	4	1
10	0	0	0	1

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N°07 se refiere a la cantidad de cuadrillas de la malla ocupaban los líquenes en la salida de campo, en la zona de Alto Ilo.

Tabla 8

Frecuencia de especies en la zona de Urbanización Garibaldi

Sitio N°02:Urbanizacion Garibaldi				
Especies	<i>Chrysothrix</i> sp.1 (amarillo)	<i>Chrysothrix</i> sp.2 (verde)	<i>Lepraria</i> sp.1 (amarillo)	<i>Caloplaca</i> sp.1
1	1	0	0	0
2	0	0	1	0
3	1	0	0	0
4	2	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	0	0	2
7	4	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	1	0
10	0	0	2	0

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N°08 se refiere a la cantidad de cuadrillas de la malla ocupaban los líquenes en la salida de campo, en la zona de Urbanización Garibaldi.

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

Tabla 9

Resultados del Cálculo del Índice de pureza atmosférica (IPA) en cada árbol, de cada sitio de estudio.

Índice de Pureza Atmosférica		
Árboles	Alto Ilo	Urbanización Garibaldi
1	4.8	0.45
2	12	0.45
3	12	0.45
4	7.2	1.35
5	2.4	0.90
6	12	0.90
7	12	1.80

8	9.6	0.00
9	16.8	0.45
10	2.4	0.90

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°9 son los resultados del Índice de Pureza Atmosférica obtenidos por la Ecuación N°01 parte de la metodología, realizadas en tablas de Excel con los resultados anteriores.

Se observa en la zona de Alto Ilo obtiene datos desde 2.4 hasta 16.8, por otro lado, en la zona de Urbanización Garibaldi sus datos son bajos que varían desde 0 hasta 1.80, lo cual se indica contaminación alta. Para un resultado general del IPA en las zonas de estudio, se realiza el promedio del IPA de los diez arboles estudiados de cada sitio, resultando la siguiente tabla:

Tabla 10

Resultados del Índice de Pureza Atmosférica IPA según los sitios de estudios

Sitio	Alto Ilo	Urbanización Garibaldi
IPA	9.12	0.77

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Resultado del Índice de Shannon Wiener

Se obtienen las tablas 11 y 12 con la condición del Índice de Shannon Wiener se expresa con un resultado positivo, en la mayoría de ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5; aunque en su valor normal esta entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. (Mora, C. et. al., 2017)

Tabla 11

Digitalización del procedimiento del Cálculo de Índice de Shannon Wiener de la zona de Alto Ilo

Sitio N°01: Alto Ilo				
Especies	N° de individuos (N)	Pi	Pi*LnPi	
<i>Chrysothrix sp.1 (amarillo)</i>	18	0.2769	-0.3556	
<i>Chrysothrix sp.2 (verde)</i>	4	0.0615	-0.1716	
<i>Lepraria sp.1 (amarillo)</i>	28	0.4308	-0.3628	
<i>Caloplaca sp.1</i>	15	0.2308	-0.3384	
	65	1	-1.2283	
			-1	
H (Shannon)			1.22832037	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

Digitalización del procedimiento del Cálculo de Índice de Shannon Wiener de la zona de Urbanización Garibaldi

Sitio N°02: Urbanización Garibaldi				
Especies	N° de individuos (N)	Pi	Pi*LnPi	
<i>Chrysothrix sp.1 (amarillo)</i>	14	0.4375	-0.361672	
<i>Chrysothrix sp.2 (verde)</i>	0	0	0	
<i>Lepraria sp.1 (amarillo)</i>	14	0.4375	-0.361672	
<i>Caloplaca sp.1</i>	4	0.125	-0.25993	
	32	1	-0.983274	
			-1	
H (Shannon)			0.98327394	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13

Resultado del cálculo del Índice de Shannon - Wiener

Zonas	Shannon Wiener
Alto Ilo	1.228320372
Urbanización Garibaldi	0.983273944

Fuente: Elaboración Propia

La zona de Alto Ilo obtuvo 1.23 del Índice de Shannon, mientras que la zona de Urbanización Garibaldi resultó 0.98, lo cual resultaría que ambas zonas de estudio son consideradas bajas en diversidad debido a que no superan el valor de 2

4.5. Resultados de Obtención de contaminación

Los rangos a usar para los niveles de clasificación se adecuan de acuerdo a los datos obtenidos en el cálculo del Índice de Pureza Atmosférica IPA, lo que depende la sensibilidad de las especies en cada territorio. Para el estudio, se tiene los siguientes rangos de la clasificación y nivel correspondiente:

Tabla 14

Clasificación de niveles de contaminación

Nivel	Rango
Muy Alta	0 – 3.36
Alta	3.37 – 6.72
Moderado	6.73 – 10.08
Baja	10.09 – 13.44
Muy Baja	13.45 – 16.8

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15

Resultados de los Niveles de Contaminación de cada árbol de cada zona de estudio.

IPA				
Punto de muestra	Alto Ilo	Nivel de Contaminación	Urbanización Garibaldi	Nivel de Contaminación
1	4.8	Alta	0.45	Muy Alta
2	12	Baja	0.45	Muy Alta
3	12	Baja	0.45	Muy Alta
4	7.2	Moderado	1.35	Muy Alta
5	2.4	Muy Alta	0.90	Muy Alta
6	12	Baja	0.90	Muy Alta
7	12	Baja	1.80	Muy Alta
8	9.6	Moderado	0.00	Muy Alta
9	16.8	Muy Baja	0.45	Muy Alta
10	2.4	Muy Alta	0.90	Muy Alta

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 15 se clasifica los resultados obtenidos del IPA de acuerdo al resultado de los rangos de contaminación de la tabla 14. Resultando en la zona de Alto Ilo se muestra variedad de la calidad de aire, mientras en la zona de Urbanización Garibaldi se muestra que los 10 puntos de estudio son parte del nivel de contaminación muy alta.

