

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“INFLUENCIA DEL FLUJO VEHICULAR EN LA POBLACIÓN DE
LÍQUENES BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE EN
LA CIUDAD DE HUARAZ, 2020”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Tesista:

Br. SERGIO FERNANDO REYES SALAZAR

Asesor:

Dr. HERACLIO FERNANDO CASTILLO PICÓN

Huaraz - Perú

Noviembre, 2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“INFLUENCIA DEL FLUJO VEHICULAR EN LA POBLACIÓN DE
LÍQUENES BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE EN
LA CIUDAD DE HUARAZ, 2020”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Tesista:

Br. SERGIO FERNANDO REYES SALAZAR

Asesor:

Dr. HERACLIO FERNANDO CASTILLO PICÓN

Huaraz - Perú

Noviembre, 2020

**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
CONDUCTENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL.**

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: REYES SALAZAR SERGIO FERNANDO

Código de alumno: 121.0605.014 Teléfono: 952662823

Correo electrónico: sergioresal44@gmail.com DNI o Extranjería: 71717003

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

- Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional
 Trabajo Académico Trabajo de Investigación
 Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Título Profesional o Grado obtenido:

INGENIERO AMBIENTAL

4. Título del trabajo de investigación:

INFLUENCIA DEL FLUJO VEHICULAR EN LA POBLACIÓN DE LÍQUENES BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2020

5. Facultad de: CIENCIAS DEL AMBIENTE

6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERÍA AMBIENTAL

7. Asesor:

Apellidos y nombres: CASTILLO PICÓN HERACLIO FERNANDO Correo electrónico: fercaspi1@gmail.com

Teléfono: 943692464 N° de DNI o Extranjería: 32043297 ORCID: 0000-0002-5576-3027

8. Tipo de acceso al Documento

- Acceso público* al contenido completo.
 Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

12. Para ser llenado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de recepción del documento por el Repositorio Institucional:

2/12/20

Firma:



Varillas William Eduardo
CORRESPONSABLE
- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
Av. Centenario N° 200 – Teléfono (043) 640020 anexo 1103
HUARAZ - ÁNCASH - PERÚ



"Año de la universalización de la salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el auditorium virtual de la FCAM y en la plataforma de Microsoft Teams de la UNASAM, de conformidad con las normas institucionales vigentes, procesamos el acto académico virtual de sustentación y defensa de la tesis "INFLUENCIA DEL FLUJO VEHICULAR EN LA POBLACIÓN DE LÍQUENES BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2020", presentado por el bachiller REYES SALAZAR SERGIO FERNANDO para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental.

Después de haber atendido la sustentación oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, lo declaramos:

APROBADO


Con el calificativo de: *Dieciséis* y 6.

Por tanto, el bachiller REYES SALAZAR SERGIO FERNANDO queda habilitada para que el Consejo de Facultad de la FCAM-UNASAM apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al artículo N° 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el artículo N° 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM) y el artículo N° 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 232-2017-UNASAM).

Huaraz, 04 de noviembre de 2020.


Dr. JERÓNIMO VÍCTOR MANRIQUE
Presidente
Jurado de sustentación


Ing. ARNULFO SERNA ROMÁN
Primer miembro
Jurado de sustentación


Dr. PERCY EDUARDO OLIVERA GONZALES
Segundo miembro
Jurado de sustentación


Dr. HERACLIO FERNANDO CASTILLO PICÓN
Asesor del tesista



DEDICATORIA

A Dios:

Por la vida, la salud y la fuerza para salir adelante a pesar de las vicisitudes de la vida.

A mis padres:

Por su apoyo incondicional y sacrificio para sacarme adelante, por orientarme con sus consejos, por ser un claro ejemplo de superación y por el orgullo que siento de ser su hijo.

A mis compañeros de aula:

Por los momentos que compartimos juntos y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la concretización de esta meta trazada.

Sergio Reyes

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por la contribución en mi formación profesional efectuado por los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

De manera especial, mis agradecimientos a los catedráticos Dr. Heraclio Fernando Castillo Picón y Dr. Edwin Julio Palomino Cadenas, por brindarme su apoyo y valioso tiempo, por sus aportes teóricos y científicos para el desarrollo de la presente investigación y por ser ejemplos de perseverancia, preparación y dedicación en el camino al éxito.

A mi familia, por su respaldo moral y económico durante el desarrollo de la carrera profesional y a todas aquellas personas que me apoyaron de diversas maneras en el proceso de esta investigación, docentes, amigos y familiares.

RESUMEN

En la actualidad, el parque automotor está aumentando a gran escala en la ciudad de Huaraz, por lo que, el objetivo de la presente investigación fue determinar la influencia del flujo vehicular en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire. La metodología empleada fue la cartografía de líquenes, la cual permite obtener el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) y así determinar la calidad del aire en cada zona de estudio, a su vez, se determinó el flujo vehicular en cada zona de estudio. Finalmente, se comprobó que existe una relación fuerte y significativa entre el flujo vehicular y la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire a través del IPA, al obtener un coeficiente de determinación igual a 0.66. En cuanto al coeficiente de correlación de Pearson, se obtuvo un valor igual a -0.78, el cual indica una correlación inversa alta. Esto es evidente dado que, al aumentar el flujo vehicular, disminuye el IPA y viceversa.

Los aportes de la investigación fueron: ambientalmente, se evaluó la calidad del aire de los diversos barrios de la ciudad de Huaraz, en salvaguarda de la salud y calidad ambiental; socialmente, se generó información de interés para la Municipalidad Provincial de Huaraz sobre el estado actual de la calidad del aire en la ciudad, para que puedan orientar medidas y acciones a través de políticas y normas que velen por la salud pública; y económicamente, los estudios con bioindicadores resultan ser un método muy económico y práctico frente a monitoreos físico - químicos que evalúan la calidad del aire a altos costos.

Palabras claves: líquenes, bioindicadores, calidad del aire, flujo vehicular, Índice de Pureza Atmosférica.

ABSTRACT

At present, the automotive fleet is increasing on a large scale in the city of Huaraz, therefore, the objective of this research was to determine the influence of vehicular flow on the population of lichens bioindicators of air quality. The methodology used was lichen mapping, which allows obtaining the Atmospheric Purity Index (IPA) and thus determining the air quality in each study area, in turn, the vehicular flow was determined in each study area. Finally, it was found that there is a strong and significant relationship between vehicular flow and the population of lichens bioindicators of air quality through the IPA, obtaining a coefficient of determination equal to 0.66. Regarding the Pearson correlation coefficient, a value equal to -0.78 was obtained, which indicates a high inverse correlation. This is evident since, as vehicle flow increases, IPA decreases and vice versa.

The research contributions were: environmentally, the air quality of the various neighborhoods of Huaraz city was evaluated, in order to safeguard health and environmental quality; socially, information of interest was generated for the Provincial Municipality of Huaraz on the current state of air quality in the city, so that they can guide measures and actions through policies and norms that ensure public health; and economically, studies with bioindicators turn out to be a very economical and practical method compared to physical-chemical monitoring that evaluate air quality at high costs.

Key words: lichens, bioindicators, air quality, vehicular flow, Atmospheric Purity Index.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
AUTORIZACION PARA LA PUBLICACIÓN.....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE	viii
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE GRÁFICOS	xiii
LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA.....	xiv
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	xv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general... ..	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. Hipótesis	3
1.3. Variables.....	3
1.3.3. Operacionalización de variables	4
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. A nivel internacional	6
2.1.2. A nivel nacional.....	7
2.1.3. A nivel local	10
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Contaminación ambiental.....	10
2.2.2. Contaminación atmosférica.....	11
2.2.3. Efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica	11
2.2.4. Calidad del aire.....	12
2.2.5. El deterioro de la calidad del aire en el Perú	13
2.2.6. Flujo vehicular.....	14
2.2.7. Parque automotor en el Perú	15
2.2.8. Principales contaminantes atmosféricos	16

2.2.9. Bioindicadores ambientales	17
2.2.10. Liquen.....	18
2.2.11. Líquenes epífitos	19
2.2.12. Líquenes como bioindicadores	19
2.2.13. Índice de pureza atmosférica	21
2.2.14. Ciudad de Huaraz	22
2.2.15. Estimación curvilínea	22
2.2.15. Coeficiente de correlación de Pearson.....	23
2.2.16. Marco legal.....	23
2.3. Definición de términos.....	25
2.3.1. Contaminación.....	25
2.3.2. Contaminante.....	26
2.3.3. Contaminación atmosférica.....	26
2.3.4. Fuentes móviles.....	26
2.3.5. Bioindicadores.....	26
2.3.6. Líquenes.....	26
2.3.7. Epífita.....	27
2.3.8. Forófito.....	27
CAPITULO III.....	28
MARCO METODOLÓGICO	28
3.1. Tipo de investigación.....	28
3.2. Diseño de investigación	28
3.3. Métodos o técnicas	29
3.3.1. Para medir la abundancia de líquenes	29
3.3.2. Para determinar la riqueza e identificar las especies de líquenes.....	38
3.3.3. Para calcular el Índice de Pureza Atmosférica y determinar la calidad del aire.....	40
3.3.4. Para categorizar cada zona de estudio	41
3.3.5. Para registrar el flujo vehicular	41
3.4. Población y muestra.....	42
3.4.1. Población.....	42
3.4.2. Muestra.....	43
3.5. Instrumentos validados de recolección de datos.....	45
3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información	46
3.6.1. Métodos y modelos de análisis de los datos	46
3.6.2. Programas utilizados para el análisis	46

3.6.3. Para el análisis de la influencia del flujo vehicular en la riqueza y abundancia de líquenes	46
CAPITULO IV	47
RESULTADOS	47
4.1. Abundancia y riqueza de líquenes	47
4.1.1. Abundancia	47
4.1.2. Riqueza	49
4.2. Índice de pureza atmosférica	50
4.3. Estimación del modelo de la influencia del flujo vehicular en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz.	54
4.3.1. Flujo vehicular	54
4.3.2. Índice de Pureza Atmosférica y flujo vehicular	54
4.3.3. Estimación del modelo de la influencia del flujo vehicular en el IPA	55
4.3.4. Correlaciones	59
CAPITULO V	61
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
5.1. Abundancia y riqueza de especies	61
5.1.1. Abundancia de líquenes	61
5.1.2. Riqueza de líquenes	61
5.2. Índice de Pureza Atmosférica (IPA)	62
5.3. Influencia del flujo vehicular en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire a través del IPA	65
5.4. Contrastación de la hipótesis	66
CAPITULO VI	68
CONCLUSIONES	68
6.1. Conclusiones	68
6.2. Recomendaciones	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	75
ANEXO 1	76
ANEXO 2	78
ANEXO 3	82
ANEXO 4	86
ANEXO 5	90
ANEXO 6	92
ANEXO 7	96
ANEXO 8	100

ANEXO 9.....	104
ANEXO 10.....	108
ANEXO 11.....	112
ANEXO 12.....	116
ANEXO 13.....	121
ANEXO 14.....	125
ANEXO 15.....	131
ANEXO 16.....	133
ANEXO 17.....	135
ANEXO 18.....	138
ANEXO 19.....	140
ANEXO 20.....	142
ANEXO 21.....	144
ANEXO 22.....	146

LISTA DE TABLAS

CONTENIDO	Pág.
Tabla 1: Operacionalización de variables	4
Tabla 2: Estándares de calidad ambiental para aire.	25
Tabla 3: Ubicación de cada forófito muestreado por zona de estudio.	30
Tabla 4: Zonas de contaminación.	41
Tabla 5: Resultados de la operación del muestreo estratificado.....	44
Tabla 6: Barrios muestreados según el número de muestras por estrato.	44
Tabla 7: Técnicas e instrumentos de la investigación.	45
Tabla 8: Área ocupada por especie y abundancia de líquenes según especie en cada zona de estudio de la ciudad de Huaraz.	47
Tabla 9: Especies de líquenes en el área de estudio.	49
Tabla 10: Especies liquénicas, frecuencia (F_i), factor de resistencia (Q_i), cobertura relativa (C_i) e IPA por zona de estudio.....	52
Tabla 11: Factor de resistencia promedio (Q_i) por especie.....	53
Tabla 12: Categorización de cada zona de estudio.....	54
Tabla 13: Flujo vehicular por zona de estudio.	54
Tabla 14: Valores de IPA y flujo vehicular en cada zona de estudio	55
Tabla 15: Resumen de modelo y estimaciones de parámetro	58
Tabla 16: Pruebas de normalidad	59
Tabla 17: Correlación de Pearson.....	59
Tabla 18: Datos de la longitud de pixel por forófito.....	79
Tabla 19: Formato para el registro de la longitud de pixel.....	83
Tabla 20: Datos de la cobertura por especie en cada forófito	87
Tabla 21: Formato para el registro de la cobertura por especie.....	91
Tabla 22: Registro del flujo vehicular en la zona 1 de estudio	126
Tabla 23: Registro del flujo vehicular en la zona 2 de estudio	127
Tabla 24: Registro del flujo vehicular en la zona 3 de estudio	128
Tabla 25: Registro del flujo vehicular en la zona 4 de estudio	129
Tabla 26: Registro del flujo vehicular en la zona 5 de estudio	130
Tabla 27: Formato para el registro del flujo vehicular.....	132
Tabla 28: Registro de datos para hallar el IPA	134

LISTA DE GRÁFICOS

CONTENIDO	Pág.
Figura 1: Diagrama general de la investigación.....	29
Figura 2: Instalación de la rejilla para monitorear líquenes epífitos.	31
Figura 3: Elección de la fotografía a trabajar.	32
Figura 4: Fotografía a trabajar.....	33
Figura 5: Herramienta recortar.	33
Figura 6: Recorte de la fotografía.....	33
Figura 7: Herramienta lazo.	34
Figura 8: Selección de cada especie de liquen.	34
Figura 9: Configuración de la escala de medida.....	35
Figura 10: Configuración de la escala de medida.....	36
Figura 11: Grabar medidas.....	36
Figura 12: Áreas en cm^2 de cada liquen seleccionado.....	37
Figura 13: Guardar el registro de medidas.	37
Figura 14: Guardar el registro de medidas.	38
Figura 15: Guardar el registro de medidas.	38
Figura 16: Abundancia relativa de líquenes según especie por cada zona de estudio.	48
Figura 17: Abundancia relativa de líquenes en cada zona de estudio en la ciudad de Huaraz.....	48
Figura 18: Abundancia de líquenes según especie en la ciudad de Huaraz.	49
Figura 19: Riqueza de líquenes por zona de estudio.	50
Figura 20: Valores del Índice de Pureza Atmosférica por zona de estudio.	53
Figura 21: Valores del Índice de Pureza Atmosférica (IPA) y flujo vehicular por zona de estudio.....	55
Figura 22: Ecuación lineal del IPA en función del flujo vehicular	56
Figura 23: Ecuación logarítmica del IPA en función del flujo vehicular.....	57
Figura 24: Ecuación exponencial del IPA en función del flujo vehicular	57
Figura 25: Estimación del modelo	58
Figura 26: Área de estudio de la investigación	77
Figura 27: Cartografía de líquenes en la zona 1- forófito 1	93
Figura 28: Cartografía de líquenes en la zona 1 - forófito 2	94
Figura 29: Cartografía de líquenes en la zona 1 - forófito 3	95
Figura 30: Cartografía de líquenes en la zona 2 - forófito 1	97
Figura 31: Cartografía de líquenes en la zona 2 - forófito 2	98

Figura 32: Cartografía de líquenes en la zona 2 - forófito 3	99
Figura 33: Cartografía de líquenes en la zona 3 - forófito 1	101
Figura 34: Cartografía de líquenes en la zona 3 - forófito 2	102
Figura 35: Cartografía de líquenes en la zona 3 - forófito 3	103
Figura 36: Cartografía de líquenes en la zona 4 - forófito 1	105
Figura 37: Cartografía de líquenes en la zona 4 - forófito 2	106
Figura 38: Cartografía de líquenes en la zona 4 - forófito 3	107
Figura 39: Cartografía de líquenes en la zona 5 - forófito 1	109
Figura 40: Cartografía de líquenes en la zona 5 - forófito 2	110
Figura 41: Cartografía de líquenes en la zona 5 - forófito 3	111
Figura 42: Medición del diámetro a la altura del pecho	113
Figura 43: Medición del diámetro a la altura del pecho	114
Figura 44: Medición del diámetro a la altura del pecho	115
Figura 45: Medición de la altura de muestreo.....	117
Figura 46: Medición de la altura de muestreo	118
Figura 47: Medición de la altura de muestreo.....	119
Figura 48: Medición de la altura de muestreo.....	120
Figura 49: Colecta de las muestras de líquenes.....	122
Figura 50: Colecta de las muestras de líquenes.....	123
Figura 51: Colecta de las muestras de líquenes.....	124
Figura 52: Reporte de laboratorio de la identificación de líquenes y forófitos	136
Figura 53: Reporte de laboratorio de la identificación de líquenes y forófitos	137
Figura 54: Muestra de la especie <i>Physcia sp</i> recolectada	139
Figura 55: Muestra de la especie <i>Candelaria concolor</i> recolectada	141
Figura 56: Muestra de la especie <i>Punctelia subrudecta</i> recolectada.....	143
Figura 57: Muestra de la especie <i>Flavoparmelia caperata</i> recolectada.....	145
Figura 58: Muestra de la especie <i>Xanthoria parietina</i> recolectada	147

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

DENOMINACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	ABREVIATURA
Longitud	Metro	(m)
Longitud	Centímetro	(cm)

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACRON.	DENOMINACIÓN
IPA	Índice de Pureza Atmosférica
OMS	Organización Mundial de la Salud
CO ₂	Dióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono
NO _x	Óxidos de nitrógeno
SO _x	Óxidos de azufre
PM	Material particulado
SO ₂	Dióxido de azufre
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
O ₃	Ozono
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
LMP	Límites Máximos Permisibles
GEI	Gases de efecto invernadero
H ₂ O	Vapor de agua
MPS	Material particulado en suspensión
HC	Hidrocarburos
TA	Tránsito anual
TM	Tránsito mensual
TS	Tránsito semanal
TD	Tránsito diario
TH	Tránsito horario
PM ₁₀	Material particulado menor que 10 µm
PM _{2.5}	Material particulado menor que 2.5 µm
COVs	Compuestos orgánicos volátiles
DAP	Diámetro a la altura del pecho
UNASAM	Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) confirma que el 92% de los habitantes del planeta conviven en lugares donde la polución del aire excede los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016). Como menciona Llanque (2003) la principal fuente de contaminación atmosférica en las áreas urbanas es el parque automotor ya que según Maldonado (2009) el rápido crecimiento urbano ha traído consigo diferentes problemas ambientales relacionados con la producción de desechos, la afectación de los ecosistemas, las numerosas emisiones atmosféricas con sus impactos sobre la calidad del aire y la atmósfera. Entre los principales contaminantes atmosféricos emitidos por el parque automotor y que afectan la salud humana tenemos: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), hidrocarburos no quemados y material particulado (Chávez & Seijas, 2018).

Existen diversos métodos y tecnologías que ayudan a detectar focos de contaminación o cantidad de contaminantes atmosféricos, pero en su mayoría resultan ser costosos, por lo que para poder medir la contaminación atmosférica han surgido diversos métodos complementarios a la medición directa, uno de ellos es el uso de bioindicadores.

Los bioindicadores son organismos o comunidades de organismos que pueden responder a la contaminación ambiental mediante alteraciones en su fisiología o a través de su capacidad para acumular contaminantes. Estos miden los efectos de la contaminación en seres vivos, por lo tanto ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos y ecosistemas. Por lo tanto los bioindicadores son organismos que pueden ser usados para la identificación y determinación cualitativa de los contaminantes ambientales generados por los humanos (Gonzales, Luján, Navarro, & Flores, 2016).

Entre los bioindicadores de contaminación mejor documentados tenemos a los líquenes epífitos, que son aquellos que se encuentran adheridos a la corteza de los árboles (Quispe, Ñique, & Chuquilín, 2015). Según Jaramillo & Botero (2010), los líquenes han sido reconocidos como bioindicadores de la calidad del aire por sus hábitos de crecimiento, características fisiológicas y morfológicas y su sensibilidad a las alteraciones atmosféricas; ya que su crecimiento y distribución pueden ser afectados por una variedad de contaminantes encontrados en la atmósfera, por lo que la absorción y acumulación de estas sustancias y su imposibilidad para excretarlas, retardan su crecimiento, dificultan su reproducción y pueden incluso provocar su muerte, pues rompen sus mecanismos homeostáticos y reducen su capacidad fotosintética.

El Índice de Pureza Atmosférica (IPA) es un índice biológico que considera la presencia, abundancia (cobertura) y distribución de las especies de líquenes en una misma área, dicho índice fue formulado por primera vez por Le Blanc y De Sloover (1970) para medir la calidad de aire alterada por una fuente industrial y modificada por Rubiano (1983). Existen diferentes investigaciones donde utilizaron el IPA para determinar la calidad del aire, como es el caso de: Ambrosio & Bringas (2017) en la ciudad de Cajamarca, Huamán (2018) en la ciudad de Bagua Grande, Livia & Rojas (2019) en la ciudad de Cajamarca, Villamar (2018) en la ciudad de Puno y Mendoza (2018) en la ciudad de Chachapoyas.

Las investigaciones acerca de líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz son escasas, por tal motivo se realizó esta investigación con la finalidad de contribuir con métodos innovadores y sobre todo económicos que puedan servir para posteriores investigaciones referentes a la calidad del aire; en la que se plantearon los siguientes objetivos: determinar la abundancia y riqueza de las especies de líquenes epífitos, calcular el IPA para determinar la calidad del aire y analizar estadísticamente la influencia del flujo vehicular en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz mediante el uso del IPA como índice biológico formulado por primera vez por Le Blanc y De Sloover (1970) y modificada por Rubiano (1983).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la influencia del flujo vehicular en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz en el año 2020.

1.1.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la abundancia y riqueza de las especies de líquenes epífitos, en la ciudad de Huaraz en el año 2020.
- b. Calcular el Índice de Pureza Atmosférica para determinar la calidad del aire en la ciudad de Huaraz en el año 2020.
- c. Analizar estadísticamente la influencia del flujo vehicular en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz en el año 2020.

1.2. Hipótesis

El flujo vehicular influye en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz en el año 2020. A mayor flujo vehicular, la población de líquenes se verá afectada de manera negativa y viceversa.

1.3. Variables

1.3.1. Variable independiente

Flujo vehicular.

1.3.2. Variable dependiente

Población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire a través del IPA.

1.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Indicadores	Unidad de medida
Flujo vehicular (Independiente)	Número total de vehículos que pasan durante un lapso de tiempo determinado	Número de vehículos	Cantidad
		Tiempo	Segundos
Población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire (Dependiente)	Los líquenes son reconocidos como bioindicadores por sus hábitos de crecimiento, distribución, características fisiológicas, morfológicas y su sensibilidad a las alteraciones atmosféricas	IPA	Adimensional

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Los estudios relacionados a los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire son los siguientes:

2.1.1. A nivel internacional

El estudio de categorización de los niveles de contaminación del aire por medio del IPA realizado por Cohn (2014), complementado con coberturas y el cambio en la diversidad de líquenes en árboles de Jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) en 32 puntos del corredor metropolitano Hipódromo del Norte – Hipódromo del Sur (HN-HS) en la ciudad de Guatemala reportó valores de IPA que varían entre 4.5 a 25.5, indicando que el corredor HN-HS es homogéneo y posee altos índices de contaminación del aire. El estudio reportó 16 familias, 23 géneros y 65 especies de líquenes. Indica también que la incorporación del valor de cobertura al IPA, permite categorizar las áreas a una escala más fina, dándole mayor peso a especies toxitolerantes y toxisensibles. Demuestra que los líquenes pueden complementar mediciones físico químicas de contaminación aérea, especialmente en puntos en donde no se cuenta con equipo para ello y pueden indicar lugares con problemas ambientales que necesiten investigación instrumental. Utilizó la metodología de Le Blanc y De Sloover (1970): IPA.

La evaluación de la calidad de aire realizada por Figueroa & Méndez (2015), quienes utilizando a los líquenes como bioindicadores estudiaron ocho zonas de la ciudad de Bogotá en un radio de 500 metros, monitoreando la presencia de líquenes en los árboles, determinando así la

riqueza y cobertura líquénica. Se evaluó la correlación entre estos parámetros y las concentraciones de SO_x, NO_x, CO y material particulado (PM₁₀) registradas por la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá. Llegando así a determinar que a concentraciones menores de contaminantes es donde se obtiene mayor riqueza y cobertura líquénica; concluyendo que los líquenes resultan buenos bioindicadores, lo que se evidencia a través de la disminución de riqueza y abundancia de especies de mayor sensibilidad en zonas altamente contaminadas y con la presencia de especies sensibles en zonas menos contaminadas. Las especies *Flavopunctelia flaventior* y *Physcia undulata* fueron las especies con mayor cobertura. Utilizó la metodología de Le Blanc y De Sloover (1970): IPA.

Mediante la biomonitorización de líquenes llevada a cabo por Pardo (2017) en la ciudad de Madrid, que avala que la calidad del aire es peor en aquellas zonas con un elevado tránsito de vehículos, como los centros urbanos o en zonas con una elevada industrialización, en la que se monitorearon las comunidades líquénicas, siendo la desaparición de líquenes, la disminución de la frecuencia de aparición y la diversidad, o las alteraciones morfológicas; señales importantes de alteración atmosférica. El estudio concluye que actualmente los líquenes son herramientas esenciales como bioindicadores de la calidad del aire, son más rápidos y menos costosos que otras técnicas siendo por esto, además, útiles como señales de alarma de contaminación atmosférica. Además, el IPA muestra que las áreas residenciales tienen más biodiversidad de líquenes y por tanto, un aire más limpio que el centro de las ciudades y las zonas más industrializadas; la ausencia casi total de líquenes puede relacionarse con la baja calidad del aire como consecuencia de la circulación de vehículos a motor. Utilizó la metodología de Le Blanc y De Sloover (1970): IPA.

2.1.2. A nivel nacional

La determinación de la contaminación atmosférica de origen vehicular mediante el uso de líquenes realizada por Ambrosio & Bringas (2017) en tres zonas del distrito de Cajamarca, en la que utilizaron los siguientes indicadores: abundancia de líquenes (área ocupada) y riqueza de líquenes (número de especies), con el propósito de determinar el IPA en cada zona de estudio. Así mismo, se realizó el conteo de vehículos en cada zona de estudio para poder relacionar el IPA con el flujo vehicular. Se

identificaron tres especies líquénicas: *Phycia stellaris*, *Candelaria concolor* y *Parmelia caperata*. Finalmente, se concluyó que la zona con mayor flujo vehicular presentó menor abundancia y riqueza de líquenes, y consecuentemente un IPA menor, a diferencia de la zona que presentó menor flujo vehicular, la cual presentó mayor abundancia y riqueza de líquenes, y consecuentemente un IPA mayor. Utilizaron la metodología de Le Blanc y De Sloover (1970): IPA.

El monitoreo de la presencia de líquenes en los árboles, estudiada por Huamán (2018), a través de la determinación de la abundancia y frecuencia líquénica en seis sectores considerados representativos de la ciudad de Bagua Grande, siendo el IPA y flujo vehicular las variables de análisis para determinar así la existencia de contaminación del aire, en la que las especies con mayor abundancia, frecuencia y cobertura líquénica fueron: *Diploicia canescens* y *Lecidella elaeochroma*. Finalmente, los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticamente significativas en los valores del IPA, siendo el sector más contaminado el que presenta mayor tráfico vehicular. Utilizó la metodología de Le Blanc y De Sloover (1970): IPA.

La determinación de la calidad del aire en las principales vías de tránsito vehicular en la ciudad de Jaén realizada por Livia & Rojas (2019) mediante el IPA, el cual establece la calidad del aire empleando a los líquenes como bioindicadores, para lo cual se muestrearon 4 zonas del casco urbano de la ciudad de Jaén. A su vez, con los datos del IPA obtenidos se elaboró un mapa de isocontaminación, diferenciando tres niveles de contaminación (baja, moderada y máxima). Se reportaron en total nueve especies de líquenes, siendo las especies *Candelaria concolor* y *Parmelia caperata* las que presentaron mayor abundancia, frecuencia y cobertura líquénica, y; por ende, considerándolas como las más resistentes a la contaminación. Utilizaron la metodología de Le Blanc y De Sloover (1970): IPA.

El registro del IPA realizado por Vargas (2012) en la zona sur del Parque Nacional Cerros de Amotape (PNCA), donde estudió 38 estaciones procurando que el único factor ecológico variable, entre las estaciones, fuese la contaminación atmosférica; en la que los forófitos elegidos fueron la especie *Terminalia Valverde* “huarapo” y *Pisonia macranthocarpa* “pego-

pego". En cada estación se inventariaron un número no mayor de 10 forófitos y se tuvo en cuenta la composición de líquenes que cubrieron los troncos de los árboles. Se reportaron la presencia de líquenes foliosos y crustosos en los troncos muestreados del PNCA, reportándose tres especies de líquenes de los géneros: *Physma*, *Collema* y *Leptogium*. El IPA en las estaciones de muestreo varió entre el valor de 1.5 a 21.7, donde cayeron en la clasificación de zonas muy contaminadas y zonas de transición según los trabajos de Le Blanc y De Sloover (1970). Utilizó la metodología de Le Blanc y De Sloover (1970): IPA.

La evaluación de la relación entre la diversidad de líquenes y la calidad del aire en la zona urbana de la ciudad de Puno en el estudio de Villamar (2018), tuvo el objetivo principal de evaluar la calidad de aire mediante el IPA. El resultado para el IPA indicó que existe una relación estadísticamente significativa entre el IPA y las zonas de evaluación en la ciudad de Puno en función a la calidad del aire. Respecto a la equitatividad liquénica, no existió diferencias significativas para la riqueza liquénica en las diferentes zonas de la ciudad de Puno. A su vez, tampoco hubo mayor abundancia de líquenes en relación a las zonas con mejor calidad del aire. Finalmente, demostró que el liquen foliáceo *Xanthoparmelia sp* es un excelente bioindicador del plomo para el diagnóstico cualitativo de la calidad del aire. Utilizó la metodología de Le Blanc y De Sloover (1970): IPA.

La evaluación de la calidad del aire realizada por Mendoza (2018), se desarrolló empleando a los líquenes como bioindicadores en la ciudad de Chachapoyas, donde se recolectaron muestras de líquenes en 36 puntos divididos en seis sectores y que a la par se colectó la corteza de los forófitos para medir su pH. También midió la humedad y la temperatura de los forófitos para correlacionar la diversidad de líquenes y el IPA con las variables ambientales y las especies de forófitos. Finalmente, demostró que los factores evaluados como el pH de la corteza, las especies de forófito, temperatura y humedad del medio no se correlacionan fuertemente con la diversidad liquénica. También realizó un mapa de isocontaminación del aire en la ciudad de Chachapoyas, la misma que en general se encuentra contaminada, siendo el aire del sector centro el más contaminado. Utilizó la metodología de Le Blanc y De Sloover (1970): IPA.

2.1.3. A nivel local

El estudio desarrollado en las partes alta, media y baja de la cuenca del Santa – Ancash, llevado a cabo por Mejía & Mendoza (2014), tuvo el objetivo principal de identificar las comunidades de líquenes que se comportan como bioindicadores de la contaminación atmosférica por metales pesados en la cuenca del río Santa, para lo cual se tomaron 18 estaciones de muestreo a lo largo de la cuenca. Los resultados del PM₁₀ muestreado fueron menores en Cátac y mayores en el Valle del Santa; en la que la cobertura liquénica y la diversidad alfa y beta en la parte alta, fue mayor a la de las partes media y baja. A partir del total de géneros de líquenes identificados, se elaboró un mapa de distribución de la biota liquénica. Finalmente, los resultados mostraron que las comunidades liquénicas fruticulosas se comportan como bioindicadores de la contaminación atmosférica, ya que están presentes en la parte alta donde la concentración de PM₁₀ y metales pesados en el aire fueron menores que en la parte baja de la cuenca del río Santa.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación ambiental

Es la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o a su vez, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos; la contaminación ambiental es también la acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas, tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente (MINAM, 2016).

La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas o la combinación de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las

condiciones naturales de estos o puedan afectar la salud, la higiene y el bienestar de la población (Conde, 2013).

2.2.2. Contaminación atmosférica

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

Según Aránguez, y otros (1999), el dióxido de azufre y las partículas derivadas de la oxidación de combustibles fósiles son los principales contaminantes atmosféricos urbanos del mundo y, por ello, los más estudiados. Además del dióxido de azufre (SO₂), otros contaminantes de interés son: el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el ozono (O₃).

2.2.3. Efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica

El efecto persistente de la contaminación del aire respirado, es un proceso silencioso de años, que conduce finalmente al desarrollo de afecciones cardiovasculares agudas, como el infarto. Al inspirar partículas ambientales con un diámetro menor de 2,5 micrómetros, ingresan en las vías respiratorias más pequeñas y luego irritan las paredes arteriales. Los investigadores hallaron que por cada aumento de 10 microgramos por metro cúbico de esas partículas, la alteración de la pared íntima media de las arterias aumenta un 5,9 por ciento. El humo del tabaco y el que en general proviene del sistema de escape de los automóviles produce la misma cantidad de esas partículas. Normas estrictas de aire limpio contribuirían a una mejor salud con efectos en gran escala. Otro de los efectos es el debilitamiento de la capa de ozono, que protege a los seres vivos de la radiación ultravioleta del sol, como resultado de la conversión

del ozono estratosférico en cloro y bromo procedentes de la contaminación. El efecto invernadero está acentuado por el aumento de la concentración de CO₂ atmosférico y otros gases de efecto invernadero como, por ejemplo, el metano (Conde, 2013).

La República (2003), determina entre otras, las siguientes consecuencias de la contaminación atmosférica:

- a. Aumento constante de la presencia de sustancias tóxicas en el cuerpo de los organismos.
- b. Aumento de las enfermedades respiratorias, cardiovasculares y dérmicas.
- c. Conjunción de las condiciones favorables (al disminuir las defensas de los organismos) a la propagación de las epidemias.
- d. Pérdida o deterioro de importantes fuentes de proteínas, especialmente por lo que respecta a los medios acuáticos.
- e. Dificultades crecientes y en ocasiones muy graves en el abastecimiento del agua.

2.2.4. Calidad del aire

Según el MINAM (2014), una buena calidad del aire contribuye a una mejor calidad de vida de la población; lo cual se logra con el compromiso y la participación activa de todos los actores involucrados, Estado, empresa y población; siendo responsabilidad del Estado implementar las medidas necesarias para garantizar el cumplimiento de importantes instrumentos de gestión ambiental como Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Límites Máximos Permisibles (LMP), Planes de Acción, entre otros.

Por el contrario, la presencia de contaminantes por encima de los niveles establecidos en los ECA no solo significa una disminución de la calidad ambiental del aire, sino una disminución de la calidad de vida de la población, con efectos adversos para su salud, así como el deterioro paisajístico de la ciudad; así también el crecimiento económico que tiene el país en los últimos años influye en la calidad del aire, puesto que demanda un mayor uso de energía, recursos y servicios por parte de la

población y de las industrias, significando la liberación de contaminantes del aire y gases de efecto invernadero (GEI), que alteran la calidad del aire y generan situaciones de riesgo para la salud de la población expuesta, produce daños en el ambiente (flora, fauna y ecosistemas) y el deterioro de bienes como los edificios, monumentos y otras estructuras.

En cuanto a la contaminación del aire o atmosférica, especialmente en las ciudades, la principal causa proviene de la emisiones de los vehículos por la combustión de los combustibles fósiles ya que, teóricamente, en una combustión perfecta, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire y el resultado es la producción de calor, luz, dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O), pero las impurezas del combustible agregado a una imperfecta relación de la mezcla del aire y el combustible y/o con temperaturas de combustión demasiado altas o bajas, causan la formación de agentes contaminantes del aire tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), material particulado en suspensión (MPS), hidrocarburos no quemados (HC), plomo y otros tales como los aromáticos (benceno, tolueno y xileno) de los cuales aún no se tienen medidas de las emisiones y son contaminantes peligrosos para la salud; por lo que en general, en las ciudades, el principal responsable de la pérdida de calidad del aire lo constituyen las fuentes móviles, con una cifra que oscila entre el 75% y 80% del total de la contaminación. Conviene destacar que estas fuentes móviles contribuyen con más del 70% del monóxido de carbono (CO), con más del 50% de los hidrocarburos (HC) y con alrededor del 45% de los óxidos de nitrógeno (NO_x) del total que emite al aire cada una de las fuentes contaminantes (Tomassetti, 2003).

2.2.5. El deterioro de la calidad del aire en el Perú

Según el MINAM (2009), respecto al deterioro de la calidad del aire en el Perú, nos menciona lo siguiente:

- a. En las ciudades, la causa principal de la contaminación es por el parque automotor, de incremento rápido en Lima (55% entre 1990 y 1996), constituido en gran parte por vehículos antiguos. Una solución e iniciativa tomada por el Ministerio de Transporte, es el bono del

chatarreo, que pretende ir desalojando el parque automotor por nuevas unidades.

- b. Una contaminación importante y nociva se produce por el contenido de azufre en el combustible diésel, ampliamente usado, que afecta la salud de las personas y especialmente la de niños y niñas.
- c. En el Perú, con excepción del Centro Histórico de Lima, no se monitorea la calidad del aire y no se toman medidas para implementar un sistema de monitoreo para orientar regulaciones correctivas.

2.2.6. Flujo vehicular

Sotacuro (2018), define al flujo vehicular como el número total de vehículos que pasan durante un lapso de tiempo determinado, depende de la duración en tiempo determinado para ello utiliza los siguientes volúmenes de:

- a. Tránsito anual (TA): es el número total de vehículos que pasan durante un año, en este caso $T = 1$ año.
- b. Tránsito mensual (TM): Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso $T = 1$ mes.
- c. Tránsito semanal (TS) Es el número total de vehículos que pasan durante una semana.
- d. Tránsito diario (TD). Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso $T = 1$ día.
- e. Tránsito horario (TH) Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso $T = 1$ hora.
- f. Tránsito en un período inferior a una hora. Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora. por lo general, representa el período en 15 minutos.

En todos los casos anteriores, los períodos especificados, un año, un mes, una semana, un día y una hora, no necesariamente es de orden cronológico. Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos,

7 días seguidos, 24 horas seguidas, 60 minutos seguidos 0 minutos seguidos y períodos en minutos seguidos inferiores a una hora.

2.2.7. Parque automotor en el Perú

Los niveles de contaminación atmosférica de las principales ciudades de nuestro país, está asociado con el incremento del parque automotor y la congestión vehicular que en ellas se produce, la libre importación de vehículos usados que tuvo vigencia por más de 10 años en nuestro país, trajo consigo un vertiginoso crecimiento del parque automotor. La mayoría de estos vehículos, procedentes de países desarrollados como el Japón vinieron equipados con motores que tenían altos índices de desgastes y con ello altos niveles de producción de emisiones contaminantes (Chávez & Seijas, 2018).

En Japón, la existencia de normas drásticas de control de contaminación ambiental, y la existencia de impuestos a los vehículos contaminantes, convertían en chatarra estos vehículos que eran sacados de circulación por haber cumplido el tiempo límite de vida útil, e incluso antes de cumplirla, por los altos costos en impuestos que implicaba su circulación. Todo esto propició la creación de un gran negocio de importación de vehículos usados, convirtiendo a nuestro país en un inmenso depósito de vehículos contaminantes, que sumado a la ya existencia de un parque automotor obsoleto, trajo consigo que el parque automotor hoy por hoy sea uno de los factores que más contribuye a la contaminación. Dentro de este vertiginoso crecimiento del parque automotor, uno de los factores que más influye en la contaminación atmosférica de las principales ciudades de nuestro país, lo constituye los vehículos de transporte público, pues debido al trabajo continuo que realizan, éstos presentan altos índices de desgaste y por ende altos índices de emisiones contaminantes (Chávez & Seijas, 2018).

Finalmente, Chávez & Seijas (2018), mencionan que dentro de los principales contaminantes atmosféricos emitidos por los tubos de escape de los vehículos, podemos mencionar:

- a. El dióxido de carbono (CO₂).
- b. El monóxido de carbono (CO).

- c. Óxidos de nitrógeno (NO_x).
- d. Óxidos de azufre (SO_x).
- e. Hidrocarburos no quemados.
- f. Material particulado, que son partículas sólidas en forma de hollín que dan lugar a los humos negros, pues los gases de combustión no presentan coloración, y cuyas dimensiones varían entre 0,01 a 100 micras.

2.2.8. Principales contaminantes atmosféricos

Según Green & Sánchez (2013), los principales contaminantes atmosféricos en América Latina son:

- a. **El material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5})** es una mezcla de partículas sólidas y líquidas minúsculas, que se encuentran en el aire que respiramos. Del material particulado, las partículas “finas” o más pequeñas (aquellas con un diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrómetros o PM_{2.5}) son especialmente dañinas, puesto que pueden penetrar profundamente en los pulmones, donde pueden causar inflamación y empeoramiento de condiciones cardíacas o pulmonares; lo que puede ocasionar una muerte prematura. Las partículas tienen distintos tamaños y formas, y pueden formarse a partir de cientos de diferentes químicos, algunos de los cuales poseen propiedades carcinogénicas. Algunas partículas, conocidas como partículas primarias, son emitidas directamente por una fuente, por ejemplo, los automóviles, autobuses y camiones de carga, industrias, ciertos comercios, obras de construcción, vías sin pavimentar, chimeneas, humo de cigarrillo o incendios.
- b. **El ozono (O₃)** es un gas que puede afectar adversamente el sistema respiratorio aun a niveles relativamente bajos. El ozono es el más complejo de los contaminantes criterio y, en consecuencia, el más difícil de reducir, puesto que no es directamente emitido por ninguna fuente. En cambio, es formado en la atmósfera por medio de reacciones fotoquímicas, en presencia de luz solar y a partir de la reacción entre contaminantes precursores como los óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV_s). Éste también se descompone

por reacciones con NO_2 . Las medidas para controlar los niveles de ozono troposférico se enfocan en las emisiones de sus precursores gaseosos, con las cuales también es posible controlar los niveles e impactos de una serie de otros contaminantes precursores. Igual que con el hollín, el ozono troposférico (a nivel del suelo) contribuye al cambio climático global. El ozono hace un aporte significativo al balance radiativo de la tropósfera superior y la estratósfera inferior, de modo que los cambios en la distribución de O_3 en estas capas atmosféricas afectan el forzamiento radiativo del clima.

- c. **El dióxido de nitrógeno (NO_2)** es un gas que, en altas concentraciones, puede irritar las vías aéreas de los pulmones, empeorando los síntomas de aquellas personas que sufren enfermedades pulmonares. También contribuye a la formación de ozono troposférico y material particulado fino. Es formado como resultado de la quema de combustibles fósiles a temperaturas altas. Sus principales fuentes de emisión son los automóviles y otras fuentes móviles, y las calderas de las plantas de generación de energía. Otras fuentes pueden abarcar las calderas industriales, la manufactura de vidrio, las refinerías de petróleo y la manufactura de ácido nítrico. Algunas fuentes naturales o biogénicas de óxidos de nitrógeno incluyen relámpagos, incendios forestales, incendios de pastizales, árboles, arbustos, grasas y levaduras.
- d. **El dióxido de azufre (SO_2)**, como el NO_2 , es un gas que puede exacerbar los síntomas de aquellos individuos que sufren enfermedades respiratorias o cardíacas. Es primordialmente formado en la combustión de combustibles fósiles en las plantas generadoras de energía y en otras instalaciones industriales, así como en fuentes móviles en un menor grado; y por consiguiente es un problema en algunas áreas urbanas e industriales.

2.2.9. Bioindicadores ambientales

El concepto de organismos indicadores se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia a varios parámetros, ya sean ambientales o de contaminación; los bioindicadores son organismos o comunidades de organismos que pueden responder a la contaminación ambiental mediante alteraciones en su fisiología o a través de su capacidad

para acumular contaminantes. Estos miden los efectos de la contaminación en seres vivos, por lo tanto ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos y ecosistemas. Por lo tanto los bioindicadores son organismos que pueden ser usados para la identificación y determinación cualitativa de los contaminantes ambientales generados por los humanos (Gonzales, Luján, Navarro, & Flores, 2016).

Para poder entender el concepto de ambiente y los procesos ambientales, se debe abordar la temática de manera sistémica, entendiendo el ambiente como un todo complejo e interrelacionado, en ese contexto, un organismo puede actuar como bioindicador cuando tiene longevidad, una amplia distribución en el área de estudio y es capaz de reaccionar frente a diferentes grados de alteración del medio, mediante cambios en su capacidad para acumular elementos o sustancias; a su vez, la respuesta de cada organismo está fuertemente influenciada por las condiciones físicas de la atmósfera (temperatura, humedad, vientos y radiación), así como por sus propias condiciones fisiológicas y nutricionales (Pioli, Feldman, Sender, & Peruzzo, 2015).