Tabla 16

Resultado de los niveles de contaminación en cada zona de estudio

Sitio	Alto Ilo	Urbanización Garibaldi
IPA	9.12	0.77
Nivel de Contaminación	Moderado	Muy Alta

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a los promedios de las zonas, de manera general, la zona de Alto Ilo se encuentra en el nivel de contaminación moderada, mientras en la zona de Urbanización Garibaldi es de nivel muy alto de contaminación.

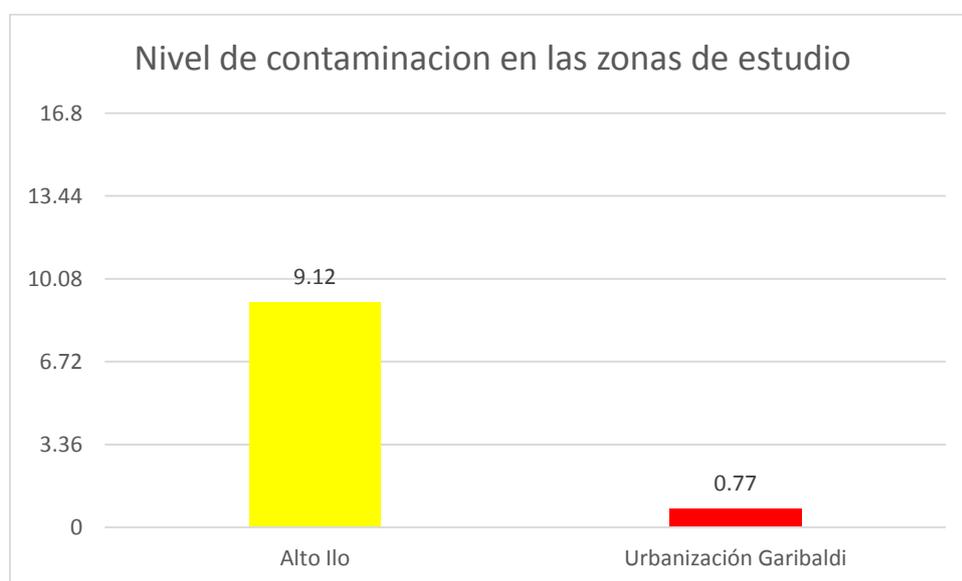


Figura 14: Nivel de contaminación en las dos zonas de estudio

Fuente: Elaboración Propia

4.6. Resultados de Nivel de abundancia

La diversidad liquenica o más conocida como la abundancia, se encarga de cuantificar la cantidad de las especies presentes y su diversidad en cada sitio estudiado, para relacionar esta variable con la calidad del aire.

Tabla 17

Cantidad de especies liquenicas en cada sitio de estudio correspondiendo a la presencia y número de individuos.

Especies	Alto Ilo	Urbanización Garibaldi	Presencia	Individuos
<i>Chrysothrix sp.1</i> (amarillo)	X	x	2	32
<i>Chrysothrix sp.2</i> (verde)	X	-	1	4
<i>Lepraria sp.1</i> (amarillo)	X	x	2	42
<i>Caloplaca sp.1</i>	X	x	2	19
Total especies en cada zona	4	3	-	-
Total individuos de todas las especies	-	-	-	97

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 17 se muestra la cantidad total de individuos de las especies entre las dos zonas de estudio, resultando un total de 97 individuos de líquenes. Por otra parte en la figura 15, se compara la cantidad de individuos por especie de líquenes, la *Lepraria* supera a las otras especies con una cantidad de 42 individuos.

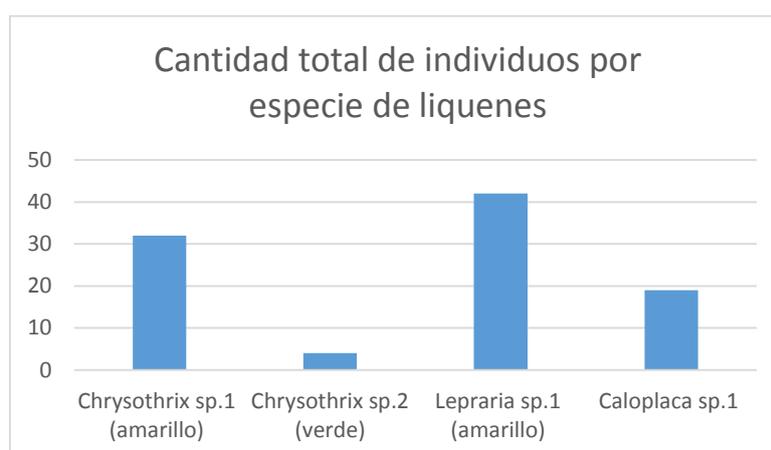


Figura 15: Cantidad de los individuos totales por especies de líquenes por las dos zonas estudiadas.

Fuente: Elaboración Propia

Para el análisis de diversidad liquenica o abundancia por cada zona se obtienen los siguientes resultados:

En la tabla 18 se presentan las cantidades de especies en cada zona, donde en la zona de Alto Ilo se encuentran 4 especies, mientras en la zona de Urbanización Garibaldi solo se presencia 3 especies.

Tabla 18

Cantidad de especies encontradas por zona

Zonas	Cantidad de Especies
Alto Ilo	4
Urbanización Garibaldi	3

Fuente: Elaboración Propia

4.6.1. Zona Alto Ilo

Tabla 19

Cantidad de especies y número de individuos de líquenes encontrados en la Zona de Alto Ilo

Zona	Especies	Individuos
Alto Ilo	<i>Chrysothrix sp.1</i> (amarillo)	18
	<i>Chrysothrix sp.2</i> (verde)	4
	<i>Lepraria sp.1</i> (amarillo)	28
	<i>Caloplaca sp.1</i>	15
	Total	65

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 19 se muestra las 4 especies de la zona con su total de individuos encontrados de cada especie, resultando un total de 65 individuos de líquenes, predominando la especie de *Lepraria*.

Figura 16: Cantidad de especies e individuos de líquenes en la zona de Alto Ilo

Fuente: Elaboración Propia

4.6.2. Zona Urbanización Garibaldi

Tabla 20

Cantidad de especies y número de individuos de líquenes encontrados en la Zona de Alto Ilo

Zona	Especies	Individuos
Urbanización Garibaldi	<i>Chrysothrix sp.1</i> (amarillo)	14
	<i>Lepraria sp.1</i> (amarillo)	14
	<i>Caloplaca sp.1</i>	4
	Total	32

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 20 se muestra las 3 especies de la zona con su total de individuos encontrados de cada especie, resultando un total de 32 individuos de líquenes. A comparación de la Zona de Alto Ilo, esta zona presentan menos individuos de líquenes.

Figura 17: Cantidad de especies e individuos de líquenes en la zona de Alto Ilo

Fuente: Elaboración Propia

4.7. Correlación de Pearson de las variables

4.7.1. Contraste de hipótesis general – Contaminación general vs total de especies en Ilo

La presente tabla se correlacionan las variables generales de la contaminación general en la ciudad de Ilo, referentes a las dos zonas estudiadas con la variable del total de especies de líquenes encontrados.

Tabla 21

Correlación general de las variables contaminación y especies

Correlaciones			
		Contaminación general en Ilo (representativo)	Total de especies en Ilo (representativo)
Contaminación general en Ilo (representativo)	Correlación de Pearson	1	,437
	Sig. (bilateral)		,050
	N	20	20
Total de especies en Ilo (representativo)	Correlación de Pearson	,437	1
	Sig. (bilateral)	,050	
	N	20	20

Fuente: Elaboración Propia

El coeficiente de Pearson entre las dos variables es de 0.437 indicando que existe una correlación moderada, este resultado se obtiene de acuerdo a la Tabla N°3. La dirección de la correlación es positiva, en otros términos, directa

Asimismo presenta una significancia de 0.050, lo cual cumple estar trabajando en el 5% de significancia, indicando que existe una correlación y se prueba la hipótesis que la presencia de líquenes está relacionado con las áreas de contaminación representados por el Índice de Pureza Atmosférica

4.7.2. Contraste de hipótesis de la zona N°01 – Alto Ilo

Tabla 22

Correlación de las variables en la zona de Alto Ilo

Correlaciones			
		Contaminación general en Alto Ilo	Total de especies en Alto Ilo
Contaminación Alto Ilo	Correlación de Pearson	1	,521
	Sig. (bilateral)		,050
	N	10	10
Total de especies en Alto Ilo	Correlación de Pearson	,521	1
	Sig. (bilateral)	,050	
	N	10	10

Fuente: Elaboración Propia

El coeficiente de Pearson entre las dos variables es de 0.521 indicando que existe una correlación moderada, este resultado se obtiene de acuerdo a la Tabla N°3 La dirección de la correlación es positiva, en otros términos, directa.

Asimismo presenta una significancia de 0.050, lo cual cumple estar trabajando en el 5% de significancia, indicando que existe una correlación y se prueba la hipótesis que la presencia de líquenes está relacionado con las áreas de contaminación representados por el IPA.

4.7.3. Contraste de hipótesis de la zona N°02 – Urbanización Garibaldi

Tabla 23

Correlación de las variables en la zona de Urbanización Garibaldi

		Correlaciones	
		Contaminación en Urbanización Garibaldi	Total de especies en Garibaldi
Contaminación en Urbanización Garibaldi	Correlación de Pearson	1	,784**
	Sig. (bilateral)		,007
	N	10	10
Total de especies en Garibaldi	Correlación de Pearson	,784**	1
	Sig. (bilateral)	,007	
	N	10	10

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

El coeficiente de Pearson entre las dos variables es de 0.784 indicando que existe una correlación buena. La dirección de la correlación es positiva o directa

Asimismo presenta una significancia de 0.007, lo cual cumple estar trabajando en el 5% de significancia, indicando que la correlación es significativa al nivel 0.01, en sí, existe una correlación y se prueba la hipótesis que la presencia de líquenes está relacionado con las áreas de contaminación representados por el Índice de Pureza Atmosférica.

4.7.4. Contraste de hipótesis entre contaminación y las especies encontradas en la Zona N° 01 – Alto Ilo

4.7.4.1. Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie Chrysothrix sp.1

El coeficiente de Pearson entre las dos variables de la Tabla N°24 en el Anexo 4 es de 0.542 indicando que existe una correlación moderada La dirección de la correlación es positiva o directa.

Pero presenta una significancia de 0.106, lo que excede del 5% de significancia, indicando que la correlación no es significativa, en otras palabras, no existe una correlación entre las variables.