2.2.10. Liquen

Constituyen una asociación entre un hongo o micobionte y un simbionte fotosintético o fotobionte, de cuya interacción se origina un talo estable, con estructura y fisiología específicas. Los líquenes son pioneros en la colonización de rocas, desintegrándolas para la formación de suelo, permitiendo el crecimiento de diversos tipos de vegetación rupícola o saxícola, musgos y ciertas plantas vasculares, jugando así un papel importante en el ciclo de la materia en los ecosistemas. Los líquenes tienen una amplia distribución, se encuentran desde los polos hasta el Ecuador, desde el nivel del mar hasta los picos altos de las montañas y desde los sitios más húmedos como las selvas y los bosques hasta las zonas desérticas. Los líquenes pueden ser utilizados como bioindicadores de la calidad del aire (Ramírez & Cano, 2005).

Según Santoni & Lijteroff (2006), la conocida eficacia de los líquenes en la evaluación de la calidad del aire deriva de sus características biológicas:

- a. Carecen de raíz y de sistemas de conducción;
- b. Dependen completamente de la atmósfera y del sustrato en el que viven para su metabolismo;
- c. No tienen estructuras selectivas o protectoras del medio externo (epidermis o cutícula) que actúen como barrera ante las sustancias del ambiente (por esto, los procesos de absorción de aerosoles y gases ocurren sobre toda la superficie de sus talos);
- d. No poseen mecanismos de eliminación de los contaminantes;
- e. Son cosmopolitas, pero al mismo tiempo se desarrollan en ambientes con características bien definidas;
- f. Son perennes, con crecimiento lento y gran longevidad.

2.2.11. Líquenes epífitos

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

a. Los microambientes más comunes para líquenes en los árboles

Según Barreno & Perez (2003), los microambientes más comunes para líquenes en los árboles son: base del tronco, tronco y ramificaciones, ramas medias, ramas de la copa, horquetas, cara inferior de las ramas principales, grietas y fisuras profundas.

2.2.12. Líquenes como bioindicadores

Según Jaramillo & Botero (2010), los líquenes han sido reconocidos como bioindicadores de la calidad del aire por sus hábitos de crecimiento, características fisiológicas y morfológicas y su sensibilidad a las

alteraciones atmosféricas; ya que su crecimiento y distribución pueden ser afectados por una variedad de contaminantes encontrados en la atmósfera, por lo que la absorción y acumulación de estas sustancias y su imposibilidad para excretarlas, retardan su crecimiento, dificultan su reproducción y pueden incluso provocar su muerte, pues rompen sus mecanismos homeostáticos y reducen su capacidad fotosintética.

A su vez, la eficacia de los líquenes en la evaluación de la calidad del aire deriva de sus características biológicas: carecen de raíz y sistemas de conducción, lo que los hace depender completamente de la atmósfera y del sustrato en que viven para su metabolismo; no tienen estructuras selectivas o protectoras del medio externo (epidermis o cutícula) que actúen como barrera protectora ante las sustancias del ambiente (por esto, los procesos de absorción de aerosoles y gases ocurren sobre toda la superficie de sus talos); no poseen mecanismos de eliminación de los contaminantes; son cosmopolitas pero al mismo tiempo se desarrollan en ambientes con características bien definidas; son perennes con crecimiento lento y gran longevidad (Figueroa & Méndez, 2015).

Entre los bioindicadores de contaminación mejor documentados, se encuentran los líquenes epífitos, que son aquellos que se encuentran adheridos a la corteza de los árboles (Quispe, Ñique, & Chuquilín, 2015).

Según La República (2003), que menciona a los líquenes como importantes bioindicadores del grado de contaminación e indica que pueden utilizarse para evaluar la calidad del medio urbano mediante el género de líquenes hallados y el grado de contaminación mediante:

- a. *Lecanora sp*, es de color gris y aparece como una costra sobre las rocas; indica grado de contaminación muy alta.
- b. *Xanthoria sp*, crece sobre los troncos y tiene un color anaranjado; indica grado de contaminación mediana.
- c. *Flavoparmelia sp*, es de color verdoso y forma láminas sobre las rocas; indica grado de contaminación mediana.
- d. *Evernia sp*, verdoso y ramificado, blanco en la parte inferior, crece en el suelo y sobre los troncos; indica una atmósfera limpia.

e. *Ramalina sp*, verdoso y ramificado, crece en las aristas de las rocas ácidas; indica atmósfera limpia.

Si bien los líquenes están adaptados a condiciones ambientales extremas, ello no significa que sean insensibles. Muy por el contrario son extremadamente delicados a ciertos cambios en sus condiciones vitales y por ello se encuentran en proceso de extinción en muchas regiones. Se ha comprobado que acumulan iones metálicos en altas concentraciones, sin sufrir daño. El dióxido de azufre, sin embargo, es un componente tóxico que destruye rápidamente los talos. En este sentido, los líquenes constituyen un fino instrumento para medir el grado de contaminación atmosférica, ya que generalmente su cuerpo vegetativo se encuentra en contacto total con el medio aéreo, por carecer de órganos subterráneos (Tovar & Aguinaga, 1994).

Además es factible caracterizar los ambientes a través de la cobertura, abundancia y frecuencia de diferentes especies liquénicas, en consecuencia el estudio de la dinámica poblacional de bioindicadores liquénicos permitirá realizar un diagnóstico sobre el nivel de contaminación del aire (Pioli, Feldman, Sender, & Peruzzo, 2015).

2.2.13. Índice de pureza atmosférica

El IPA es un índice biológico adimensional que considera la presencia, abundancia (cobertura) y distribución de las especies de líquenes en una misma área, donde la contaminación existente puede producir alteraciones en las poblaciones liquénicas. Dicho índice fue formulado por primera vez por Le Blanc y De Sloover (1970) para medir la calidad de aire alterada por una fuente industrial y modificada por Rubiano (1983), ver Fórmula 3.

De esta forma en una zona con altos niveles de contaminación atmosférica se puede esperar encontrar muy pocas especies de líquenes, pero representadas por individuos tóxico tolerantes. En cambio en una zona con bajos índices de contaminación, existe una gran diversidad de comunidades liquénicas y así un mayor equilibrio en el número de individuos presentes. Este índice refleja la riqueza o escasez de la biodiversidad liquénica epífita de una determinada zona y es válido

únicamente a nivel comparativo entre territorios o regiones que presenten aproximadamente la misma climatología y ecología (Gonzales, Luján, Navarro, & Flores, 2016).

2.2.14. Ciudad de Huaraz

La ciudad de Huaraz se ubica en la región Ancash, provincia y distrito de Huaraz, la cual se encuentra a una altura de 3052 m.s.n.m., siendo sus coordenadas geográficas 09°25' - 9°75' de Latitud Sur y 77°25' – 77°75' de Latitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Las características del entorno de la ciudad de Huaraz corresponden a las de un valle interandino. Geográficamente, está localizado en el callejón de Huaylas, limitado por las cordilleras Blanca y Negra, cuyo río principal es el Santa que atraviesa y el Río Quillcay que la cruza de este a oeste (INDECI, 2003).

La ciudad de Huaraz cuenta con ocho barrios según el “Plan de desarrollo urbano Huaraz 2012 – 2022” de la Municipalidad Provincial de Huaraz, los cuales son: San Francisco, La Soledad, Villón, Belén, Pedregal, Taclán, Huarupampa y Bellavista (ver Anexo N°1).

2.2.15. Estimación curvilínea

Según Carollo & Pateiro (2012), al tratar de explicar (o predecir) la variable Y a través de una covariable X puede ocurrir que la relación no sea lineal. La regresión exponencial se utiliza cuando podemos asumir que la relación entre ambas variables es del tipo:

$$Y = \beta_0 e^{\beta_1 X}$$

En este caso el ajuste se puede reducir a una simple regresión lineal ya que si la relación (X, Y) es exponencial, entonces (X, ln(Y)) es lineal:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X$$

Podemos entonces ajustar un modelo lineal tomando como X como covariable y ln(Y) como variable respuesta.

2.2.15. Coeficiente de correlación de Pearson

Restrepo & Gonzáles (2007), indican que un coeficiente de correlación mide el grado de relación o asociación existente generalmente entre dos variables aleatorias. A su vez señalan que el coeficiente de correlación de Pearson tiene como objetivo medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que poseen una distribución normal, el coeficiente fluctúa entre el intervalo $[-1,1]$, indicando el signo el sentido de la relación:

- a. Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- b. Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.
- c. Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- d. Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- e. Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

2.2.16. Marco legal

a. Numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú

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

b. Ley N°28694, Ley que regula el contenido de azufre en el combustible diésel

El objeto de la presente Ley es declarar de necesidad pública y de preferente interés nacional la regulación de los niveles de azufre

contenidos en el combustible diésel, con la finalidad de salvaguardar la calidad del aire y la salud pública.

A partir del 1 de enero de 2010 queda prohibida la comercialización para el consumo interno de combustible diésel cuyo contenido de azufre sea superior a las 50 partes por millón por volumen.

c. Ley N°29237, Ley que crea el sistema nacional de inspecciones técnicas vehiculares

El objeto de la presente ley es crear el sistema nacional de inspecciones técnicas vehiculares, encargado de certificar el buen funcionamiento y mantenimiento de los vehículos automotores y el cumplimiento de las condiciones y requisitos técnicos establecidos en la normativa nacional, con el objeto de garantizar la seguridad del transporte y tránsito terrestre, y las condiciones ambientales saludables.

d. Numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley General del Ambiente – Ley N° 28611

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

e. Decreto supremo N° 009-2012-MINAM

Modifica el Decreto Supremo N° 047-2001-MTC sobre los LMP de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial; modificando así los artículos 2°, 4°, 5°, 6°, 7°, 9° y 10°, así como los Anexos N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4 del Decreto Supremo N° 047-2001-MTC y sus modificatorias.

Precísese que los LMP de emisiones contaminantes para vehículos automotores en circulación, vehículos automotores nuevos a ser importados o ensamblados en el país, y vehículos automotores usados a ser importados, a que se refiere el Reglamento Nacional de

Vehículos, aprobado por Decreto Supremo N° 058-2003-MTC y sus modificatorias, son los establecidos en el presente Decreto Supremo.

f. Decreto Supremo N° 003 – 2017 – MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para aire

Tabla 2: Estándares de calidad ambiental para aire.

PARÁMETROS	PERIODO	VALOR [ug/m³]
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200
	Anual	100
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2.5})	24 horas	50
	Anual	25
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100
	Anual	50
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000
	8 horas	10000
Ozono (O ₃)	8 horas	100
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5
	Anual	0,5
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150

2.3. Definición de términos

2.3.1. Contaminación

La contaminación puede definirse como cualquier modificación indeseable del ambiente, causada por la introducción a este de agentes físicos, químicos o biológicos (contaminantes) en cantidades superiores a

las naturales, que resulta nociva para la salud humana, daña los recursos naturales o altera el equilibrio ecológico (Romero, Diego, & Álvarez, 2006).

2.3.2. Contaminante

Es toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido que al incorporarse o actuar con la atmósfera, agua, suelo, flora, o cualquier elemento ambiental, alteren o modifiquen su composición o afecten la salud humana (Prando, 1996).

2.3.3. Contaminación atmosférica

Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza (Aránguez, y otros, 1999).

2.3.4. Fuentes móviles

Comprende toda forma de combustión de los vehículos motorizados (autos, camiones, ómnibus, motocicletas, aviones, etc.) y también el polvo que produce el tránsito de dichos vehículos (Tomassetti, 2003).

2.3.5. Bioindicadores

Los bioindicadores son organismos o comunidades de organismos que pueden responder a la contaminación ambiental mediante alteraciones en su fisiología o a través de su capacidad para acumular contaminantes. Por lo tanto los bioindicadores son organismos que pueden ser usados para la identificación y determinación cualitativa de los contaminantes ambientales generados por los humanos (Gonzales, Luján, Navarro, & Flores, 2016).

2.3.6. Líquenes

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

el hongo ofrece protección y aporte de agua al alga (Fernández & Terrón, 2003).

2.3.7. Epífita

Las epifitas son plantas que crecen sobre otras plantas adheridas a los troncos y ramas de árboles y arbustos principalmente, por ello, son llamadas, con toda propiedad, epifitas (del griego *epi* que significa “sobre”, y *phyte*, “planta”) (Granados, López, Hernández, & Sánchez, 2003).

2.3.8. Forófito

El hospedero o “forófito” sobre el que crece una epífita es utilizado sólo como soporte sin recibir más daño que el que pueda provocar su abundancia dentro de su ramaje; por tanto, una epífita difiere de una planta parásita en que esta última obtiene agua y nutrientes del hospedero (Granados, López, Hernández, & Sánchez, 2003).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2014), la investigación es descriptiva porque está dirigida a responder por las causas de los eventos y fenómenos y porque se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta. En la investigación se utilizaron dos metodologías: la cualitativa, descripción de los rasgos observados; y cuantitativa, medición de la cobertura liquénica, cálculo del Índice de Pureza Atmosférica y medición del flujo vehicular.

3.2. Diseño de investigación

El tipo de diseño de la investigación fue transversal correlacional según Hernández, Fernández, & Baptista (2014), ya que este tipo de diseño describe relaciones entre dos o más variables en un momento determinado, que en la presente investigación es la relación entre el flujo vehicular y la población de líquenes a través del Índice de Pureza Atmosférica.

3.2.1. Diagrama general de la investigación

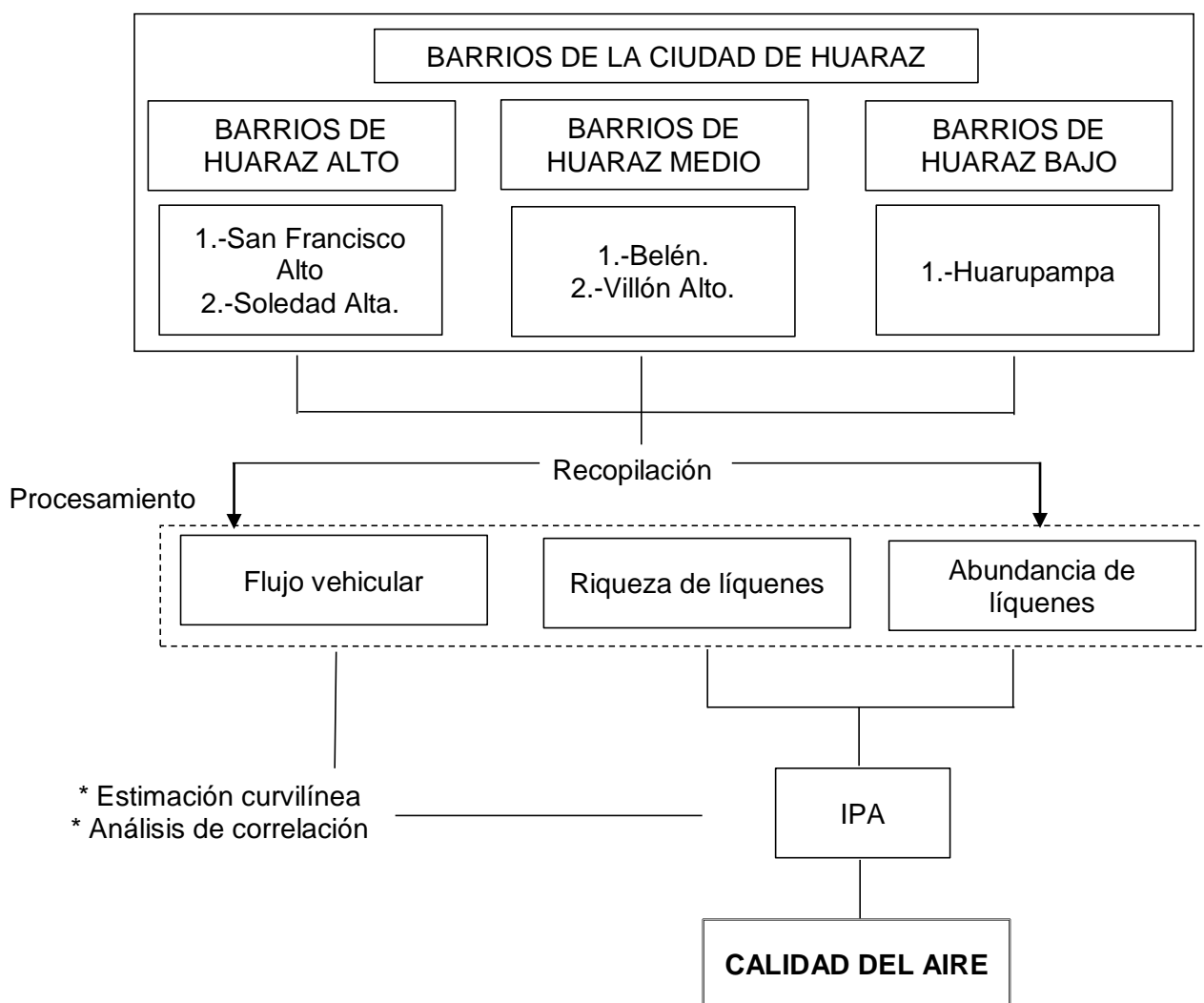


Figura 1: Diagrama general de la investigación.

3.3. Métodos o técnicas

3.3.1. Para medir la abundancia de líquenes

a. Para la selección del árbol a muestrear

En cada uno de los barrios de estudio se seleccionaron tres (3) forófitos de la misma especie, las especies seleccionadas fueron: *Pinus radiata* para tres barrios y *Casuarina equisetifolia* para dos barrios, debido a que dichas especies se encuentran en su mayoría en las áreas verdes públicas de la ciudad de Huaraz (ver Anexo N°17).

Según Llatance (2017), la selección de los forófitos (sustratos para las comunidades liquénicas), se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Forófitos de una misma especie.
- Forófitos con al menos 30 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP).
- Forófitos con una inclinación no mayor de 30°.
- Forófitos sin daños en su corteza vegetal.

Finalmente, bajo los criterios ya mencionados se seleccionaron los barrios y forófitos a muestrear en cada zona de estudio, tal como se muestra en la Tabla 3 con su respectiva ubicación.

Tabla 3: Ubicación de cada forófito muestreado por zona de estudio.

HUARAZ ALTO	
ZONA 1: BARRIO "SAN FRANCISCO"	ZONA 2: BARRIO "PEDREGAL"
Av. Confraternidad internacional este con Jr. Italia. Referencia: UGEL Huaraz.	Av. Confraternidad internacional este con Jr. Pedro Cochachin. Referencia: Colegio FE Y ALEGRIA.
FORÓFITO 1 S 9°31'39,3888" - W 77°31'12,693"	FORÓFITO 1 S 9°32'5,24076" - W 77°31'19,17048"
FORÓFITO 2 S 9°31'39,6102" - W 77°31'12,73872"	FORÓFITO 2 S 9°32'5,87868" - W 77°31'16,75992"
FORÓFITO 3 S 9°31'39,8172" - W 77°31'12,76824"	FORÓFITO 3 S 9°32'3,18156" - W 77°31'17,53896"
HUARAZ MEDIO	
ZONA 3: BARRIO "BELÉN"	ZONA 4: BARRIO "SAN FRANCISCO"
Av. Agustín Gamarra con Jr. Jacinto Palacios.	Av. Antonio Raymondi con Av. Agustín Gamarra.
FORÓFITO 1 S 9°31'54,588" - W 77°31'37,10712"	FORÓFITO 1 S 9°31'35,03424" - W 77°31'34,51872"
FORÓFITO 2 S 9°31'55,05348" - W 77°31'37,31484"	FORÓFITO 2 S 9°31'35,21568" - W 77°31'34,49136"
FORÓFITO 3 S 9°31'55,9002" - W 77°31'37,2882"	FORÓFITO 3 S 9°31'35,328" - W 77°31'34,58496"
HUARAZ BAJO	
ZONA 5: BARRIO "HUARUPAMPA"	
I: Av. Confraternidad internacional oeste con Jr. Huáscar. Referencia: a espaldas de la Parroquia San Antonio de Padua.	
FORÓFITO 1 S 9°31'46,1298" - W 77°31'57,33192"	
FORÓFITO 2 S 9°31'46,03692" - W 77°31'56,95464"	
FORÓFITO 3 S 9°31'47,41716" - W 77°31'57,38232"	

b. Para el monitoreo de líquenes

Consistió en el uso de la metodología de cartografía de líquenes, que según Quispe, Ñique, & Chuquilín (2015) se realizó de la siguiente manera:

- Se basó en un grupo de 3 árboles por barrio, de las especies:
 - ✓ *Casuarina equisetifolia*: para la zona 1 y zona 5.
 - ✓ *Pinus radiata*: para la zona 2, zona 3 y zona 4.
- Se utilizó:
 - ✓ Una rejilla de muestreo de líquenes de 20 x 50 cm, tal como se muestra en la Figura 2.
 - ✓ Una wincha para medir el diámetro a la altura del pecho (DAP).
 - ✓ Una lupa de mano para observar con mayor facilidad a los líquenes.
- La altura de muestreo se encontró entre 1.20 m. hasta 1.70 m.
- El área de inventario se delimitó sobre un área de 20 x 50 cm, subdividida en 10 subcuadrantes y se contabilizó la frecuencia de aparición de cada especie, su cobertura y abundancia en 3 forófitos.

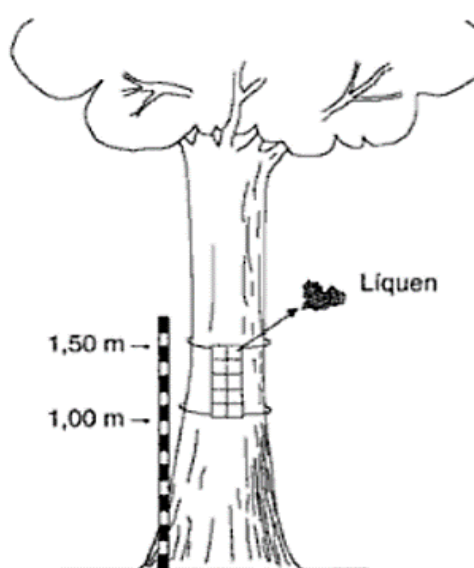


Figura 2: Instalación de la rejilla para monitorear líquenes epífitos.

Fuente: Quispe, Ñique, & Chuquilin (2015)

c. Abundancia de líquenes

Se estimó la abundancia de cada una de las especies de acuerdo a la cobertura o área que ocupan en la rejilla de muestreo. Para ello se tomaron fotografías de la rejilla en cada árbol seleccionado por cada barrio de estudio (Ambrosio & Bringas, 2017).

➤ Para calcular la cobertura de líquenes

Se procesó cada una de las fotografías obtenidas en campo, correspondientes a la rejilla de muestreo de líquenes por cada forófito; utilizando el programa Adobe Photoshop CS6 versión 13.0.1, cuyo procedimiento se describe a continuación:

- ✓ Se abrió Adobe Photoshop CS6 y se eligió la imagen que se va a trabajar.