4.7.4.2. Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie *Chrysothrix* sp. 2

El coeficiente de Pearson entre las dos variables de la Tabla N°25 en el Anexo 4 es de 0.823 indicando que existe una correlación muy buena. La dirección de la correlación es positiva o directa

Asimismo presenta una significancia de 0.003, lo cual cumple estar trabajando en el 5% de significancia, indicando que la correlación es significativa al nivel 0.01, en sí, existe una correlación y se prueba la hipótesis que la presencia de líquenes está relacionado con las áreas de contaminación representados por el IPA.

4.7.4.3. Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie *Lepraria* sp. 1

El coeficiente de Pearson entre las dos variables de la Tabla N° 26 en el Anexo 4 es de 0.128 indicando que existe una correlación muy mínima. Pero presenta una significancia de 0.724, lo que excede del 5% de significancia, indicando que la correlación no es significativa, en otras palabras, no existe una correlación entre las variables.

4.7.4.4. Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie *Caloplaca* sp. 1

El coeficiente de Pearson entre las dos variables de la Tabla N° 27 en el Anexo 4 es de 0.617 indicando que existe una correlación buena. La dirección de la correlación es positiva o directa

Asimismo presenta una significancia de 0.050, lo cual cumple estar trabajando en el 5% de significancia, indicando que la correlación es significativa, existiendo una correlación y se prueba la hipótesis que la presencia de líquenes está relacionado con las áreas de contaminación representados por el IPA.

4.7.5. Contraste de hipótesis entre contaminación y las cuatro especies en la Zona N°02 – Urbanización Garibaldi

4.7.5.1. Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie *Chrysothrix* sp.1

El coeficiente de Pearson entre las dos variables de la Tabla N°28 en el Anexo 5 es de 0.688 indicando que existe una correlación buena. La dirección de la correlación es positiva o directa

Asimismo presenta una significancia de 0.028, lo cual cumple estar trabajando en el 5% de significancia, indicando que la correlación es significativa, existiendo una correlación.

4.7.5.2. Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie *Chrysothrix* sp. 2

En la Tabla N°29 en el Anexo 5, la correlación no existe debido a que en la zona de Urbanización Garibaldi no se detectó presencia de la especie de *Chrysothrix* sp. 2, por lo que no existe la variable de especies de líquenes para la correlación.

4.7.5.3. Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie *Lepraria* sp. 1

El coeficiente de Pearson entre las dos variables de la Tabla N° 30 en el Anexo 5 es de 0.179 indicando que existe una correlación muy mínima. Pero presenta una significancia de 0.621, lo que excede del 5% de significancia, indicando que la correlación no es significativa, en otras palabras, no existe una correlación entre las variables.

4.7.5.4. Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie *Caloplaca* sp. 1

El coeficiente de Pearson entre las dos variables de la Tabla N° 31 en el Anexo 5 es de 0.091 indicando que existe una correlación muy mínima. Pero presenta una significancia de 0.803, lo que excede del 5% de significancia, indicando que la correlación no es significativa, en otras palabras, no existe una correlación entre las variables.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Líquenes

Se identificaron 4 especies de líquenes en las dos zonas de estudio; se registraron los géneros de Caloplaca, Lepraria y dos especies de Chrysothrix; lo cual, la especie Lepraria resulto tener la cantidad mayor total de individuos de las dos zonas de estudio, seguida de la Chrysothrix sp1, posteriormente la especie Caloplaca y por último la especie Chrysothrix sp2 resultando la especie de liquen con menor cantidad total de individuos de las zonas estudiadas.

5.2. Índice de Pureza Atmosférica (IPA) Y Niveles de contaminación ambiental

Se realizó el cálculo de Índice de Pureza Atmosférica obteniendo los rangos para los niveles de contaminación establecidos, por consiguiente, se obtiene un nivel “Moderado” de contaminación en la zona de Alto Ilo; mientras en la zona de Urbanización Garibaldi resulto con un nivel de contaminación “Muy Alto”. (Ver Tabla N°15).

La zona de Urbanización Garibaldi resulto con un alto nivel de contaminación, este resultado se debe a la cercanía de la Avenida Mariano Lino Urquieta, siendo un flujo vehicular principal de la ciudad de Ilo debido a su constante transito diario, además de la poca presencia de vegetación. Coronado, K. (2019) señala diferentes factores como la cercanía a zonas con un alta actividad de tránsito, presencia de industrias y zonas residenciales, mínima presencia de vegetación cercana que pueda evitar los materiales contaminantes y a la vez genere un equilibrio estable de microclima.

La zona de Alto Ilo resulto con un nivel de contaminación “Moderada”, lo cual se debe a la existencia de líquenes y una moderada presencia de vegetación, pero a la vez no es tan abundante. En la zona hay demasiada presencia residencial, mientras que un flujo vehicular menor a comparación de la zona de Urbanización Garibaldi, debido a la lejanía de la zona con una de las avenidas principales de tráfico.

5.3. Índice de Shannon Wiener y abundancia de especies

5.3.1. Índice de Shannon Wiener

El Índice de Shannon Wiener se expresa con un resultado positivo, en la mayoría de ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5; aunque en su valor normal esta entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral; y los menores las zonas desérticas. De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área (riqueza de especie), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). (Mora, C. et. al., 2017)

La zona de Alto Ilo obtuvo 1.23 del Índice de Shannon, mientras que la zona de Urbanización Garibaldi resultó 0.98, lo cual resultaría que ambas zonas de estudio son consideradas bajas en diversidad debido a que no superan el valor de 2.

Según Coronado, K. (2019), el resultado del Índice de Shannon Wiener se debe a que la cantidad y diversidad de la zona se sujeta de la calidad ambiental de la misma, los cuales puede llegar a tener resultados idénticas como el Cálculo del IPA, pero, el resultado puede variar si se encuentra especies de líquenes resistentes a las partículas contaminantes, lo que suelen considerar un crecimiento libre de competencia.