Para ello se hizo clic en el menú archivo/ abrir; en el cual se abrió un explorador de archivos, es aquí donde se ubicó la imagen que se quiso procesar y se dio clic en abrir.

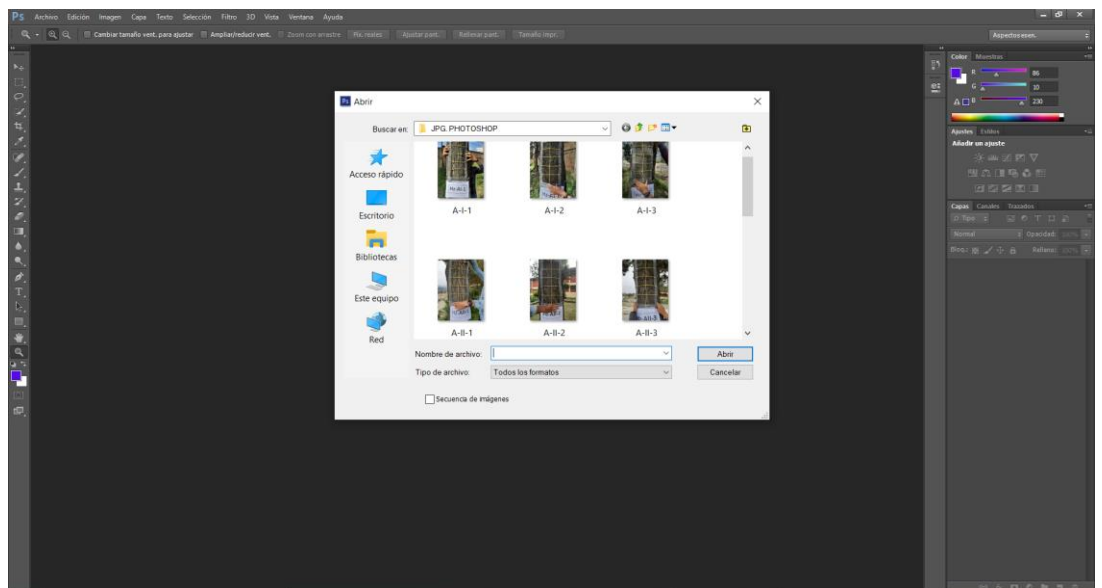


Figura 3: Elección de la fotografía a trabajar.

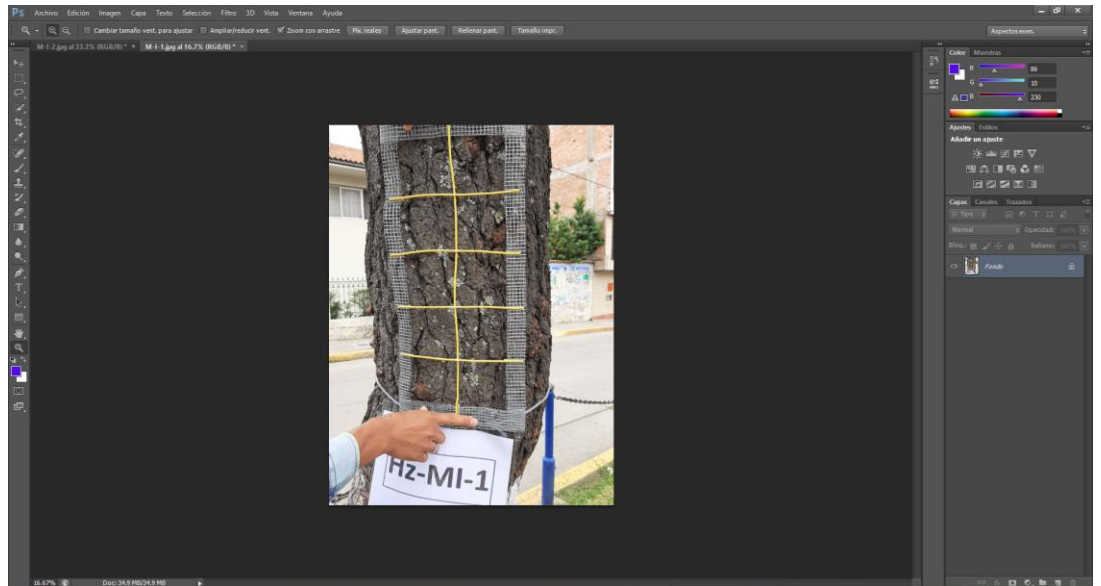


Figura 4: Fotografía a trabajar.

- ✓ Se recortó la imagen de modo que quedó solo la rejilla de muestreo de líquenes.

Para ello se hizo clic en la herramienta recortar que se encuentra en la barra izquierda del programa.



Figura 5: Herramienta recortar.

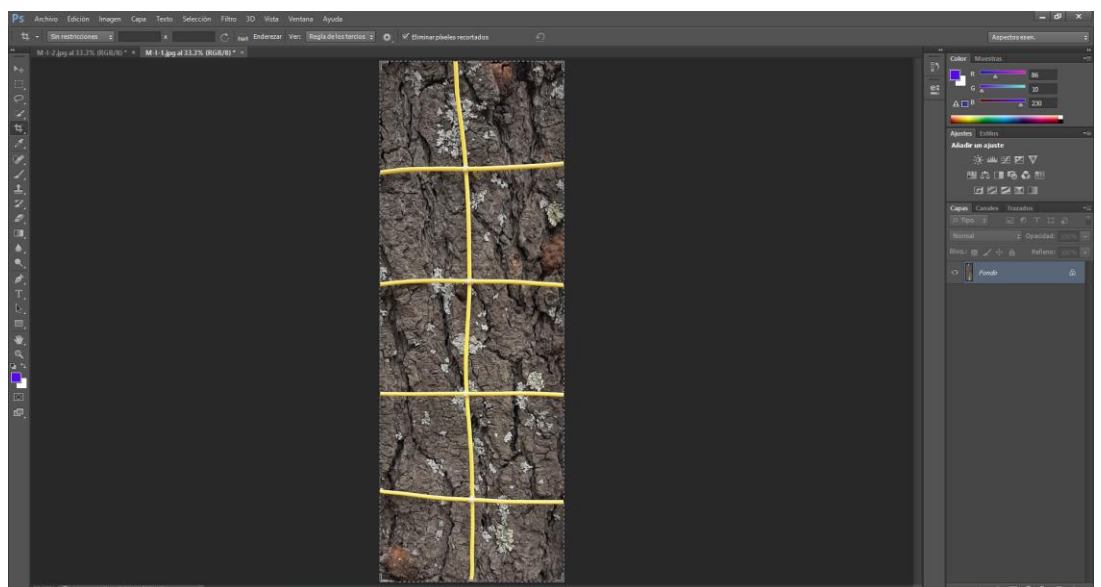


Figura 6: Recorte de la fotografía.

- ✓ Se seleccionó el área de cada especie de líquen

Para ello se hizo clic en la herramienta Lazo que se encuentra en la barra izquierda del programa y se procedió a seleccionar el área del liquen.



Figura 7: Herramienta lazo.

Esta herramienta (Figura 5), ayudó a seleccionar el área de cada liquen dentro de la imagen.

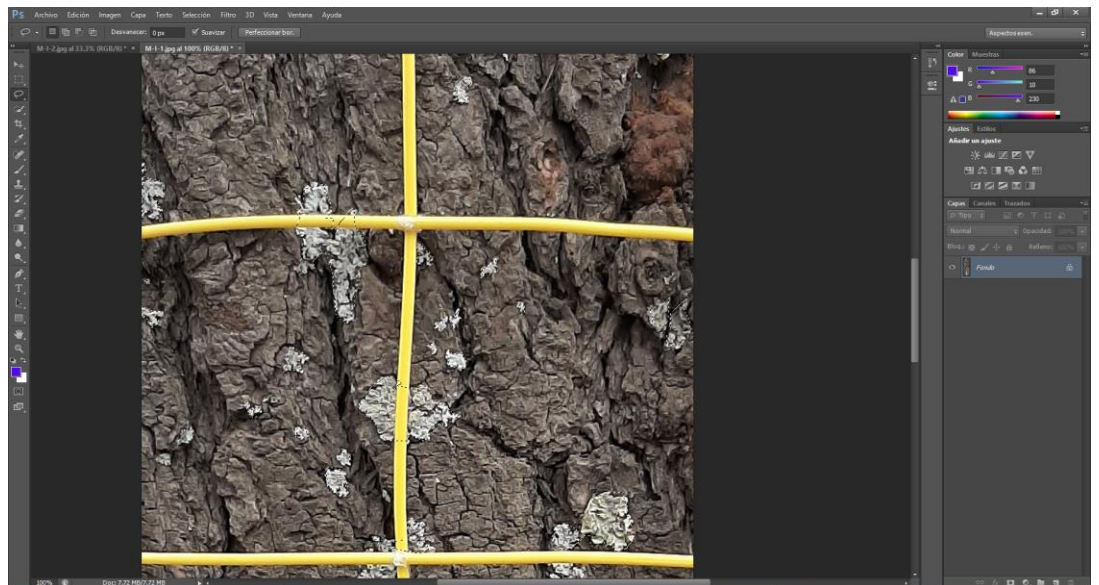


Figura 8: Selección de cada especie de liquen.

- ✓ Se configuró la escala de medida

Para ello, una vez seleccionada el área de cada liquen nos dirigimos a la barra superior y se hizo clic en el menú Imagen/ Análisis/ Configurar escala de medida/ A medida.

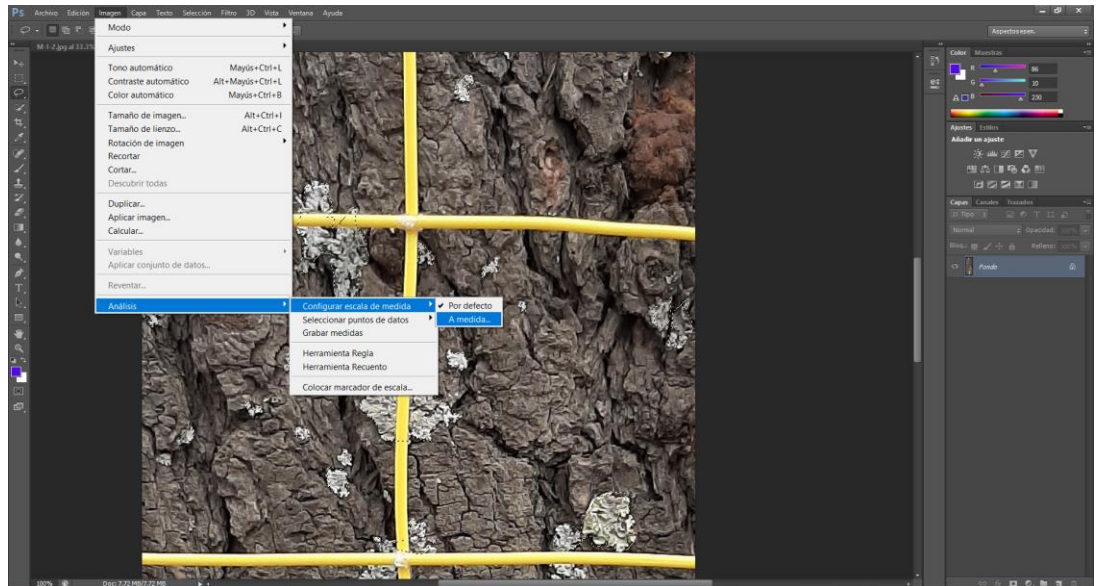


Figura 9: Configuración de la escala de medida.

En la ventana “Escala de medida” se escribió:

- a. Longitud de píxel: 489, correspondiente al promedio de píxel de las 15 fotografías del estudio, Ver anexo N°2.
- b. Longitud lógica: 10, lo que corresponde a los 10 cm de cada cuadrante de la rejilla de muestreo.
- c. Unidades lógicas: cm, lo que corresponde a los 10 cm de cada cuadrante de la rejilla de muestreo.

La herramienta configuración a escala de medida, permite medir a través de imágenes, áreas reales basándose en escalas.

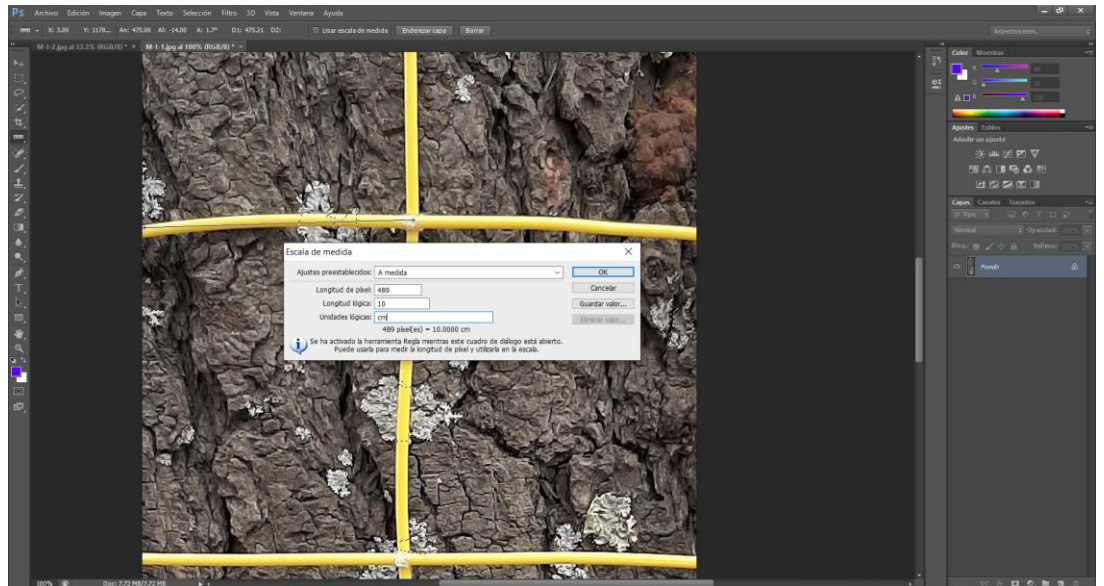


Figura 10: Configuración de la escala de medida.

✓ Se grabó las medidas

Una vez ya configurada la escala de medición, se hizo clic en el menú Imagen/ Análisis/ Grabar medidas.

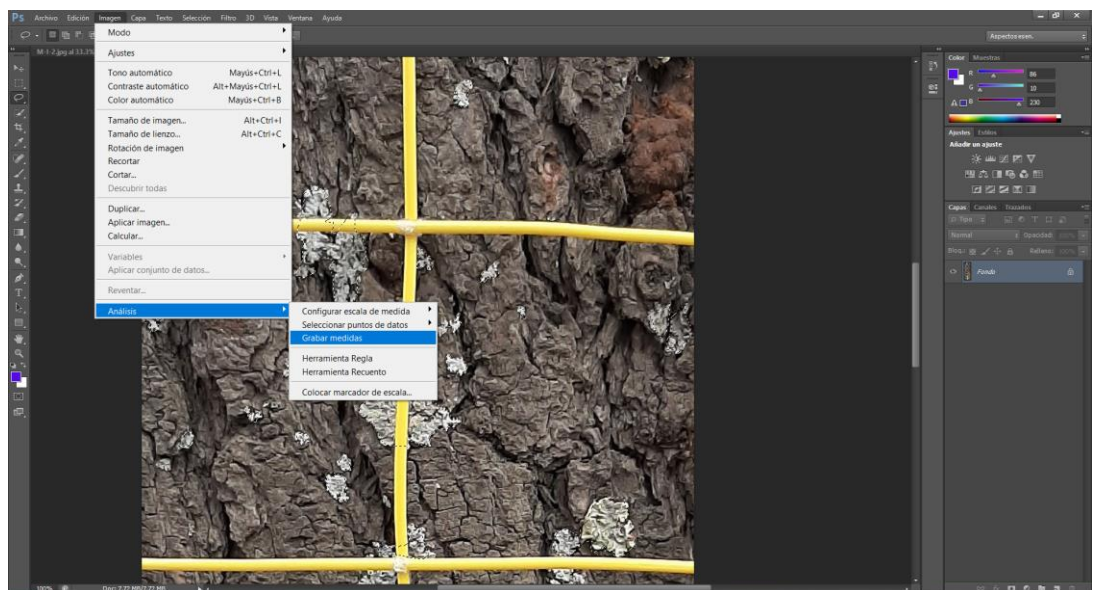


Figura 11: Grabar medidas.

A partir de esto se obtuvo una tabla de matrices donde se detallan las medidas en la escala real con las que se va a trabajar, en este caso el resultado fue en cm^2 .

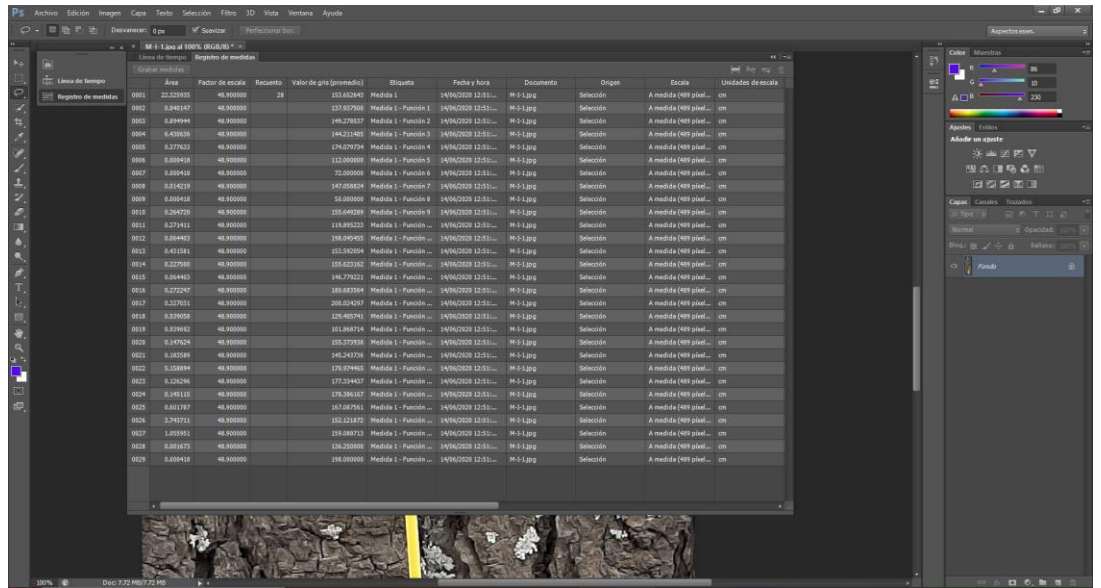


Figura 12: Áreas en cm² de cada líquen seleccionado.

✓ Se guardó el registro de medidas

Para ello, se exportó el cuadro obtenido haciendo clic en el botón "seleccionar todo"

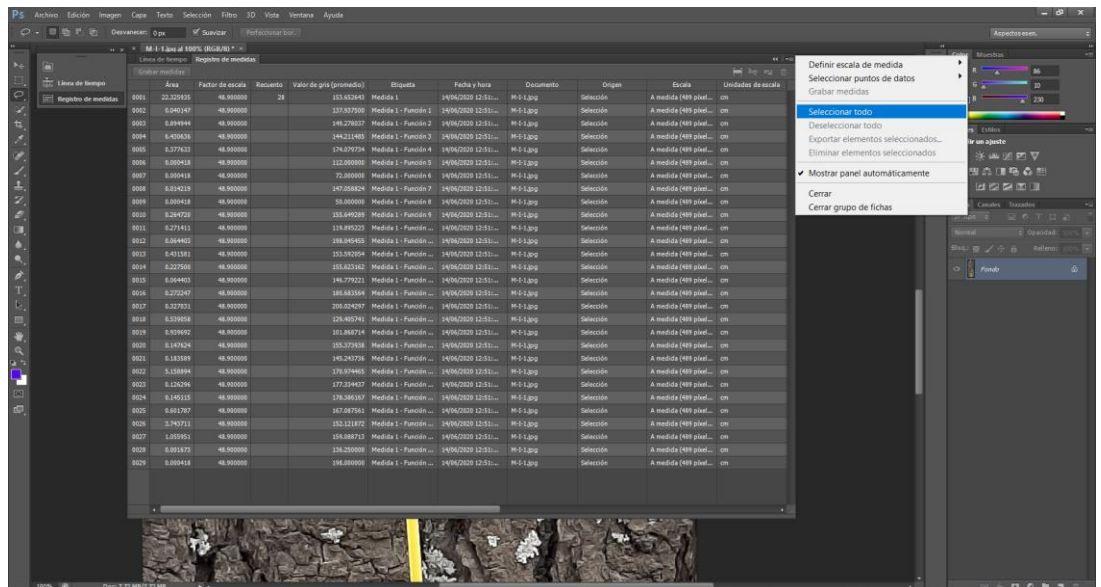


Figura 13: Guardar el registro de medidas.

Una vez seleccionado los datos, se hizo clic en el botón "exportar elementos seleccionados"

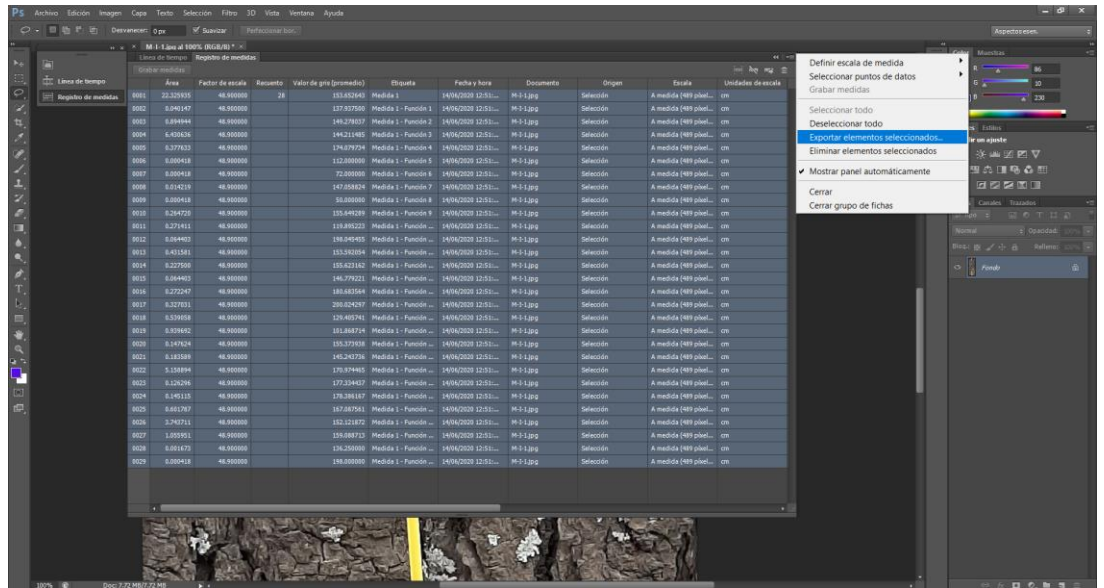


Figura 14: Guardar el registro de medidas.

Luego se procedió a guardar el registro de medidas, asignando el destino y nombre del archivo.

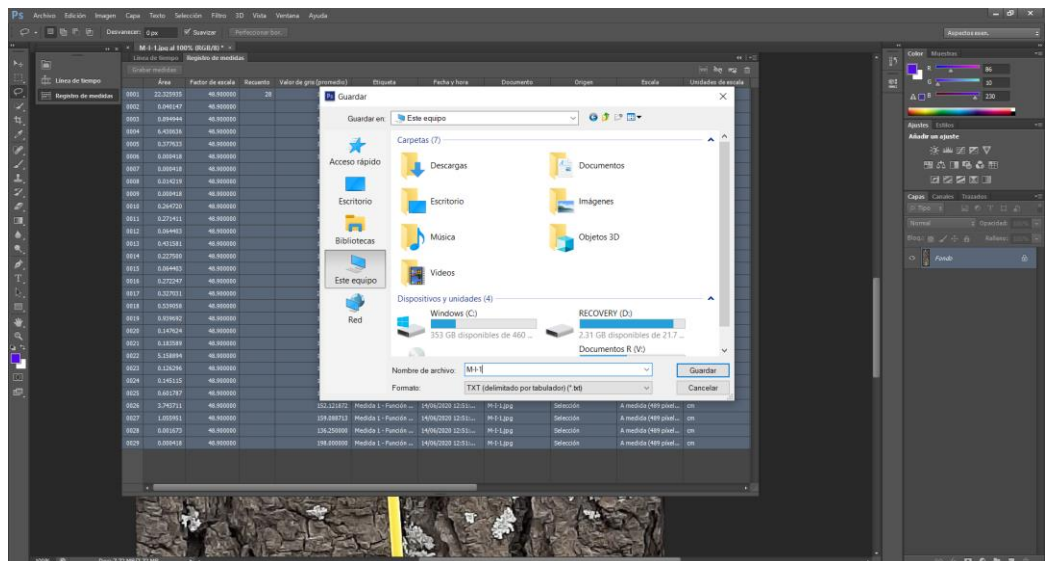


Figura 15: Guardar el registro de medidas.

- ✓ Se repitió el mismo procedimiento para cada una de las especies y fotos del estudio.

3.3.2. Para determinar la riqueza e identificar las especies de líquenes

a. Para la selección del material a coleccionar

Según Huamán (2016), la selección del material debió cumplir con los siguientes criterios:

- Se evitó coleccionar líquenes deteriorados.
- Se recolectó únicamente el material necesario para evitar depredar la zona.
- Se determinó con ayuda de una lupa si el ejemplar presenta las estructuras reproductivas (como apotecio) necesarias para su determinación taxonómica.
- Se tomó en cuenta si el tamaño del ejemplar extraído es el adecuado para su posterior determinación taxonómica.

Finalmente, cabe mencionar que según Cohn (2014), la recolección de ejemplares liquénicos se puede realizar durante cualquier época del año, por lo que se realizó en el mes de marzo del 2020.

b. Técnica de colecta

Según Huamán (2016) la técnica de colecta se realizó de la siguiente manera:

- Con el uso de una navaja se desprendió de la corteza los ejemplares de líquenes.
- Se removió cada ejemplar sin causarle daño, de lo contrario se removió con todo y corteza.
- Se colocó cada ejemplar en bolsas de papel anotándose el número de colecta y el nombre del barrio donde se extrajo.
- Cuando se encontraron ejemplares valiosos desecados y por lo tanto frágiles, se humedecieron para evitar su daño durante el proceso de remoción.
- En una caja se transportó el material recolectado al “Laboratorio de Calidad Ambiental” de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM) para su identificación.
- Se registró en la libreta de campo el número de ejemplares recolectados, repitiendo esto en cada barrio.

- Se determinó el número de ejemplares y se clasificó los líquenes según características similares a simple vista, tales como: color, forma, biotipo, etc.
- Se tomaron fotografías en cada punto de colecta.

c. Identificación de líquenes – fase de laboratorio

- Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM, para el servicio de identificación de los líquenes recolectados, tal como se muestra en el anexo N°17.
- Las muestras fueron herborizadas y depositadas en el “Herbario David Smith” de la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo (UNASAM), para su preservación y posteriores estudios.

d. Riqueza de líquenes

Por último, la riqueza se consideró como el número de especies presentes en cada uno de los árboles muestreados (Ambrosio & Bringas, 2017).

3.3.3. Para calcular el Índice de Pureza Atmosférica y determinar la calidad del aire

La calidad de aire en cada zona se determinó utilizando el Índice de Pureza Atmosférica (IPA), propuesto por Le Blanc y De Sloover (1970) y modificado por Rubiano (1983), para ello se utilizó las siguientes fórmulas:

Fórmula 3: Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

$$IPA_j = \sum \frac{(Q_i \times f_i)}{n} \times C_i$$

Donde:

IPA_j: Índice de Pureza Atmosférica de la estación *j*.

f_i: frecuencia de cada especie (*i*).

Q_i: factor de resistencia de la especie (*i*).

C_i: cobertura relativa de la especie (*i*) en la estación (*j*).

n : número de forófitos censados en la estación (j)

Fórmula 4: factor de resistencia de la especie

$$Q_i = \sum \frac{A_j - 1}{E_j}$$

Donde:

Q_i : factor de resistencia de la especie (i).

A_j : número de especies presentes en cada estación (j) donde se encuentre la especie (i)

E_j : número de estaciones (j) donde se halle la especie (i)

3.3.4. Para categorizar cada zona de estudio

Según Rubiano (1983), menciona que la clasificación de áreas homogéneas en cuanto al comportamiento de las comunidades liquénicas corresponde a áreas similares por niveles de contaminación, por lo que en la investigación con la finalidad de clasificar las zonas de estudio, se agruparon los IPA registrados según clases y sus correspondientes niveles de contaminación, tal como se observa en la la Tabla 4.

Tabla 4: Zonas de contaminación.

VALOR DE IPA		ZONA DE CONTAMINACIÓN
0 -	4.00	Contaminación máxima
4.00 -	8.00	Contaminación aguda
8.00 -	12.00	Contaminación media
12.00 -	16.00	Contaminación moderada
16.00 -	20.00	Zona de transición
20.00 -		Sin contaminación

Nota: El valor máximo teórico (IPA=20) para la zona de estudio se estimó a partir de $S^2 - S$, donde S es el número total de especies encontradas en la zona de estudio correspondiente a 5 especies.

3.3.5. Para registrar el flujo vehicular

Para el registro vehicular, se realizó un conteo de vehículos que pasan por minuto, en lapsos de cinco minutos, durante una hora. Donde se eligieron las siguientes horas punta:

a. 7:00 a.m.

b. 12:30 p.m.

c. 6:00 p.m.

Este registro se realizó en cada barrio de estudio, durante los días lunes a viernes. La tasa de flujo vehicular se calculó mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 5: tasa de flujo vehicular

$$q = \frac{N}{T}$$

Donde:

q: Tasa de flujo o volumen horario

N: Número de vehículos

T: Intervalo de tiempo

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio estuvo conformada por la comunidad de líquenes epífitos presentes en las áreas verdes de los barrios de Huaraz incluidos en el “Plan de desarrollo urbano 2012 – 2022” de la Municipalidad Provincial de Huaraz, los cuales son:

- a. San Francisco: San Francisco Alto y San Francisco Bajo.
- b. La soledad: Soledad Alta y Soledad Bajo.
- c. Villón: Villón Alto y Villón Bajo.
- d. Belén.
- e. Pedregal.
- f. Tacllán.
- g. Huarupampa.
- h. Bellavista.

3.4.2. Muestra

La unidad de análisis estuvo conformada por la comunidad de líquenes epífitos presentes en el área muestreada de cada forófito encontrados en los barrios de la ciudad de Huaraz.

Para obtener la muestra los estratos utilizados fueron tres:

- a. **Barrios de Huaraz alto:** San Francisco Alta, Soledad Alta, Pedregal y Bellavista.
- b. **Barrios de Huaraz medio:** San Francisco Baja, Soledad Baja, Belén y Villón Alto.
- c. **Barrios de Huaraz bajo:** Huarupampa, Taclán y Villón Bajo.

Cabe mencionar, que para fines de estudio los barrios de San Francisco, La Soledad y Villón fueron subdivididos en Alto y Bajo tal como lo muestra el “Plan de desarrollo urbano Huaraz 2012 – 2022” de la Municipalidad provincial de Huaraz.

- **Para obtener la fracción en cada estrato (fh), se empleó la siguiente fórmula:**

Fórmula 1: fracción en cada estrato

$$fh = \frac{n}{N}$$

Donde:

fh: fracción del estrato

n: muestra total

N: población

- **Para obtener el tamaño de la muestra en cada uno de los estratos se aplicó la siguiente fórmula:**

Fórmula 2: tamaño de muestra en cada estrato

$$nh = Nh \times fh$$

Donde:

nh: tamaño de la muestra en cada estrato

Nh: tamaño de los estratos

fh: fracción del estrato

Tabla 5: Resultados de la operación del muestreo estratificado.

Barrios	Subpoblación <i>Nh</i>	Fracción de los grupos <i>fh</i>	Muestra en cada estrato <i>nh</i>
Barrios de Huaraz alta	4	0.36	1.44 ≈ 2
Barrios de Huaraz media	4	0.36	1.44 ≈ 2
Barrios de Huaraz baja	3	0.27	0.81 ≈ 1
Total	11	1	5

Una vez hallado el número de muestra para cada estrato se hizo un recorrido y observación de la población de forófitos en la ciudad de Huaraz para poder identificar cada zona de estudio que sea apto para desarrollar el IPA, es decir, que cumpla con todo lo establecido según Llatance (2017) tales como: forófitos de una misma especie, forófitos con al menos 30 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), forófitos con una inclinación no mayor de 30°, forófitos sin daños en su corteza vegetal.

Tabla 6: Barrios muestreados según el número de muestras por estrato.

Barrios	Muestra en cada estrato <i>nh</i>	Barrio(s) muestreados
Barrios de Huaraz alta	2	San Francisco alto. Pedregal
Barrios de Huaraz media	2	Belén San Francisco bajo.
Barrios de Huaraz baja	1	Huarupampa

Nota: una vez obtenido el tamaño de muestra para cada estrato se procedió a elegir cada barrio a ser muestreado bajo el criterio por conveniencia.

3.5. Instrumentos validados de recolección de datos

Tabla 7: Técnicas e instrumentos de la investigación.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación directa	Ficha de observación, guía para el registro de flujo vehicular
Notas de campo	Ficha de campo
Análisis de documentos	Resultados anteriores, Índice de Pureza Atmosférica, Guías para identificar líquenes
Análisis de contenido	Google Earth, Ms. Excel, Adobe Photoshop, IBM SPSS Statistics versión 24
Cartografía de líquenes	Rejilla de muestreo de 20 x 50 cm, lupa
Pruebas estadísticas	Estimación curvilínea, coeficiente de correlación

3.5.1. Materiales

- a. Rejilla de relevamiento de líquenes de 20 cm x 50 cm.
- b. Wincha de 2m.
- c. Lupa.
- d. Navaja.
- e. Cuaderno de notas.
- f. Papel bond.
- g. Mica.
- h. Plumones.
- i. Sobre de carta.

3.5.2. Equipos

- a. Estereoscopio.
- b. Computadora portátil (laptop).
- c. Cámara digital.

3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

3.6.1. Métodos y modelos de análisis de los datos

Para la investigación se utilizó la estimación curvilínea y el coeficiente de correlación de Pearson como estadísticos de prueba para medir el grado de relación de las dos variables en estudio.

3.6.2. Programas utilizados para el análisis

- a. Google Earth: visualización de la ciudad de Huaraz y sus barrios.
- b. Adobe photoshop: cálculo de la abundancia de líquenes.
- c. Ms. Excel: cálculos matemáticos para la determinación del Índice de Pureza Atmosférica, flujo vehicular y regresiones.
- d. IBM SPSS Statistics versión 24: Prueba de normalidad, coeficiente de correlación de Pearson.

3.6.3. Para el análisis de la influencia del flujo vehicular en la riqueza y abundancia de líquenes

Los estadísticos de prueba utilizados en la investigación fueron:

- a. Estimación curvilínea.
- b. Coeficiente de correlación de Pearson.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Abundancia y riqueza de líquenes

4.1.1. Abundancia

La Figura 16 muestra la abundancia relativa de líquenes según especie por cada zona de estudio en la ciudad de Huaraz, esto a partir del área ocupada (cobertura) por parte de los líquenes en cada zona de estudio tal como se muestra en la Tabla 8.

Las 5 zonas presentaron la mayor abundancia relativa de la especie *Physcia sp* la cual se encontró en las 5 zonas de estudio, a diferencia de la especie *Punctelia subrudecta* que se encontró únicamente en la zona 3 de estudio presentando así la menor abundancia relativa.

Tabla 8: Área ocupada por especie y abundancia de líquenes según especie en cada zona de estudio de la ciudad de Huaraz.

ESPECIES	ZONAS DE ESTUDIO				
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
<i>Flavoparmelia caperata</i>	2.92	0.00	16.10	18.34	0.00
<i>Xanthoria parietina</i>	16.35	4.44	15.57	0.00	0.00
<i>Physcia sp</i>	180.24	38.58	99.75	36.88	160.05
<i>Punctelia subrudecta</i>	0.00	0.00	1.19	0.00	0.00
<i>Candelaria concolor</i>	0.00	0.00	72.69	11.52	22.94
TOTAL	199.51	43.01	205.30	66.74	182.98
ABUNDANCIA RELATIVA (%)	28.60%	6.17%	29.43%	9.57%	26.23%

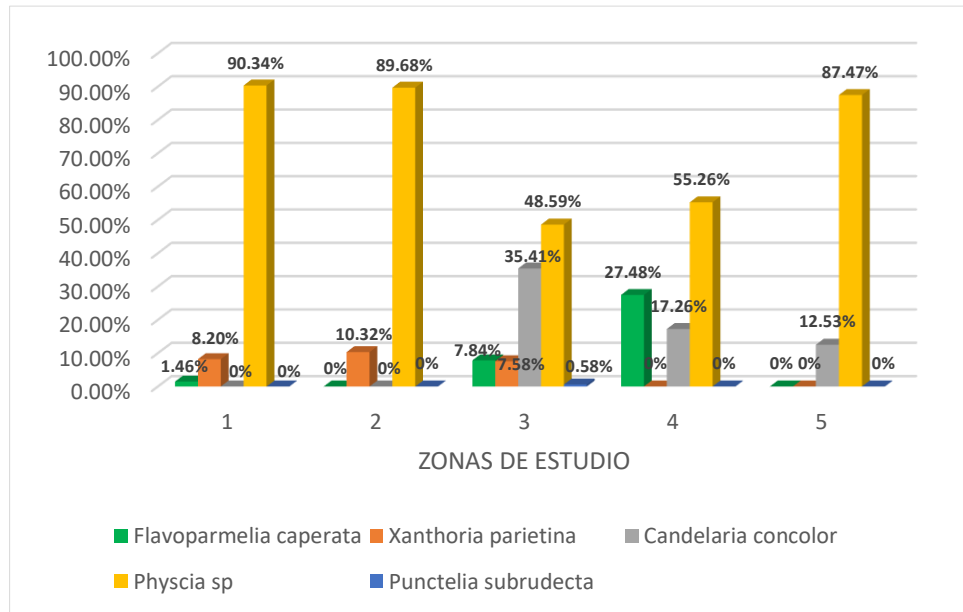


Figura 16: Abundancia relativa de líquenes según especie por cada zona de estudio.

La Figura 17 muestra la abundancia relativa de líquenes en cada zona de estudio, la mayor abundancia líquénica presentó la zona 3 con un 29.43% y la menor abundancia líquénica presentó la zona 2 con un 6.17%.

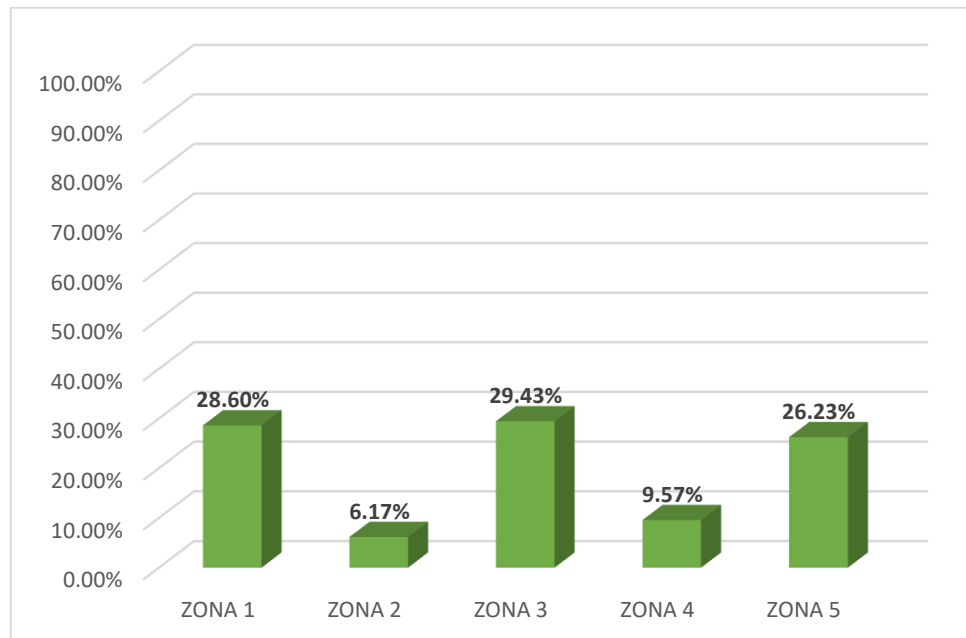


Figura 17: Abundancia relativa de líquenes en cada zona de estudio en la ciudad de Huaraz.

La Figura 18 muestra la abundancia relativa de líquenes según especie en toda el área de estudio. La mayor abundancia presentó la

especie *Physcia sp* con un 73.90% y la menor abundancia la especie *Punctelia subrudecta* con un 0.17%.

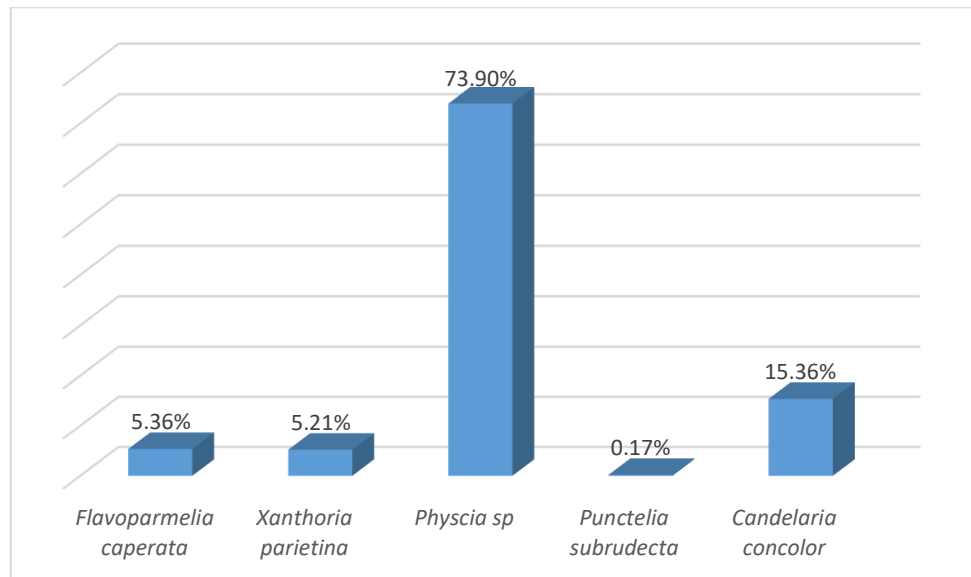


Figura 18: Abundancia de líquenes según especie en la ciudad de Huaraz.

4.1.2. Riqueza

En la Tabla 9 se muestra las especies de líquenes en cada zona de estudio. La riqueza de líquenes en todo el área de estudio estuvo conformada por cinco especies que fueron: *Flavoparmelia caperata*, *Xanthoria parietina*, *Physcia sp*, *Punctelia subrudecta* y *Candelaria concolor*; siendo la zona 3 la que presentó mayor riqueza líquénica conformada por 5 especies, a diferencia de la zona 2 y zona 5 que presentaron la menor riqueza líquénica conformada por 2 especies, tal como se puede apreciar en la Figura 19.

Tabla 9: Especies de líquenes en el área de estudio.

ZONAS DE ESTUDIO	ESPECIES PRESENTES
ZONA 1	<i>Flavoparmelia caperata</i>
	<i>Xanthoria parietina</i>
	<i>Physcia sp</i>
ZONA 2	<i>Xanthoria parietina</i>
	<i>Physcia sp</i>
ZONA 3	<i>Flavoparmelia caperata</i>
	<i>Xanthoria parietina</i>
	<i>Physcia sp</i>
	<i>Punctelia subrudecta</i>
	<i>Candelaria concolor</i>

ZONA 4	<i>Flavoparmelia caperata</i> <i>Physcia sp</i> <i>Candelaria concolor</i>
ZONA 5	<i>Physcia sp</i> <i>Candelaria concolor</i>

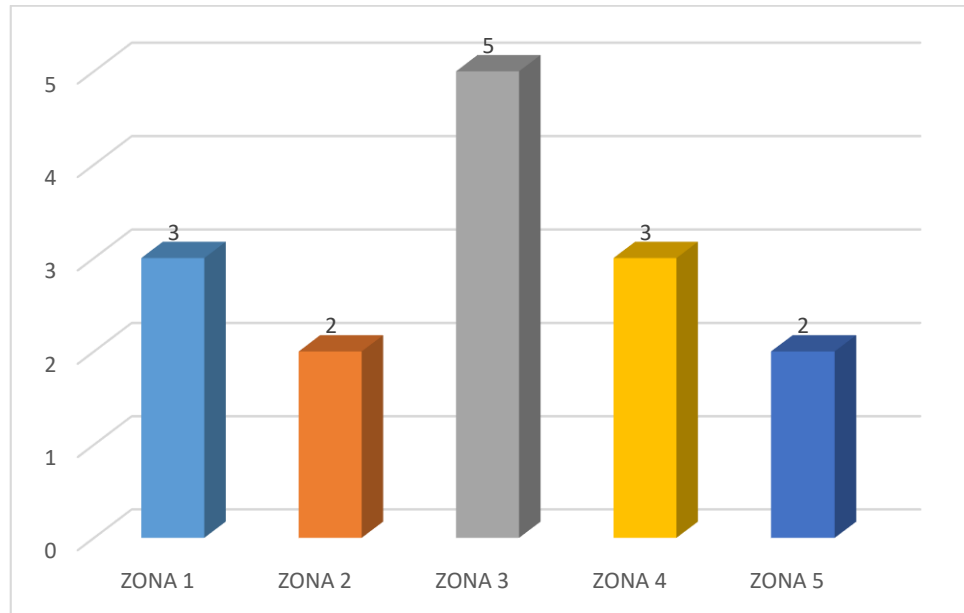


Figura 19: Riqueza de líquenes por zona de estudio.