5.3.2. Abundancia de las especies de líquenes

Especies con mayor cantidad en las dos zonas: La especie con mayor cantidad encontrada es la *Lepraria*, presente en las dos zonas muestreadas, estando presente en la mayoría de forofito muestreados y número de individuos es elevado. Según Villamar O. (2018) indica que las especies *Lepraria* son resistentes a la contaminación, llegando a sobrevivir en ambientes de contaminación alta.

Especies con menor cantidad en las dos zonas: Una de las especies con baja cantidad de individuos es la *Chrysothrix*, a los resultados obtenidos se interpreta que la especie de líquen no tolera la alta contaminación por lo que su presencia es casi escasa.

CONCLUSIONES

La evaluación de la calidad de aire en la Ciudad de Ilo se obtuvieron dos resultados, los cuales se eligieron dos zonas de la ciudad para el trabajo de investigación, la zona 1 – Alto Ilo obtuvo un nivel moderada de contaminación, mientras tanto, en la zona 2 – Urbanización Garibaldi, resulto con un nivel muy alto de contaminación.

Se identificaron 4 especies de líquenes en las dos zonas de estudio; se registraron los géneros de Caloplaca, Lepraria y dos especies de Chrysothrix; lo cual, la especie Lepraria resulto tener la cantidad mayor total de individuos de las dos zonas de estudio, seguida de la Chrysothrix sp1, posteriormente la especie Caloplaca y por último la especie Chrysothrix sp2 resultando la especie de liquen con menor cantidad total de individuos de las zonas estudiadas.

Se obtuvo el Índice de Pureza Atmosférica de las dos zonas estudiadas de la ciudad de Ilo escogidos, junto con los rangos para los niveles de contaminación establecidos, por consiguiente, se obtiene 9.12, un nivel “Moderado” de contaminación en la zona de Alto Ilo; mientras en la zona de Urbanización Garibaldi resulto 0.77 con un nivel de contaminación “Muy Alto”.

La zona de Alto Ilo obtuvo 1.23 del Índice de Shannon, mientras que la zona de Urbanización Garibaldi resulto 0.98, lo cual resultaría que ambas zonas de estudio son consideradas bajas en diversidad debido a que no superan el valor de 2.

El coeficiente de Pearson entre las dos variables es de 0.437 indicando que existe una correlación moderada, este resultado se obtiene de acuerdo a la Tabla N° 21. La dirección de la correlación es positiva, en otros términos, directa. Asimismo presenta una significancia de 0.050, lo cual cumple estar trabajando en el 5% de significancia, indicando que existe una correlación y se prueba la hipótesis que la presencia de líquenes está relacionado con las áreas de contaminación representados por el Índice de Pureza Atmosférica.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a ejecutar evaluaciones más detalladas sobre los líquenes, con respecto a su sensibilidad y tolerancia, su comportamiento ante zonas de mayor contaminación del aire. Añadiendo, un estudio sobre los contaminantes presentes como el dióxido de carbono, ozono, entre otros contaminantes y sus efectos en los líquenes.
- Realizar estudios de presencia de líquenes a futuro, debido a que la calidad del aire puede variar en el transcurso del tiempo, así que los líquenes podrían aumentar o disminuir dependiendo a la contaminación presente.
- Para la complementación del estudio de la calidad del aire, se propone un estudio del tráfico vehicular de las zonas cercanas al área de estudio y considerarlo como una variable para la investigación.
- Implementar proyectos de Monitoreo de la Calidad del aire que involucre métodos físicos químicos, con el objetivo de alcanzar mayor información para futuros trabajos de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambrosio, M., & Bringas, B. (2017). *Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca en el año 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca.
- Arenas, J. (2017). *Diversidad Liquenobiota de las Lomas de Tacahuay en el Departamento de Tacna*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.
- Barreno, E. Y Perez, S (2003). *Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias*. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias y KRK ediciones.
- 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(2), 286–307.
- Coronado, K. y Catiblanco, D. (2019). *Líquenes como bioindicadores en la evaluación de la calidad del aire en cinco colegios públicos ubicados en las principales vías de la Ciudad de Bogotá D.C.* (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Cortes, M. y Iglesias, M. (2004) *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. (Primera edición). Universidad Autónoma del Carmen, México.
- Cutipa, M. (2019). *Evaluación de la calidad de aire en la zona de uso turístico y recreativo – Sector Huampal del Parque Nacional Yanachaga Chemilen usando Xanthoria parietina, como bioindicadores* (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- Fernández, S., & Terrón, A. (04 de Enero de 2006). *Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de la Robla (León)*. Leon, España: Leon.
- Hurtado, J. (2005). *Como formular objetivos de investigación. Un acercamiento a la investigación holística*. Instituto Universitario de Tecnología José Antonio Anzoátegui, Caracas, Venezuela.
- Le Blanc, F., y De Sloover, J. (1970). *Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses en Montreal*. *Canadian Journal of Botany*, 1485-1495.