4.2. Índice de pureza atmosférica

La Tabla 10 muestra los valores de cobertura, cobertura relativa (C_i), factor de resistencia (Q_i) y frecuencia (F_i) de cada especie líquénica por zona de estudio, todos ellos necesarios para poder obtener el Índice de Pureza Atmosférica en cada zona de estudio.

Se puede observar que las especies *Physcia sp* y *Xanthoria parietina* consiguieron el mayor valor de frecuencia (F_i) igual a 3, esto debido a que estuvieron presentes en los 3 forófitos muestreados por zona de estudio; a diferencia de las especies *Flavoparmelia caperata*, *Punctelia subrudecta* y *Candelaria concolor* que alcanzaron un valor de frecuencia (F_i) igual a 1 ya que tan sólo estuvieron presentes en un solo forófito por zona estudio.

Con respecto al factor de resistencia (Q_i), se observa que en la zona 1 la especie *Xanthoria parietina* y *Physcia sp* alcanzaron el menor valor de factor de resistencia (Q_i) igual a 1.33 ya que ambas especies estuvieron presentes en los 3 forófitos muestreados, a diferencia de *Flavoparmelia caperata* que alcanzó el mayor valor de factor de resistencia (Q_i) igual a 2 por estar presente únicamente

en un forófito. En la zona 2, las especies *Xanthoria parietina* y *Physcia sp* alcanzaron un valor del factor de resistencia (Q_i) igual a 1 debido a que ambas especies estuvieron presentes en los 3 forófitos muestreados. En la zona 3 la especie *Punctelia subrudecta* alcanzó el mayor valor de factor de resistencia (Q_i) igual a 3 debido a que estuvo presente tan sólo en un forófito en el que estuvieron presentes 4 especies y la especie *Candelaria concolor* alcanzó el menor valor de factor de resistencia (Q_i) igual a 1 debido a que estuvo presente tan sólo en un forófito pero en este caso en el forófito estuvieron presentes 2 especies. En la zona 4 la especie *Flavoparmelia caperata* alcanzó el mayor valor de factor de resistencia (Q_i) igual a 2 debido a que esta especie estuvo presente en tan sólo un forófito en la que hubo 3 especies, a diferencia de la especie *Physcia sp* que alcanzó el menor valor de factor de resistencia (Q_i) igual a 1 al estar presente en los 3 forófitos muestreados. Finalmente, en la zona 5, la especie *Candelaria concolor* alcanzó el mayor valor de factor de resistencia (Q_i) igual a 1 al estar presente en los 3 forófitos muestreados a diferencia de la especie *Physcia sp* que alcanzó el menor valor de factor de resistencia a estar presente en tan solo 2 de los 3 forófitos muestreados.

Respecto a la cobertura relativa (C_i), la especie *Physcia sp* alcanzó los valores más altos de cobertura relativa (C_i) en la zona 1, zona 2 y zona 5 en cada uno de los 3 forófitos muestreados, a diferencia de la zona 3 en la que si bien es cierto en 2 forófitos la mayor cobertura relativa presentó la especie *Physcia sp* pero en un forófito la mayor cobertura relativa (C_i) presentó la especie *Candelaria concolor* y en la zona 4 si bien es cierto en un forófito la mayor cobertura relativa (C_i) presentó la especie *Physcia sp*, en los 2 forófitos restantes la presentaron las especies *Flavoparmelia caperata* y *Candelaria concolor*. En cuanto a los menores valores de cobertura relativa (C_i), la especie *Xanthoria parietina* presentó los menores valores de cobertura relativa (C_i) en los 3 forófitos muestreados tanto en la zona 1 como en la zona 2. En la zona 3 la menor abundancia relativa (C_i) la presentó la especie *Xanthoria parietina* en un forófito, en el segundo forófito la especie *Punctelia subrudecta* y en el tercer forófito la especie *Physcia sp*. En la zona 4 la menor cobertura relativa (C_i) presentó la especie *Candelaria concolor* al igual que en la zona 5.

Tabla 10: Especies líquénicas, frecuencia (F_i), factor de resistencia (Q_i), cobertura relativa (C_i) e IPA por zona de estudio

Zonas de estudio	Forófito	Especies	Cobertura (cm^2)	Cobertura relativa C_i	Factor de resistencia Q_i	Frecuencia F_i	IPA		
Zona 1	1	<i>Xanthoria parietina</i>	0.20	0.00	1.33	3	3.97		
		<i>Physcia sp</i>	41.45	1.00	1.33	3			
		<i>Flavoparmelia caperata</i>	2.92	0.04	2.00	1			
	2	<i>Xanthoria parietina</i>	15.51	0.19	1.33	3			
		<i>Physcia sp</i>	64.71	0.78	1.33	3			
		<i>Xanthoria parietina</i>	0.64	0.01	1.33	3			
	3	<i>Physcia sp</i>	74.08	0.99	1.33	3			
		1	<i>Xanthoria parietina</i>	0.31	0.04	1.00		3	3.00
			<i>Physcia sp</i>	7.76	0.96	1.00		3	
<i>Xanthoria parietina</i>	3.59		0.20	1.00	3				
2	<i>Physcia sp</i>	14.55	0.80	1.00	3				
	3	<i>Xanthoria parietina</i>	0.53	0.03	1.00	3			
		<i>Physcia sp</i>	16.27	0.97	1.00	3			
Zona 3		1	<i>Flavoparmelia caperata</i>	12.35	0.18	2.50	2	4.55	
	<i>Xanthoria parietina</i>		0.63	0.01	2.50	2			
	<i>Physcia sp</i>		54.30	0.81	2.00	3			
	2	<i>Flavoparmelia caperata</i>	3.75	0.11	2.50	2			
		<i>Xanthoria parietina</i>	14.94	0.42	2.50	2			
		<i>Physcia sp</i>	15.43	0.44	2.00	3			
		<i>Punctelia subrudecta</i>	1.19	0.03	3.00	1			
	3	<i>Physcia sp</i>	30.02	0.29	2.00	3			
		<i>Candelaria concolor</i>	72.69	0.71	1.00	1			
Zona 4	1	<i>Flavoparmelia caperata</i>	18.34	0.46	2.00	1	2.85		
		<i>Physcia sp</i>	11.83	0.30	1.00	3			
		<i>Candelaria concolor</i>	9.32	0.24	1.50	2			
	2	<i>Physcia sp</i>	24.37	1.00	1.00	3			
		<i>Physcia sp</i>	0.68	0.24	1.00	3			
		<i>Candelaria concolor</i>	2.20	0.76	1.50	2			
Zona 5	1	<i>Physcia sp</i>	33.28	0.78	0.67	3	2.01		

	<i>Candelaria concolor</i>	9.18	0.22	1.00	2
2	<i>Physcia sp</i>	17.58	1.00	0.67	3
	<i>Physcia sp</i>	109.19	0.89	0.67	3
3	<i>Candelaria concolor</i>	13.76	0.11	1.00	2

Tabla 11: Factor de resistencia promedio (Q_i) por especie

FACTOR DE RESISTENCIA POR ESPECIE (Q_i)		
	<i>Punctelia subrudecta</i>	0.60
	<i>Candelaria concolor</i>	0.70
Especies	<i>Xanthoria parietina</i>	0.97
	<i>Physcia sp</i>	1.20
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	1.30

Nota: valor correspondiente al promedio de cada valor de factor de resistencia (Q_i) por zona de estudio.

La Figura 20 nos muestra los valores de IPA obtenidos en cada zona de estudio, valores que oscilaron entre 2.01 como mínimo perteneciente a la zona 5 y un máximo de 4.55 perteneciente a la zona 3.

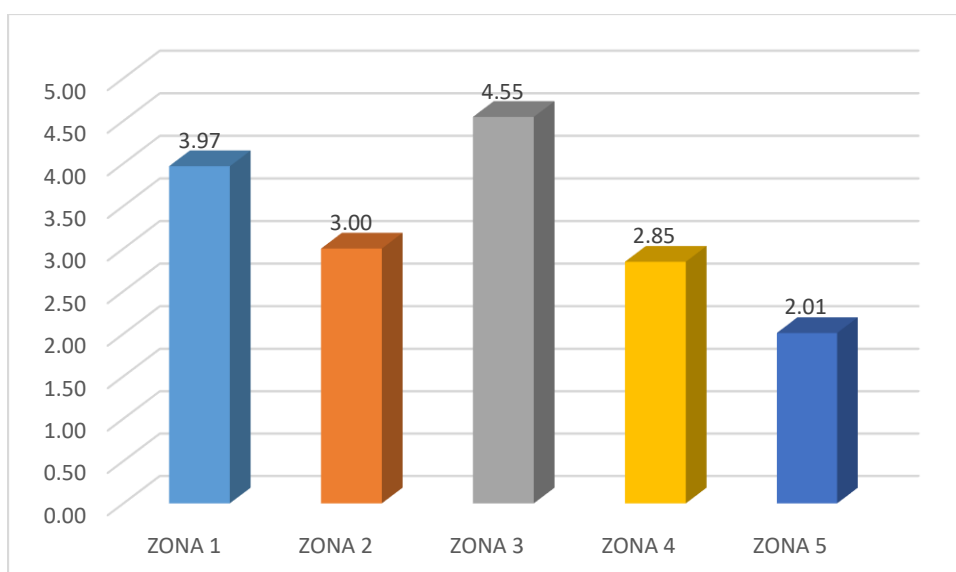


Figura 20: Valores del Índice de Pureza Atmosférica por zona de estudio.

La clasificación según zona de contaminación para cada zona de estudio se observa en la Tabla 12, ésta categorización se dio a partir de la Tabla 6. En ella se puede observar que las zonas que alcanzaron los valores de IPA iguales a 3.97, 3.00, 2.85 y 2.01 fueron la zona 1, zona 2, zona 4 y zona 5 de estudio respectivamente, las cuales fueron categorizadas como zonas de “contaminación

máxima”; a diferencia de la zona 3 que fue categorizada como zona de “contaminación aguda” al tener un valor de IPA igual a 4.55.

Tabla 12: Categorización de cada zona de estudio

ZONA DE ESTUDIO	IPA	ZONA DE CONTAMINACIÓN
ZONA 1	3.97	Contaminación máxima
ZONA 2	3.00	Contaminación máxima
ZONA 3	4.55	Contaminación aguda
ZONA 4	2.85	Contaminación máxima
ZONA 5	2.01	Contaminación máxima

Nota: Las zonas de contaminación se observan en la Tabla 6 ubicada en el capítulo 3, sección 3.5.4.

4.3. Estimación del modelo de la influencia del flujo vehicular en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz.

4.3.1. Flujo vehicular

La Tabla 13 muestra los valores del flujo vehicular obtenidos en cada zona de estudio, como se puede observar, el mayor flujo vehicular presentó la zona 5 con 31 vehículos/min y el menor flujo vehicular presentó la zona 2 y zona 3 con 14 vehículos/min.

Tabla 13: Flujo vehicular por zona de estudio.

	ZONA 1	19 vehículos/min
	ZONA 2	14 vehículos/min
ZONAS	ZONA 3	14 vehículos/min
	ZONA 4	25 vehículos/min
	ZONA 5	31 vehículos/min

4.3.2. Índice de Pureza Atmosférica y flujo vehicular

La Figura 21 muestra los valores del flujo vehicular y los valores del IPA en las cinco zonas de estudio, en ella se puede ver claramente que a valores altos de flujo vehicular, como es el caso de la zona 5 con 31 vehículos/min se obtiene el menor valor del IPA correspondiente a 2.01; a diferencia de la zona 3 que alcanzó el mayor valor de IPA correspondiente a 4.55 pero registró el menor flujo vehicular de 14 vehículos/min. Se presentó una anomalía para el caso de la zona 2 que también registró el menor flujo vehicular de 14 vehículos/min pero registró un IPA igual a 3.00.

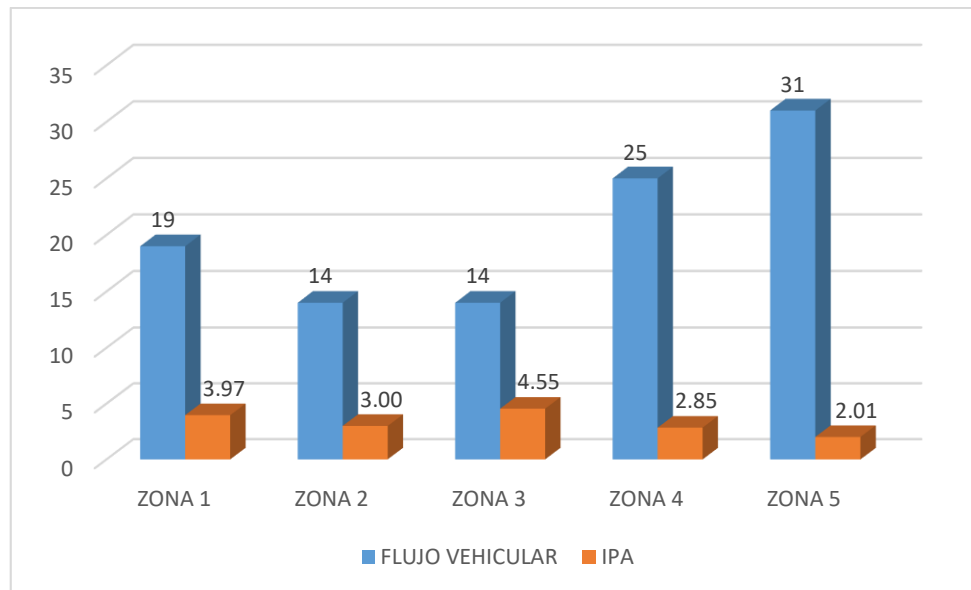


Figura 21: Valores del Índice de Pureza Atmosférica (IPA) y flujo vehicular por zona de estudio.

Nota: Flujo vehicular expresado en vehículos/min

4.3.3. Estimación del modelo de la influencia del flujo vehicular en el IPA

La Tabla 14 muestra los valores de IPA y flujo vehicular en cada zona de estudio, datos necesarios para poder realizar la estimación de la influencia del flujo vehicular en la población de líquenes como bioindicadores de la calidad del aire a través del IPA.

Tabla 14: Valores de IPA y flujo vehicular en cada zona de estudio

ZONAS	IPA	FLUJO VEHICULAR
ZONA 1	3.97	19
ZONA 2	3.00	14
ZONA 3	4.55	14
ZONA 4	2.85	25
ZONA 5	2.01	31

Nota: Flujo vehicular expresado en vehículos/min

a. Estimación curvilínea

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

Donde:

$Y = \text{Población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire a través del IPA}$

$X = \text{Flujo vehicular}$

A continuación se presentan: la regresión lineal, regresión logarítmica y regresión exponencial, necesarias para la estimación curvilínea.

La Figura 22 muestra la regresión lineal entre el flujo vehicular y el IPA, mostrando que el 60,16% de la variabilidad del IPA es explicado por el flujo vehicular.

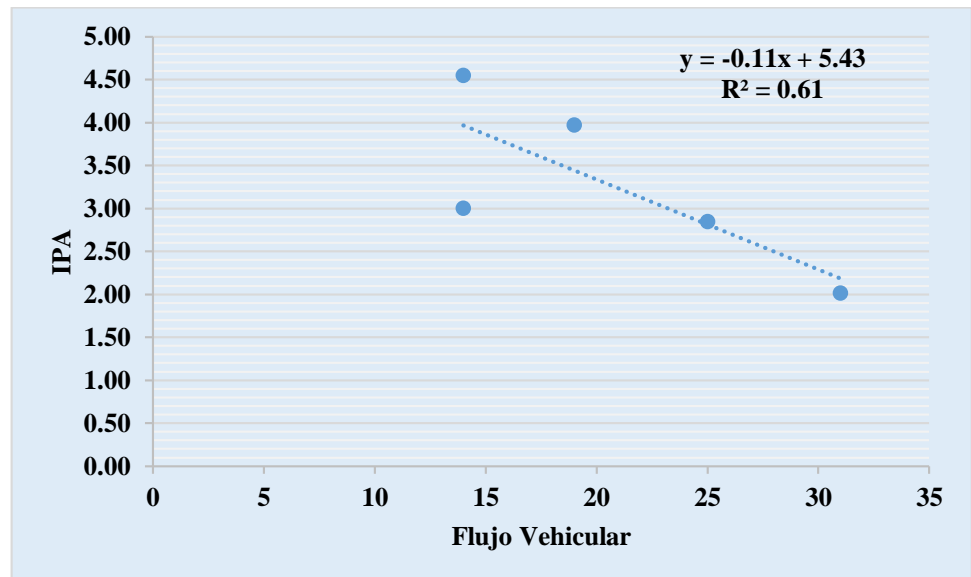


Figura 22: Ecuación lineal del IPA en función del flujo vehicular
Fuente: Elaboración propia

La Figura 23 muestra la regresión logarítmica entre el flujo vehicular y el IPA, mostrando que el 55.19% de la variabilidad del IPA es explicado por el flujo vehicular.

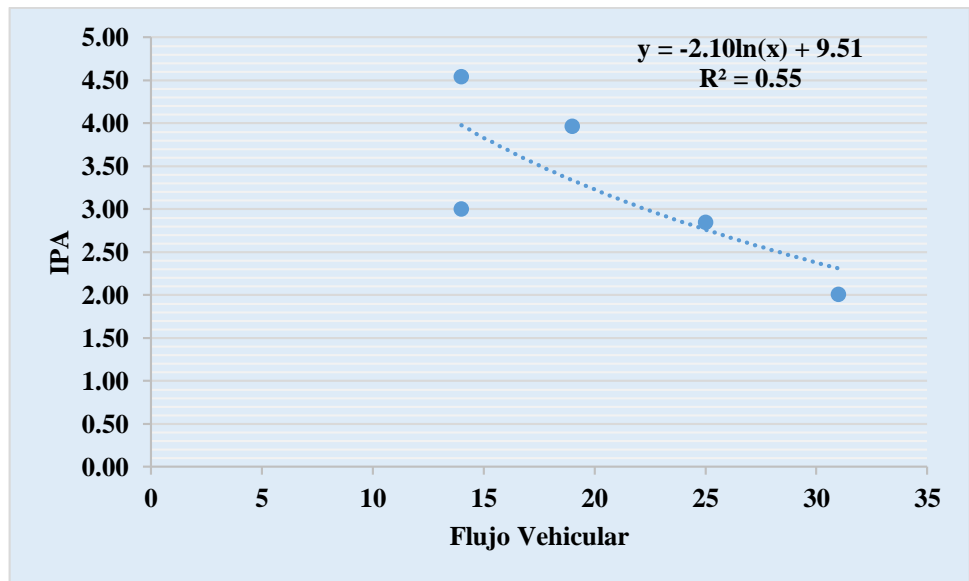


Figura 23: Ecuación logarítmica del IPA en función del flujo vehicular

La Figura 24 muestra la regresión exponencial entre el flujo vehicular y el IPA, mostrando que el 65.92% de la variabilidad del IPA es explicado por el flujo vehicular.

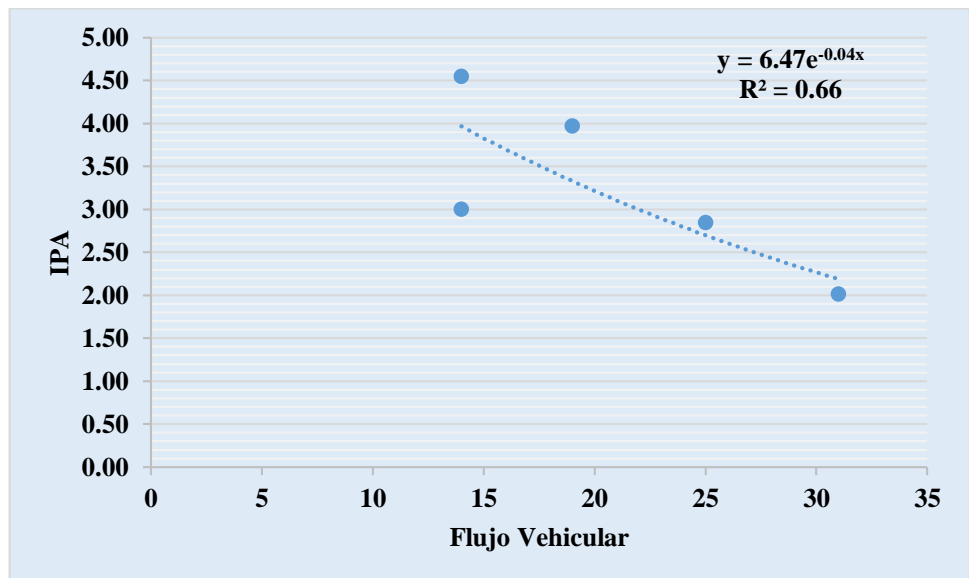


Figura 24: Ecuación exponencial del IPA en función del flujo vehicular

b. Resumen del modelo

La Tabla 15 nos muestra el resumen de modelo y estimaciones de parámetro, en la cual se observa las tres ecuaciones probadas para verificar cuál de ellas se ajusta más y explica mejor al IPA a través del flujo vehicular.

La ecuación que mejor explica el modelo es la ecuación exponencial pues el R cuadrado (coeficiente de determinación r^2) con un valor de 65.92% (0.66), lo que quiere decir que el 65.92% de la variabilidad del IPA es explicado por el flujo vehicular.

Tabla 15: Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro	
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1
Lineal	0.60	4.506	1	3	0.124	5.43	-0.105
Logarítmico	0.55	3.676	1	3	0.151	9.51	-2.096
Exponencial	0.66	5.767	1	3	0.096	6.47	-0.035

Nota: Análisis en IBM SPSS Statistics versión 24

La Figura 25 nos permite ver la representación gráfica de dispersión para los valores recogidos en campo para la estimación de los tres modelos: lineal, logarítmica y exponencial.

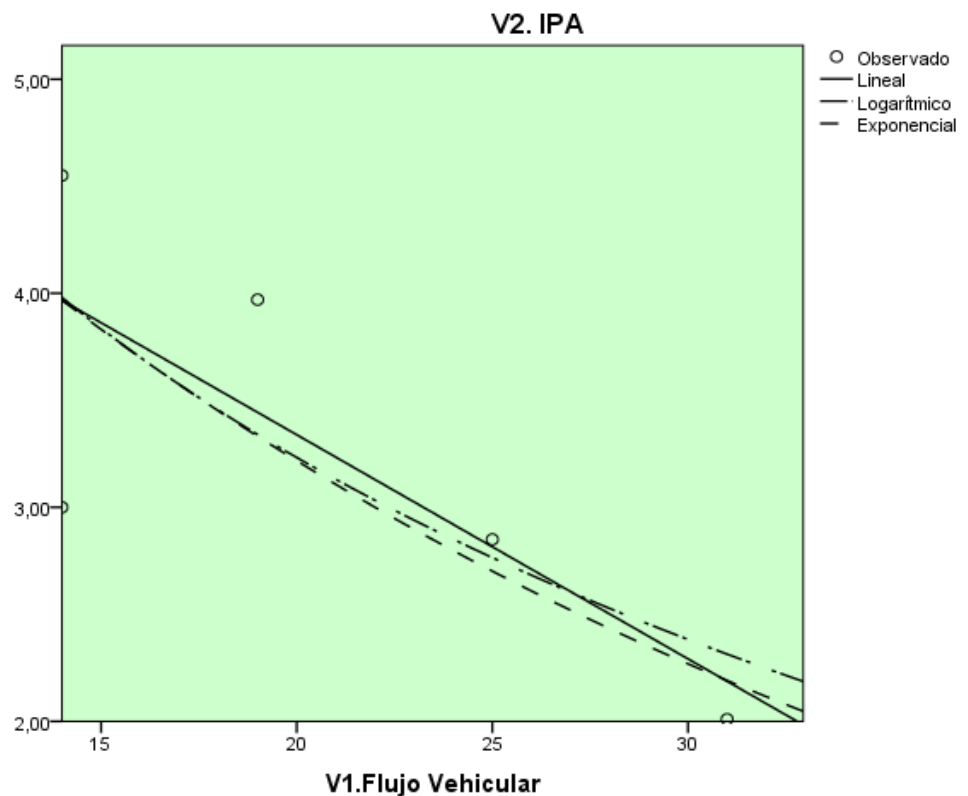


Figura 25: Estimación del modelo

Nota: Análisis en IBM SPSS Statistics versión 24

Finalmente, el modelo ajustado para cada ecuación es:

➤ Modelo ajustado para la ecuación lineal:

$$IPA = 5.47 - 0.10 x (FLUJO VEHICULAR)$$

➤ Modelo ajustado para la ecuación logarítmica:

$$IPA = 9.51 - 2.10 x \ln(FLUJO VEHICULAR)$$

➤ Modelo ajustado para la ecuación exponencial:

$$IPA = 6.47 x e^{-0.04 x (FLUJO VEHICULAR)}$$

4.3.4. Correlaciones

Variables en estudio:

- a. Flujo vehicular
- b. Población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire a través del IPA.

Tabla 16: Pruebas de normalidad

Variables	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flujo vehicular	0.215	5	0.200*	0.896	5	0.391
IPA	0.209	5	0.200*	0.967	5	0.858

Nota: Análisis en IBM SPSS Statistics versión 24

La Tabla 16 nos muestra que los valores del flujo vehicular y el IPA se distribuyen normalmente bajo el criterio de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk con $p = 0.391$ y $p = 0.858$ para el flujo vehicular y el IPA respectivamente, por lo que se procedió a emplear el coeficiente de correlación Pearson para medir el grado de relación entre ambas variables.

Tabla 17: Correlación de Pearson

		V2. IPA
V1.Flujo Vehicular	r	-0,775
	N	5

Nota: Análisis en IBM SPSS Statistics versión 24

La Tabla 17 nos muestra que el flujo vehicular y el IPA se correlacionan inversamente con un valor del coeficiente de correlación de Pearson (r) igual a -0.78, el cual indica un valor de correlación inversa **alta**, lo que quiere decir que a medida que incrementa el flujo vehicular el IPA tiende a disminuir y viceversa.

La Figura 21 corrobora lo antes dicho, ya que en ella se observa que:

- A mayor flujo vehicular se obtuvo el menor valor del IPA.
- A menor flujo vehicular se obtuvo el mayor valor del IPA.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Abundancia y riqueza de especies

5.1.1. Abundancia de líquenes

La mayor abundancia relativa la obtuvo la especie *Physcia sp* con un 73.90% en todo el área de estudio, lo cual concuerda con Ambrosio & Bringas (2017) y Huamán (2016) a nivel de género ya que en dichos estudios la especie mas abundante fue *Physcia estellaris* y con el estudio de Figueroa & Méndez (2015) donde la especie *Physcia undulata* fue la más abundante.

5.1.2. Riqueza de líquenes

De las cinco especies de líquenes identificados, la especie *Physcia sp* al estar identificada a nivel de género y siendo de especie desconocida, concuerda con el estudio de Llatance (2017) y Livia & Rojas (2019) quienes identificaron también *Physcia sp*; y con otros estudios a nivel de género tales como Ambrosio & Bringas (2017) y Huamán (2016) quienes identificaron la especie *Physcia estellaris* y con el estudio de Figueroa & Méndez (2015) donde identificaron la especie *Physcia undulata*.

La especie *Flavoparmelia Caperata* ha sido encontrada en otros estudios a nivel nacional en ciudades como Cajamarca, Bagua Grande, Puno y Chachapoyas en investigaciones de Ambrosio & Bringas (2017), Huamán (2018), Villamar (2018) y Mendoza (2018) respectivamente.

Respecto a la especie *Xanthoria parietina*, la cual concuerda a nivel de género con el estudio de Cohn (2014) quien identificó a la especie *Xanthoria candelaria*, con el estudio de Huamán (2018) quien identificó a la especie *Xanthoria sp.*, con el estudio de Huamán (2016) quien identificó a la especie *Xanthoria polycarpa* y con el estudio de Mendoza (2018) quien identificó a la especie *Xanthoria polycarpa*; todas ellas concordando en el mismo género de especie.

En cuanto a la especie *Candelaria concolor*, concuerda con otras investigaciones tales como Livia & Rojas (2019), Villamar (2018) y Mendoza (2018); y a nivel de género con Huamán (2016) quien identificó la especie *Candelaria fibrosa*.

Respecto a la especie *Punctelia subrudecta*, la identificación de esta especie concuerda a nivel de género con estudios tales como Villamar (2018) quien identificó a *Punctelia punctilla* y con Huamán (2016) quien identificó a *Punctelia flaventior*.

Finalmente, se debe considerar, que en áreas urbanas las comunidades líquénicas no son tan diversas como en ambientes naturales (Cohn, 2014), por lo que resulta congruente la identificación de únicamente cinco especies en la zona de estudio.

5.2. Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

Es importante hablar de la selección del forófito, ya que si bien es cierto Llatance (2017) menciona que los forófitos deben ser de una misma especie, pero tras hacer el recorrido en la ciudad de Huaraz y ver que no todos los barrios cumplían con esta condición, se procedió a seleccionar las siguientes dos especies: *Pinus radiata* para 3 zonas de estudio y *Casuarina equisetifolia* para 2 zonas de estudio; más aún cuando hay investigaciones que utilizaron la misma metodología y emplearon diferentes especies como es el caso de: Huamán (2018) quien utilizó nueve especies de forófitos, Livia & Rojas (2019) quienes utilizaron doce especies de forófitos, Vargas (2012) quien utilizó ocho especies y Mendoza (2018) quien utilizó quince especies.

De acuerdo a los IPA obtenidos en las 5 zonas de estudio, valores que oscilaron entre 2.01 y 4.55, los niveles de contaminación atmosférica alcanzados en la ciudad de Huaraz fueron: “contaminación máxima” y “contaminación aguda”,

estos resultados se asemejan con otras investigaciones como es el caso de Livia & Rojas (2019), en la que obtuvo valores de IPA entre 0.15 y 5.67 en la ciudad de Jaén.

Respecto a los niveles de contaminación alcanzado, es de esperarse que una ciudad como Huaraz presente dichas zonas, ya que como menciona Maldonado (2009), el rápido crecimiento de los sistemas urbanos ha traído consigo diferentes problemas ambientales, entre ellas las numerosas emisiones atmosféricas con sus impactos sobre la calidad del aire, sobre todo a nivel urbano, donde los efectos de las concentraciones de contaminantes en el aire, producto especialmente de la combustión de combustibles fósiles principalmente generados por el parque automotor y sobre todo, como menciona Llanque (2003) que la principal fuente de contaminación atmosférica es el parque automotor ya que las emisiones vehiculares continúan aumentando acelerada y permanentemente en las ciudades.

La zona 5 (Av. Confraternidad internacional oeste con Jr. Huáscar. Referencia: a espaldas de la Parroquia San Antonio de Padua) registró el menor valor de IPA presentando valores bajos de riqueza y abundancia liquénica, estos resultados concuerdan con otras investigaciones donde manifiestan que los bajos valores del IPA están relacionados con el elevado flujo vehicular y la ubicación de la zona, siendo esta una calle céntrica y una de las más transitadas de la ciudad, como es el caso de la investigación de Huamán (2018) en el que el valor más bajo del IPA se registró en zonas donde se presentó menor cantidad de riqueza de especies y cobertura liquénica. Además, como menciona Lijteroff, Lima, & Prieri (2009) la circulación de vehículos a motor, la presencia de calles angostas, la falta de áreas verdes urbanas y la conformación de espacios con poca renovación del aire, generarían las condiciones apropiadas para que los niveles de contaminación sean elevados, por lo que al obtener el menor valor de IPA en la zona 5 y calificándola como una zona con un nivel de “contaminación máxima” concuerda con lo ya mencionado.

En cuanto al mayor valor de IPA obtenido fue en la zona 3 (Av. Agustín Gamarra con Jr. Jacinto Palacios) presentando una riqueza y abundancia liquénica alta; estos resultados obtenidos concuerdan una vez más con Huamán (2018) en el que el valor más alto del IPA se registró en zonas donde se presentó mayor cantidad de riqueza de especies y cobertura liquénica.

Es necesario mencionar a la zona 2 (Av. Confraternidad internacional este con Jr. Pedro Cochachin, a la altura del Colegio Fe y Alegría) la cual presentó una anomalía ya que obtuvo un valor de IPA relativamente bajo (presentando únicamente dos especies y presentando la menor abundancia líquénica) pero no registró un flujo vehicular elevado, por lo que esta anomalía puede haber sido estimulada por factores topográficos y meteorológicos que influyen en la contaminación ambiental tal como lo menciona Romero, Diego, & Álvarez (2006) los cuales son: topografía del terreno, edificaciones existentes, vientos: dirección y velocidad, lluvia, presión barométrica, espacio de difusión (área sobre la que se mueven los contaminantes y altura máxima a que pueden llegar las corrientes de aire). Una anomalía como ésta también se presentó en investigaciones como de Quispe, Ñique, & Chuquilín (2015) en la que también señalan a la dispersión de las partículas, distanciamiento o espacio de la avenida e incluso el nivel de altura que alcanzan las viviendas, centros comerciales u otros como factores responsables de esta anomalía.

Por otro lado, de las cinco especies identificadas en la ciudad de Huaraz, dos de dichas especies que son *Flavoparmelia caperata* y *Xanthoria parietina*, las cuales estuvieron presentes en la zona de estudio, son mencionadas según La República (2003) como especies bioindicadoras de un grado de contaminación mediana, concordando una vez con los resultados de la investigación.

Rubiano (1983), define al factor de resistencia (Q_i) como el número promedio de especies acompañantes de una especie determinada, también menciona que el empleo de este factor se debe al hecho de que la contaminación reduce la riqueza de las especies, por lo que una especie sería resistente cuando se desarrolla y propaga en condiciones de aire contaminado, situación que coincide generalmente con una reducción en el promedio de sus especies acompañantes; en consecuencia ante lo ya mencionado se llega al siguiente razonamiento: al ser el factor de resistencia (Q_i) inversamente proporcional a la contaminación, y al presentar la especie *Flavoparmelia caperata* y *Physcia sp* los valores más altos de factor de resistencia en la zona de estudio, se puede decir que estas especies indican zonas con mayor contaminación del aire, y por ende son las especies más resistentes a la contaminación en el área de estudio; a diferencia de las especies *Punctelia subrudecta* y *Candelaria concolor*, con los valores más bajos de Q_i promedio en el área de estudio, por lo que estas especies indican zonas con

menor contaminación del aire y por ende son las especies más sensibles a la contaminación en la zona de estudio.

Finalmente, como menciona Cohn (2014) las zonas más contaminadas (pobres en líquenes) se ubican en los puntos más transitados tales como avenidas principales, áreas comerciales y pocas áreas residenciales, concordando con la investigación porque la zona 5 fue categorizada como una zona con “contaminación máxima”. Todo lo contrario se refleja en la zona 3 que fue categorizada como una zona con “contaminación aguda” al estar ubicada en un lugar donde no es tan transitada, no presenta áreas comerciales y podríamos incluso llamarla como un área residencial.

5.3. Influencia del flujo vehicular en la población de líquenes bioindicadores de la calidad del aire a través del IPA

El valor más alto del IPA se obtuvo en la zona con menor flujo vehicular, del mismo modo, el valor más bajo del IPA se obtuvo en la zona donde se registró el mayor flujo vehicular; estos resultados concuerdan con otras investigaciones como es el caso de Ambrosio & Bringas (2017) y Quispe, Ñique, & Chuquilín (2015), demostrando que a valores altos de flujo vehicular se espera obtener valores bajos del IPA y viceversa, mostrando una relación inversa entre el flujo vehicular y el IPA.

En cuanto al estadístico de la estimación curvilínea, se estimó que la regresión que más se ajusta y explica mejor al IPA a través del flujo vehicular es la regresión exponencial al igual que la investigación de Ambrosio & Bringas (2017), en nuestro caso se obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.66, esto habla de una relación fuerte y significativa entre las variables. Esto es evidente dado que como ya hemos podido ver anteriormente, al aumentar el flujo vehicular, disminuye el IPA y viceversa, del mismo modo esta investigación coincide con Ambrosio & Bringas (2017) y Quispe, Ñique, & Chuquilín (2015) en el que obtuvieron un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.68 y 0.66 respectivamente.

En cuanto al coeficiente de correlación de Pearson (r) se obtuvo un valor igual a -0.78, el cual indica una correlación inversa alta, demostrando así que a valores altos del flujo vehicular se obtienen valores bajos de IPA y viceversa, resultados obtenidos en la presente investigación, ya que como mencionamos

anteriormente en la zona 5 se registró el flujo vehicular más alto y por consiguiente se obtuvo el IPA mas bajo y en la zona 3 se registró el flujo vehicular mas bajo obteniendo el IPA mas alto en la zona de estudio. Por tal motivo, al tener el mayor flujo vehicular entre todas las zonas estudiadas, se esperó obtener el menor valor de IPA, por lo que prevalece que el IPA es mayor en áreas no contaminadas y responde a factores, tales como el tráfico vehicular, todo lo antes dicho concuerdan una vez mas con investigaciones como Ambrosio & Bringas (2017), Quispe, Ñique, & Chuquilín (2015) y Livia & Rojas (2019).

5.4. Contrastación de la hipótesis

Al ser el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) un índice biológico con una fórmula adimensional que relaciona la población de líquenes con la calidad del aire, donde la contaminación existente puede producir alteraciones en las poblaciones liquénicas, se llegó a comprobar que el flujo vehicular influye en la población de líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz, ya que el valor más alto del IPA se obtuvo en la zona con menor flujo vehicular, del mismo modo, el valor más bajo del IPA se obtuvo en la zona donde se registró el mayor flujo vehicular; estos resultados concuerdan con otras investigaciones como es el caso de Ambrosio & Bringas (2017) y Quispe, Ñique, & Chuquilín (2015), los cuales señalan que a valores altos de flujo vehicular se espera obtener valores bajos del IPA y viceversa, demostrando así una relación inversa fuerte entre el flujo vehicular y el IPA en la presente investigación obteniendo un valor de -0.78 del coeficiente de correlación de Pearson (r) y un valor del coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.66, demostrando una vez más una relación fuerte y significativa entre ambas variables en la investigación.

Según Llanque (2003), la principal fuente de contaminación atmosférica en zonas urbanas es el parque automotor ya que las emisiones vehiculares continúan aumentando acelerada y permanentemente en las ciudades, por lo que a mayor flujo vehicular se espera tener mayores emisiones vehiculares y viceversa. Fernández, Terrón, Fos, & Barreno (2002), señalan que entre las múltiples formas que tienen los líquenes de reflejar como les afecta la contaminación atmosférica, es el cambio gradual en su riqueza y abundancia desde las zonas más contaminadas, donde ambos parámetros decrecen; hasta las zonas menos contaminadas, donde se encuentran los mayores niveles de riqueza y abundancia.

Por último, la presente investigación llegó a demostrar que al estar presentes en zonas con mayor flujo vehicular y por tal motivo se les podría llamar como las zonas más contaminadas el IPA decrecerá; y en zonas con menor flujo vehicular y por tal motivo se les podría llamar como zonas menos contaminadas se encontrará mayores valores de IPA, esto principalmente debido a que para obtener el IPA se considera la riqueza y abundancia de líquenes, demostrando una vez más que el flujo vehicular influye en la población de líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

- Se identificaron cinco especies de líquenes las cuales fueron: *Flavoparmelia caperata*, *Xanthoria parietina*, *Physcia sp*, *Punctelia subrudecta* y *Candelaria concolor*; siendo la especie *Physcia sp* la más abundante en la ciudad de Huaraz.
- Se calculó el IPA para cada zona de estudio, obteniendo valores que variaron entre 2.01 y 4.55, por lo cual, los niveles de contaminación atmosférica alcanzados en la ciudad de Huaraz fueron: “contaminación máxima” para cuatro zonas de estudio y “contaminación aguda” para una zona de estudio.
- Las zonas con mayor IPA fueron aquellas que presentaron menor flujo vehicular y viceversa, demostrando así que existe una correlación inversa muy fuerte entre ellas, ya que al aumentar el flujo vehicular el IPA tiende a disminuir y viceversa. Por tal motivo, al tener el mayor flujo vehicular entre todas las zonas estudiadas, se esperó obtener el menor valor de IPA, por lo que prevalece que el IPA es mayor en áreas no contaminadas y responde a factores, tales como el tráfico vehicular.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Huaraz tomar esta investigación como una herramienta para el monitoreo de la calidad del aire, al ser el IPA un método práctico y económico. A su vez, monitorear anualmente la calidad del aire a través de esta metodología, para tener datos históricos de la variación de ésta.
- Promover la importancia del cuidado de los forófitos (árboles) para evitar que estos sean maltratados ya que son de suma importancia para la aplicación de esta metodología.
- Realizar mediciones de la calidad del aire con equipos de monitoreo y compararlos con los resultados de la presente investigación.
- Identificar los contaminantes atmosféricos en cada zona de estudio en la ciudad de Huaraz.
- Realizar análisis físico químicos de los líquenes para la identificación y cuantificación de sustancias que se van acumulando en ellas.
- La metodología empleada en la presente investigación resulta no ser tan costosa frente a otros instrumentos de análisis, por lo que puede ser aplicada en diversos lugares para conocer el estado de la calidad del aire.
- Promover la investigación de los líquenes a nivel nacional.

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. Cajamarca: Universidad privada Antonio Guillermo Urrelo.

Aránguez, E., Ordóñez, M., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández, R., Gandarillas, A., & Galán, I. (1999). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista española Salud Pública*, 2-3.

Barreno, E., & Perez, S. (2003). *Los líquenes como bioindicadores*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Carollo, C., & Pateiro, B. (2012). *Extensiones del modelo de regresión*. Santiago de Compostela: Departamento de estadística e investigación operativa de la Universidad de Santiago de Compostela.

Chávez, Á., & Seijas. (2018). Flujo de gases de combustión, en el dimensionamiento de ciclones a adaptarse en tubos de escape, para el control de partículas. *Ciencia y tecnología*, 1-2.

Cohn, G. (2014). *Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano Hipódromo del Norte - Hipódromo del Sur, en la ciudad de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Conde, A. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 228.

Fernández, A., & Terrón, A. (2003). Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de La Robla (León). *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 1.

Fernández, A., Terrón, A., Fos, S., & Barreno, E. (2002). *Síntomas de daños por contaminantes atmosféricos en Parmelia sulcata Tayl. en la zona de La Robla (León, España)*. León: Universidad de León.

- Figuerola, E., & Méndez, A. (2015). *Evaluación de la calidad del aire en 8 zonas de la ciudad de Bogotá utilizando los líquenes como bioindicadores*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- Gonzales, N., Luján, M., Navarro, G., & Flores, R. (2016). *Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba*. Cochabamba: Universidad Católica Boliviana San Pablo.
- Granados, D., López, G., Hernández, M., & Sánchez, A. (2003). Ecología de las plantas epífitas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 101.
- Green, J., & Sánchez, S. (2013). *La Calidad del Aire en América Latina*. Washington D.C.: Clean Air Institute.
- Gretchen, C., & Quezada, M. (2016). *Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala*. Guatemala.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación sexta edición*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Huamán, M. (2016). *Diversidad de líquenes cortícolas y calidad de aire en el distrito de Huancayo*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Huamán, S. (2018). *Determinación de la calidad del aire empleando líquenes en la ciudad de Bagua Grande, provincia de Utcubamba, región Amazonas, 2017*. Bagua Grande: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- INDECI. (2003). *PLAN DE PREVENCIÓN ANTE DESASTRES: USOS DEL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN CIUDAD DE HUARAZ*. Huaraz: Proyecto INDECI ciudades sostenibles.
- Jaramillo, M., & Botero, L. (2010). Comunidades liquénicas como bioindicadores de calidad de aire. *Revista Gestión y Ambiente*.
- La República. (2003). *Ecología*. Lima: Quebecor.