- Llatance, W. (2017). *Determinación de la calidad del aire mediante el uso de líquenes en la microcuenca del Lago Pomacochas, Distrito Florida, Provincia Bongara, Departamento Amazonas, 2016 – 2017*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú.
- Lijteroff, R., Lima, L. y Prieri, B. (2008). *Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina*. Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco y Pedernera.
- Mares, I. (2017). *Líquenes Como Bioindicadores De La Calidad Del Aire*. Universidad Complutense, Madrid.
- Mora, C. et. al. (2017). Evaluación de la biodiversidad estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* | Vol.14 Núm.35 (2017) pág.68-75
- Moreno, Efraín y Sánchez, A. & Hernández, Jesús. (2007). *Guía Ilustrada de Líquenes de Venezuela*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *Contaminación del aire*. Retrieved from https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/air_pollution/es/
- Quispe, K., Ñique, M. y Chuquilin, E. (2015). Líquenes como Bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo Maria, Perú. *Investigation y Amazonia* 2013; 3(2): 99 – 104.
- Ramirez, N., Gomez, M. y Lücking, R. (2014) *Uso de biotipos de líquenes como bioindicadores de perturbación en fragmentos de bosque altoandino (reserva biológica "encenillo", Colombia)* Unidad de Ecología y Sistemática, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Ramos, D. et al. (2013) *Diversidad de Líquenes en Tuctumpaya, Distrito Pocsi, Arequipa – Perú*.
- Rivera, E. (2008). *Estudio de líquenes como indicadores de los niveles de contaminación en el pueblo de Guayama, Puerto Rico*. (Tesis de maestría). Universidad del Turabo, Gurabo.
- Santoni y Lijteroff (2006). *Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la Provincia de San Luis, Argentina*. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 22 (1) 49 – 58, 2006.

Torres, M. (2019) *Liquenes: Los Bioindicadores de la calidad del aire*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas, Chachapoyas.

Villamar, O. (2018). *Evaluación de la Calidad del Aire mediante el Índice de Pureza Ambiental y El análisis de metales pesados en el Liquen Xanthoparmelia sp. (Vain) Hale en la ciudad de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru.

Zegarra, R. (1995). *Plantas Ornamentales de la ciudad de Tacna*. Ciencia & Desarrollo. Núm. 2 (1995)

Anexo 2. Fichas de recopilación de información de salida de campo

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Alto Ilo

ESTACIÓN: 1

FECHA DE RECOLECCIÓN: 24 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Zona montana - alta vegetación. Ubicada en una plaza y cercana a una institución educativa.

FOROJITO N°: 01

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivo

DIÁMETRO DEL ÁRBOL (m): -

COORDENADAS: PK 0551356 VÍA 4043019

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	Conyditaria	2

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Alto Ilo

ESTACIÓN: 1

FECHA DE RECOLECCIÓN: 24 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Plaza. En una zona montana. Alta vegetación.

FOROJITO N°: 02

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivo

DIÁMETRO DEL ÁRBOL (m): -

COORDENADAS: PK 0551356 VÍA 4043019

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	Conyditaria	2
	Agapoda	2

Figura 18: Ficha 1 y 2 de la zona de Alto Ilo

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Alto Ilo

ESTACIÓN: 1

FECHA DE RECOLECCIÓN: 24 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Zona montana - lado de una plaza.

FOROJITO N°: 03

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivo

DIÁMETRO DEL ÁRBOL (m): -

COORDENADAS: PK 0551345 VÍA 4043019

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	Agapoda	2

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Alto Ilo

ESTACIÓN: 1

FECHA DE RECOLECCIÓN: 24 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Zona montana - lado de un colegio.

FOROJITO N°: 04

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivo

DIÁMETRO DEL ÁRBOL (m): -

COORDENADAS: PK 0551341 VÍA 4043019

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	Conyditaria	2

Figura 19: Ficha 3 y 4 de la zona de Alto Ilo

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Alto Ilo

ESTACIÓN: 1

FECHA DE RECOLECCIÓN: 24 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Matorral Alto Ilo

FOROJITO N°: 05

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivio

DIAMETRO DEL ÁRBOL (cm): -

COORDENADAS: 19K 0221627 UTM 8047808

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	<u>Sapota</u>	<u>1</u>

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Alto Ilo

ESTACIÓN: 1

FECHA DE RECOLECCIÓN: 24 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Área de zona del Matorral y presencia de árboles dispersos

FOROJITO N°: 06

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivio

DIAMETRO DEL ÁRBOL (cm): -

COORDENADAS: 19K 0221594 UTM 8047807

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	<u>Sapota</u>	<u>3</u>
	<u>Calceolaria</u>	<u>4</u>

Figura 20: Ficha 5 y 6 de la zona de Alto Ilo

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Alto Ilo

ESTACIÓN: 1

FECHA DE RECOLECCIÓN: 24 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Zona matorral

FOROJITO N°: 07

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivio

DIAMETRO DEL ÁRBOL (cm): -

COORDENADAS: 19K 0221809 UTM 8047812

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	<u>Chagualba</u>	<u>4</u>
	<u>Sapota</u>	<u>2</u>

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Alto Ilo

ESTACIÓN: 1

FECHA DE RECOLECCIÓN: 24 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Zona matorral

FOROJITO N°: 08

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivio

DIAMETRO DEL ÁRBOL (cm): -

COORDENADAS: 19K 0221821 UTM 8047810

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	<u>Chagualba</u>	<u>1</u>
	<u>Sapota</u>	<u>1</u>
	<u>Calceolaria</u>	<u>2</u>

Figura 21: Ficha 7 y 8 de la zona de Alto Ilo

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Urbanización Garibaldi

ESTACIÓN: 2

FECHA DE RECOLECCIÓN: 26 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Una plaza con 2 árboles truncados

FORCITO N°: 01

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivu

DIAMETRO DEL ÁRBOL (cm): -

COORDENADAS: 19K 0252387 UTM 8049024

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	<u>Chrysanthemum</u>	<u>1</u>

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Urbanización Garibaldi

ESTACIÓN: 2

FECHA DE RECOLECCIÓN: 26 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Plaza Belaguer

FORCITO N°: 02

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivu

DIAMETRO DEL ÁRBOL (cm): -

COORDENADAS: 19K 0252387 UTM 8049024

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	<u>Lagerflora</u>	<u>1</u>

Figura 24: Ficha 1 y 2 de la zona de Urbanización Garibaldi

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Urbanización Garibaldi

ESTACIÓN: 2

FECHA DE RECOLECCIÓN: 26 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Plaza Belaguer, con 2 una plaza principal

FORCITO N°: 03

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivu

DIAMETRO DEL ÁRBOL (cm): -

COORDENADAS: 19K 0252387 UTM 8049024

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	<u>Chrysanthemum</u>	<u>2</u>

FICHA DE CAMPO

LUGAR: Urbanización Garibaldi

ESTACIÓN: 2

FECHA DE RECOLECCIÓN: 26 Septiembre

DISTANCIA A LA CARRETERA (m): -

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
Plaza Belaguer, con 2 una plaza principal

FORCITO N°: 04

ESPECIE DE ÁRBOL: Olivu

DIAMETRO DEL ÁRBOL (cm): -

COORDENADAS: 19K 0252387 UTM 8049024

CÓDIGO	ESPECIE	CANTIDAD
	<u>Chrysanthemum</u>	<u>2</u>
	<u>Lagerflora</u>	<u>1</u>

Figura 25: Ficha 3 y 4 de la zona de Urbanización Garibaldi



Figura 29: Zona 1 - Forofito 1



Figura 30: Zona 1 - Forofito 2



Figura 31: Zona 1 - Forofito 3



Figura 32: Zona 1 - Forofito 4



Figura 33: Zona 1 - Forofito 5



Figura 34: Zona 1 - Forofito 6



Figura 35: Zona 1 - Forofito 7

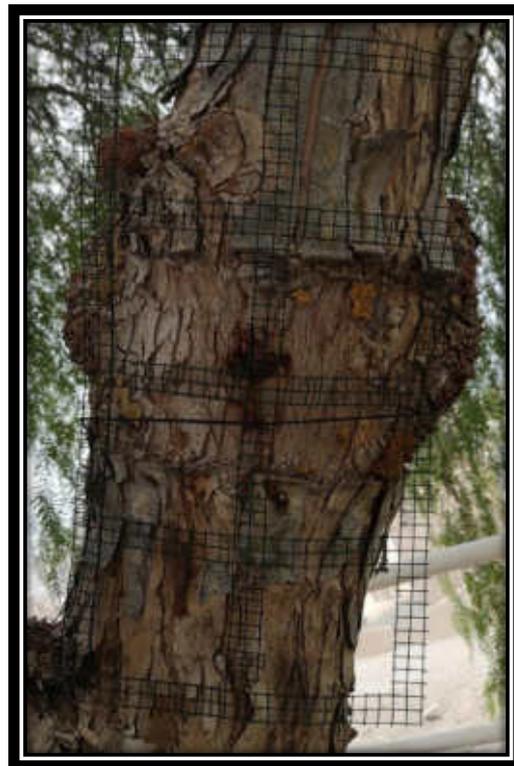


Figura 36: Zona 1 - Forofito 8



Figura 37: Zona 1 - Forofito 9



Figura 38: Zona 1 - Forofito 10



Figura 39: Zona 2 - Forofito 1

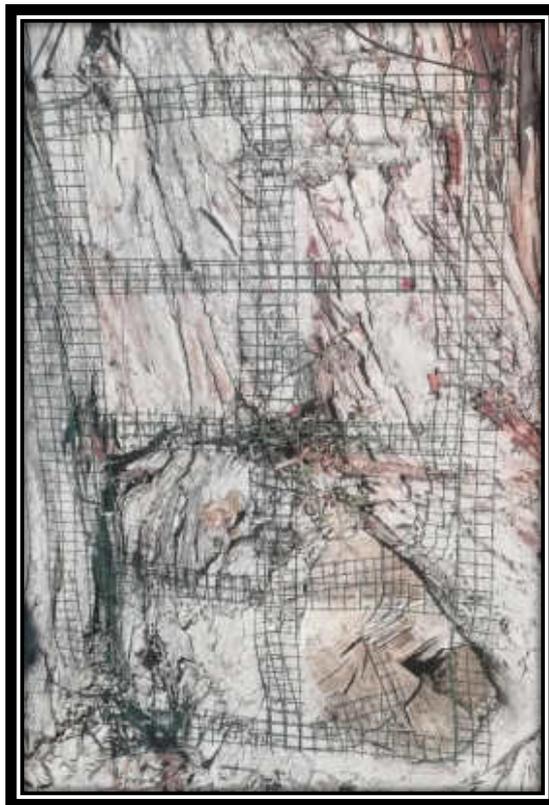


Figura 40: Zona 2 - Forofito 2



Figura 41: Zona 2 - Forofito 3



Figura 42: Zona 2 - Forofito 4



Figura 43: Zona 2 - Forofito 5



Figura 44: Zona 2 - Forofito 6



Figura 45: Zona 2 - Forofito 7



Figura 46: Zona 2 - Forofito 8



Figura 47: Zona 2 - Forofito 9



Figura 48: Zona 2 - Forofito 10



Figura 49: Verificación de líquenes



Figura 50: Toma de datos GPS

Anexo 4. Contraste de hipótesis entre contaminación y las especies encontradas en la Zona N° 01 – Alto Ilo

Tabla 24

Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie Chrysothrix sp.1

Correlaciones		
	Contaminación en alto Ilo	Chrysothrix sp.1 (amarillo) – Alto Ilo
Correlación de Pearson	1	,542
Contaminación en alto Ilo Sig. (bilateral)		,106
N	10	10
Correlación de Pearson	,542	1
Chrysothrix sp.1 (amarillo) – Alto Ilo Sig. (bilateral)	,106	
N	10	10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25

Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie Chrysothrix sp. 2

Correlaciones		
	Contaminación en alto Ilo	Chrysothrix sp.2 (verde) - Alto Ilo
Correlación de Pearson	1	,823**
Contaminación en alto Ilo Sig. (bilateral)		,003
N	10	10
Correlación de Pearson	,823**	1
Chrysothrix sp.2 (verde) - Alto Ilo Sig. (bilateral)	,003	
N	10	10

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26

Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie Lepraria sp. 1

Correlaciones

		Contaminación en alto Ilo	Lepraria sp.1 (amarillo) - Alto Ilo
Contaminación en alto Ilo	Correlación de Pearson	1	,128
	Sig. (bilateral)		,724
	N	10	10
Lepraria sp.1 (amarillo) - Alto Ilo	Correlación de Pearson	,128	1
	Sig. (bilateral)	,724	
	N	10	10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27

Correlación entre Contaminación en Alto Ilo y la especie Caloplaca sp. 1

Correlaciones

		Contaminación en Alto Ilo	Caloplaca sp.1 - Alto Ilo
Contaminación en Alto Ilo	Correlación de Pearson	1	,617
	Sig. (bilateral)		,050
	N	10	10
Caloplaca sp.1 - Alto Ilo	Correlación de Pearson	,617	1
	Sig. (bilateral)	,050	
	N	10	10

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5. Contraste de hipótesis entre contaminación y las cuatro especies en la Zona N°02 – Urbanización Garibaldi

Tabla 28

Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie Chrysothrix sp.1

Correlaciones			
		Contaminación en Urbanización Garibaldi	Chrysothrix sp.1 (amarillo) Urbanización Garibaldi
Contaminación en Urbanización Garibaldi	Correlación de Pearson	1	,688*
	Sig. (bilateral)		,028
	N	10	10
Chrysothrix sp.1 (amarillo) - Urbanización Garibaldi	Correlación de Pearson	,688*	1
	Sig. (bilateral)	,028	
	N	10	10

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29

Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie Chrysothrix sp. 2

Correlaciones			
		Contaminación en Urbanización Garibaldi	Chrysothrix sp.2 (verde) Urbanización Garibaldi
Contaminación en Urbanización Garibaldi	Correlación de Pearson	1	. ^a
	Sig. (bilateral)		.
	N	10	10
Chrysothrix sp.2 (verde) Urbanización Garibaldi	Correlación de Pearson	. ^a	. ^a
	Sig. (bilateral)	.	.
	N	10	10

a. No se puede calcular porque al menos una variable es constante.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30

Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie Lepraria sp. 1

		Correlaciones	
		Contaminación en Urbanización Garibaldi	Lepraria sp.1 (amarillo) Urbanización Garibaldi
Contaminación en Urbanización Garibaldi	Correlación de Pearson	1	,179
	Sig. (bilateral)		,621
	N	10	10
Lepraria sp.1 (amarillo) Urbanización Garibaldi	Correlación de Pearson	,179	1
	Sig. (bilateral)	,621	
	N	10	10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31

Correlación entre Contaminación en Urbanización Garibaldi y la especie Caloplaca sp. 1

		Correlaciones	
		Contaminación en Urbanización Garibaldi	Caloplaca sp.1 Urbanización Garibaldi
Contaminación en Urbanización Garibaldi	Correlación de Pearson	1	,091
	Sig. (bilateral)		,803
	N	10	10
Caloplaca sp.1 Urbanización Garibaldi	Correlación de Pearson	,091	1
	Sig. (bilateral)	,803	
	N	10	10

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Matriz De Consistencia

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE LÍQUENES COMO BIOINDICADORES AMBIENTALES EN LA CIUDAD DE ILO, 2020.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Método
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál es la calidad de aire evaluada mediante líquenes como bioindicador ambiental en la ciudad de Ilo?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluar la calidad de aire usando líquenes, como bioindicadores ambientales en la ciudad de Ilo.</p>	<p>a) La presencia de líquenes está relacionada significativamente con las áreas de contaminación</p>	<p>Presencia de Líquenes</p>	<p>Identificación de especies liquenicas</p> <p>Cálculo del Índice de Pureza Atmosférica</p> <p>Abundancia de Líquenes</p>	<p>Índice de Pureza Atmosférica (IPA)</p> <p>Índice de Shannon - Wiener</p>
<p>Problema Específicos</p> <p>- ¿Cuáles son las especies liquenicas presentes en la ciudad de Ilo?</p> <p>-¿Cuál es el Índice de Pureza Atmosférica de la ciudad de Ilo?</p> <p>-¿Cuál es el Índice de Shannon – Wiener de los líquenes encontrados en la ciudad de Ilo?</p> <p>- ¿La presencia de líquenes estará relacionada con áreas de mayor contaminación?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>-Determinar la diversidad de especies de líquenes presente en la ciudad de Ilo.</p> <p>-Calcular el Índice de Pureza Atmosférica de la ciudad de Ilo.</p> <p>-Calcular el Índice de Shannon – Wiener de los líquenes encontrados en la ciudad de Ilo</p> <p>-Verificar si la presencia de líquenes está relacionada con áreas de mayor contaminación.</p>			<p>Calidad de Aire</p>	<p>Rango clasificadorio con respecto al IPA y al Índice de Shannon - Wiener</p>