- Le Blanc, F., & De Sloover, J. (1970). *Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity*. Canadá: International Society for Tropical Ecology.
- Lijteroff, R., Lima, L., & Prieri, B. (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 111-120.
- Livia, H., & Rojas, R. (2019). *Determinación de la calidad del aire en las principales vías de tránsito vehicular en la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores, Cajamarca, 2019*. Jaén: Universidad Nacional de Jaén.
- Llanque, J. (2003). *Efectos de la contaminación atmosférica en el clima urbano y calidad ambiental en Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín.
- Llatance, W. (2017). *Determinación de la calidad del aire mediante el uso de líquenes en la microcuenca del Lago Pomacochas, distrito Florida, provincia Bongará, departamento Amazonas, 2016-2017*. Florida: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Maldonado, J. (2009). Ciudades y contaminación ambiental. *Revista de ingeniería*, 66-71.
- Mejía, M., & Mendoza, G. (2014). *Comunidades de líquenes como bioindicadores de la contaminación atmosférica por metales pesados en las partes alta, media y baja de la cuenca del Santa - Ancash, 2012 - 2014*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- Mendoza, J. (2018). *Evaluación de la calidad del aire empleando líquenes como indicadores en la ciudad de Chachapoyas, Amazonas, 2017*. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- MINAM. (2009). *Aire limpio para todos*. Lima: Dirección general de educación, cultura y ciudadanía ambiental.
- MINAM. (2014). *Informe nacional de la calidad del aire*. Lima: Ministerio del ambiente.
- MINAM. (2016). *Salud y ambiente*. Lima: Servicios Generales Q&F Hermanos S.A.C.

- OMS. (27 de Setiembre de 2016). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/detail/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de muestreo sobre una población a estudio*. Temuco: Universidad de la Frontera.
- Pardo, A. (2017). *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire*. Madrid: Universidad de Complutense.
- Pioli, R., Feldman, S., Sender, M., & Peruzzo, A. (2015). *Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en ambientes urbanos y rurales: Experiencias de transferencia*. Rosario: Universidad Nacional del Rosario.
- Prando, R. (1996). *Manual de Gestión de la Calidad Ambiental*. Montevideo: Piedra Santa S.A.
- Quispe, K., Ñique, M., & Chuquilín, E. (2015). *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María, Perú*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Ramírez, Á., & Cano, A. (2005). *Líquenes de Pueblo Libre, una localidad andina en la cordillera Negra (Huaylas, Ancash; Perú)*. Huaylas: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Restrepo, L., & Gonzáles, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 183-192.
- Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 1.
- Rubiano, L. (1983). *Líquenes como indicadores de contaminación en el complejo industrial de Betania y la termoeléctrica de Zipaquirá, Cundinamarca*. Bogotá: Universidad nacional de Colombia.
- Santoni, C., & Lijteroff, R. (2006). Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la provincia de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 50.

Sotacuro, C. (2018). *Influencia del flujo vehicular en la contaminación sonora de la avenida San Carlos en el año 2017*. Huancayo: Universidad Continental.

Tomassetti, Z. (2003). *Impacto ambiental del transporte urbano en el Gran Mendoza*. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo.

Tovar, D., & Aguinaga, R. (1994). Los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica, en Lima Metropolitana. *Revista de química*, 136.

Vargas, A. (2012). *Calidad atmosférica del Parque Nacional Cerros de Amotape (Zona sur) mediante el uso de líquenes epífitos*. Piura: Universidad Nacional de Piura.

Villamar, O. (2018). *Evaluación de la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental y el análisis de metales pesados en el líquen Xanthoparmelia sp. (Vain) Hale en la ciudad de Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

ANEXOS

ANEXO 1

ÁREA DE ESTUDIO, BARRIOS DE LA CIUDAD DE HUARAZ SEGÚN EL “PLAN DE DESARROLLO URBANO HUARAZ 2012 – 2022”

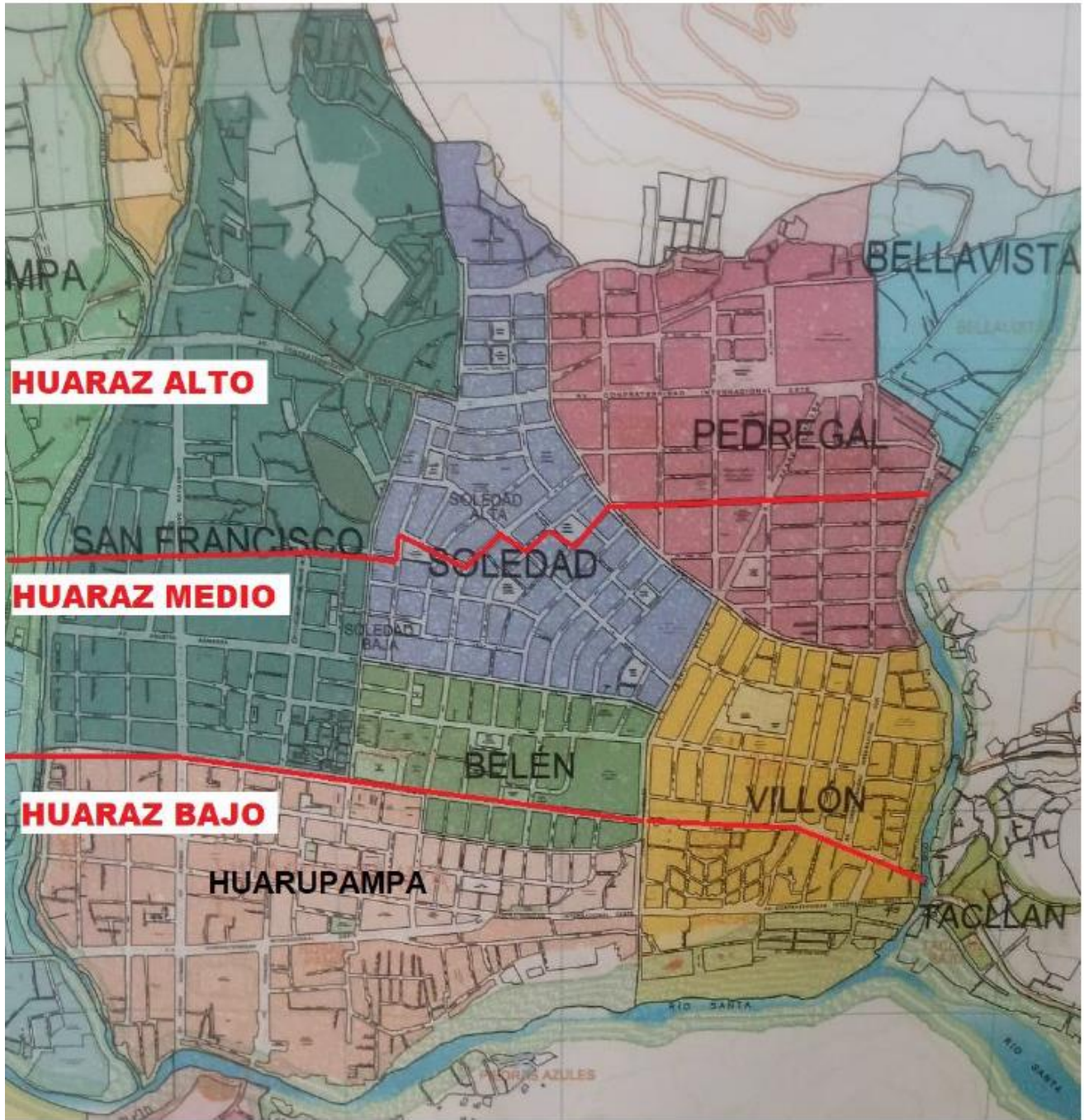


Figura 26: Área de estudio de la investigación

ANEXO 2

**DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA LONGITUD
DE PIXEL PROMEDIO PARA HALLAR LA
COBERTURA LIQUÉNICA EN ADOBE
PHOTOSHOP CS6**

Tabla 18: Datos de la longitud de pixel por forófito

LONGITUD DE PIXEL											
ZONA 1											
FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical
1	466	1	463	1	475	1	461	1	498	1	486
2	479	2	467	2	455	2	455	2	457	2	498
3	439	3	462	3	463	3	408	3	493	3	434
4	482	4	479	4	446	4	498	4	522	4	516
5	464	5	412	5	497	5	422	5	427	5	465
6	425	6	475	6	543	6	412	6	490	6	433
7	469	7	462	7	408	7	434	7	414	7	433
8	463	8	513	8	582	8	486	8	495	8	467
9	444	9	495	9	450	9	477	9	472	9	438
10	453	10	420	10	471	10	474	10	462	10	561
11	480	11	474	11	458	11	442	11	497	11	401
12	458	12	447	12	464	12	445	12	432	12	470
		13	466			13	495		486	13	479
		14	485			14	461			14	495
		15	482			15	479			15	476
SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO			
464				465				471			
ZONA 2											
FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical
1	401	1	491	1	418	1	424	1	449	1	456
2	512	2	479	2	455	2	414	2	456	2	416
3	456	3	474	3	469	3	410	3	441	3	412
4	510	4	432	4	462	4	439	4	478	4	472
5	424	5	470	5	480	5	459	5	456	5	433
6	479	6	412	6	465	6	464	6	442	6	500
7	489	7	430	7	427	7	478	7	415	7	461
8	428	8	471	8	424	8	481	8	462	8	492
9	455	9	422	9	427	9	422	9	456	9	449
10	418	10	457	10	437	10	438	10	448	10	452
11	457	11	421	11	423	11	428	11	488	11	440
12	488	12	416	12	424	12	481	12	442	12	483
		13	471			13	496			13	461
		14	437			14	415			14	420
		15	436			15	412			15	494
SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO			
453				443				455			
ZONA 3											
FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical
1	554	1	601	1	428	1	446	1	526	1	547
2	585	2	616	2	571	2	465	2	533	2	551

3	552	3	596	3	502	3	431	3	557	3	551
4	520	4	584	4	514	4	504	4	495	4	564
5	532	5	602	5	545	5	539	5	564	5	604
6	545	6	631	6	535	6	530	6	532	6	593
7	479	7	467	7	492	7	553	7	502	7	570
8	516	8	485	8	554	8	591	8	569	8	614
9	515	9	516	9	498	9	582	9	543	9	581
10	488	10	505	10	501	10	532	10	527	10	578
11	482	11	546	11	482	11	566	11	558	11	565
12	546	12	555	12	494	12	629	12	569	12	603
		13	544			13	486			13	519
		14	593			14	548			14	545
		15	567			15	561			15	510

SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO			
545				521				554			

ZONA 4

FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
Nº	Horizontal	Nº	Vertical	Nº	Horizontal	Nº	Vertical	Nº	Horizontal	Nº	Vertical
1	644	1	530	1	479	1	486	1	547	1	562
2	515	2	525	2	504	2	519	2	639	2	522
3	644	3	557	3	507	3	523	3	567	3	509
4	480	4	577	4	464	4	516	4	561	4	571
5	635	5	632	5	489	5	503	5	563	5	581
6	521	6	614	6	462	6	501	6	573	6	554
7	571	7	626	7	497	7	510	7	531	7	590
8	575	8	651	8	461	8	521	8	569	8	619
9	560	9	605	9	449	9	485	9	526	9	590
10	563	10	677	10	512	10	504	10	558	10	608
11	572	11	640	11	516	11	518	11	530	11	635
12	570	12	623	12	520	12	485	12	584	12	690
		13	628			13	413			13	632
		14	609			14	461			14	669
		15	552			15	449			15	691

SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO			
589				491				584			

ZONA 5

FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
Nº	Horizontal	Nº	Vertical	Nº	Horizontal	Nº	Vertical	Nº	Horizontal	Nº	Vertical
1	394	1	332	1	442	1	424	1	465	1	498
2	393	2	369	2	445	2	437	2	422	2	438
3	369	3	360	3	434	3	489	3	484	3	431
4	387	4	377	4	483	4	429	4	445	4	496
5	375	5	355	5	435	5	487	5	452	5	447
6	381	6	355	6	460	6	439	6	477	6	444
7	351	7	375	7	454	7	466	7	467	7	446
8	339	8	413	8	461	8	488	8	504	8	452
9	311	9	368	9	451	9	436	9	490	9	455
10	347	10	419	10	489	10	439	10	453	10	464

11	337	11	444	11	460	11	447	11	493	11	412
12	349	12	407	12	416	12	482	12	479	12	472
		13	438			13	482			13	454
		14	433			14	445			14	489
		15	400			15	465			15	443
SUB PROMEDIO			SUB PROMEDIO			SUB PROMEDIO					
377			455			462					
PROMEDIO											
489											

ANEXO 3

**FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DE LA
LONGITUD DE PIXEL PROMEDIO**

Tabla 19: Formato para el registro de la longitud de pixel

LONGITUD DE PIXEL											
ZONA 1											
FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical
1		1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9		9	
10		10		10		10		10		10	
11		11		11		11		11		11	
12		12		12		12		12		12	
		13				13				13	
		14				14				14	
		15				15				15	
SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO			
ZONA 2											
FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical
1		1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9		9	
10		10		10		10		10		10	
11		11		11		11		11		11	
12		12		12		12		12		12	
		13				13				13	
		14				14				14	
		15				15				15	
SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO			
ZONA 3											
FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical
1		1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3	

4		4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9		9	
10		10		10		10		10		10	
11		11		11		11		11		11	
12		12		12		12		12		12	
		13				13				13	
		14				14				14	
		15				15				15	
SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO			
ZONA 4											
FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical
1		1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9		9	
10		10		10		10		10		10	
11		11		11		11		11		11	
12		12		12		12		12		12	
		13				13				13	
		14				14				14	
		15				15				15	
SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO			
ZONA 5											
FORÓFITO 1				FORÓFITO 2				FORÓFITO 3			
N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical	N°	Horizontal	N°	Vertical
1		1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9		9	
10		10		10		10		10		10	
11		11		11		11		11		11	

12		12		12		12		12		12	
		13				13				13	
		14				14				14	
		15				15				15	
SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO				SUB PROMEDIO			
PROMEDIO											

ANEXO 4
COBERTURA POR ESPECIE OBTENIDA EN
ADOBE PHOTOSHOP CS6

Tabla 20: Datos de la cobertura por especie en cada forófito

ZONA 1																	
Cuadrícula	Forófito 1					Cuadrícula	Forófito 2					Cuadrícula	Forófito 3				
	Área (cm2)						Área (cm2)						Área (cm2)				
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>
1	0.00	0.10	5.98	0.00	0.00	1	0.00	2.48	11.14	0.00	0.00	1	0.00	0.40	12.54	0.00	0.00
2	0.00	0.00	3.52	0.00	0.00	2	0.00	0.47	6.88	0.00	0.00	2	0.00	0.00	5.23	0.00	0.00
3	0.00	0.10	9.86	0.00	0.00	3	0.00	4.02	2.23	0.00	0.00	3	0.00	0.13	6.50	0.00	0.00
4	0.00	0.00	6.24	0.00	0.00	4	2.92	0.48	9.65	0.00	0.00	4	0.00	0.00	5.95	0.00	0.00
5	0.00	0.00	3.12	0.00	0.00	5	0.00	0.63	7.60	0.00	0.00	5	0.00	0.00	9.20	0.00	0.00
6	0.00	0.00	5.88	0.00	0.00	6	0.00	0.48	13.46	0.00	0.00	6	0.00	0.00	16.12	0.00	0.00
7	0.00	0.00	1.63	0.00	0.00	7	0.00	1.91	3.06	0.00	0.00	7	0.00	0.00	4.07	0.00	0.00
8	0.00	0.00	2.14	0.00	0.00	8	0.00	2.74	8.21	0.00	0.00	8	0.00	0.11	8.58	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	9	0.00	0.64	1.05	0.00	0.00	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	2.13	0.00	0.00	10	0.00	1.65	1.44	0.00	0.00	10	0.00	0.00	5.89	0.00	0.00
Total	0.00	0.20	41.45	0.00	0.00	Total	2.92	15.51	64.71	0.00	0.00	Total	0.00	0.64	74.08	0.00	0.00

ZONA 2																	
Cuadrícula	Forófito 1					Cuadrícula	Forófito 2					Cuadrícula	Forófito 3				
	Área (cm2)						Área (cm2)						Área (cm2)				
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	2.62	0.00	0.00
3	0.00	0.31	5.77	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
4	0.00	0.00	1.63	0.00	0.00	4	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	4	0.00	0.00	2.41	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5	0.00	0.37	0.84	0.00	0.00	5	0.00	0.21	3.53	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.46	3.82	0.00	0.00	6	0.00	0.00	2.53	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	7	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	1.98	3.31	0.00	0.00	8	0.00	0.00	3.19	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9	0.00	0.79	4.03	0.00	0.00	9	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	10	0.00	0.32	0.34	0.00	0.00
Total	0.00	0.31	7.76	0.00	0.00	Total	0.00	3.59	14.55	0.00	0.00	Total	0.00	0.53	16.27	0.00	0.00

ZONA 3																	
Cuadrícula	Forófito 1					Cuadrícula	Forófito 2					Cuadrícula	Forófito 3				
	Área (cm2)						Área (cm2)						Área (cm2)				
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>
1	0.00	0.00	12.08	0.00	0.00	1	0.00	4.19	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	6.37	0.00	3.72
2	0.00	0.00	6.05	0.00	0.00	2	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	2.86	0.00	7.68
3	0.00	0.00	4.16	0.00	0.00	3	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	3	0.00	0.00	3.84	0.00	5.82
4	3.26	0.63	4.03	0.00	0.00	4	0.00	0.00	0.00	1.19	0.00	4	0.00	0.00	3.30	0.00	12.60
5	0.00	0.00	7.47	0.00	0.00	5	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	5	0.00	0.00	2.66	0.00	8.29
6	4.72	0.00	2.11	0.00	0.00	6	2.08	3.22	2.54	0.00	0.00	6	0.00	0.00	3.12	0.00	14.30
7	0.00	0.00	4.81	0.00	0.00	7	1.67	2.49	7.21	0.00	0.00	7	0.00	0.00	2.77	0.00	7.55
8	0.00	0.00	9.22	0.00	0.00	8	0.00	0.00	3.16	0.00	0.00	8	0.00	0.00	2.15	0.00	6.20
9	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	9	0.00	0.41	1.98	0.00	0.00	9	0.00	0.00	0.23	0.00	2.86
10	4.37	0.00	2.82	0.00	0.00	10	0.00	2.27	0.54	0.00	0.00	10	0.00	0.00	2.72	0.00	3.67
Total	12.35	0.63	54.30	0.00	0.00	Total	3.75	14.94	15.43	1.19	0.00	Total	0.00	0.00	30.02	0.00	72.69

ZONA 4																	
Cuadrícula	Forófito 1					Cuadrícula	Forófito 2					Cuadrícula	Forófito 3				
	Área (cm2)						Área (cm2)						Área (cm2)				
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>
1	0.00	0.00	0.00	0.00	2.23	1	0.00	0.00	4.96	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.12	0.00	0.34
2	14.11	0.00	0.00	0.00	1.38	2	0.00	0.00	2.60	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	1.51	3	0.00	0.00	5.27	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.37	0.00	1.10
4	4.23	0.00	0.40	0.00	0.00	4	0.00	0.00	5.89	0.00	0.00	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	5	0.00	0.00	2.34	0.00	0.00	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	7.49	0.00	1.00	6	0.00	0.00	1.39	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.94	0.00	1.10	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76
8	0.00	0.00	1.84	0.00	0.60	8	0.00	0.00	1.92	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.41	0.00	0.31	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Total	18.34	0.00	11.83	0.00	9.32	Total	0.00	0.00	24.37	0.00	0.00	Total	0.00	0.00	0.68	0.00	2.20

ZONA 5

Cuadrícula	Forófito 1					Cuadrícula	Forófito 2					Cuadrícula	Forófito 3				
	Área (cm2)						Área (cm2)						Área (cm2)				
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>
1	0.00	0.00	4.10	0.00	3.13	1	0.00	0.00	6.44	0.00	0.00	1	0.00	0.00	17.77	0.00	0.17
2	0.00	0.00	2.87	0.00	0.28	2	0.00	0.00	5.53	0.00	0.00	2	0.00	0.00	17.14	0.00	0.15
3	0.00	0.00	3.76	0.00	1.17	3	0.00	0.00	2.09	0.00	0.00	3	0.00	0.00	14.81	0.00	0.80
4	0.00	0.00	2.88	0.00	0.19	4	0.00	0.00	1.36	0.00	0.00	4	0.00	0.00	16.23	0.00	0.30
5	0.00	0.00	2.31	0.00	0.65	5	0.00	0.00	1.87	0.00	0.00	5	0.00	0.00	10.85	0.00	1.44
6	0.00	0.00	2.17	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	6	0.00	0.00	11.65	0.00	0.91
7	0.00	0.00	7.94	0.00	1.92	7	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	7	0.00	0.00	4.98	0.00	3.92
8	0.00	0.00	3.04	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	7.21	0.00	2.48
9	0.00	0.00	3.51	0.00	1.84	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9	0.00	0.00	4.28	0.00	2.97
10	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	4.27	0.00	0.61
Total	0.00	0.00	33.28	0.00	9.18	Total	0.00	0.00	17.58	0.00	0.00	Total	0.00	0.00	109.19	0.00	13.76

ANEXO 5
FORMATO PARA REGISTRAR LA COBERTURA
POR ESPECIE

Tabla 21: Formato para el registro de la cobertura por especie

Cuadrícula	Forófito 1					Cuadrícula	Forófito 2					Cuadrícula	Forófito 3				
	Área (cm2)						Área (cm2)						Área (cm2)				
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>		<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Candelaria concolor</i>
1						1						1					
2						2						2					
3						3						3					
4						4						4					
5						5						5					
6						6						6					
7						7						7					
8						8						8					
9						9						9					
10						10						10					
Total						Total						Total					

ANEXO 6
MONITOREO DE LÍQUENES – ZONA 1 (Hz-AI)



Figura 27: Cartografía de líquenes en la zona 1- forófito 1

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Confraternidad internacional este con Jr. Italia. Referencia: UGEL Huaraz.



Figura 28: Cartografía de líquenes en la zona 1 - forófito 2

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Confraternidad internacional este con Jr. Italia. Referencia: UGEL Huaraz.



Figura 29: Cartografía de líquenes en la zona 1 - forófito 3

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Confraternidad internacional este con Jr. Italia. Referencia: UGEL Huaraz.

ANEXO 7
MONITOREO DE LÍQUENES – ZONA 2 (Hz-AII)



Figura 30: Cartografía de líquenes en la zona 2 - forófito 1

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Confraternidad internacional este con Jr. Pedro Cochachin. Referencia: Colegio FE Y ALEGRIA.



Figura 31: Cartografía de líquenes en la zona 2 - forófito 2

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Confraternidad internacional este con Jr. Pedro Cochachin. Referencia: Colegio FE Y ALEGRIA.



Figura 32: Cartografía de líquenes en la zona 2 - forófito 3

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Confraternidad internacional este con Jr. Pedro Cochachin. Referencia: Colegio FE Y ALEGRIA.

ANEXO 8
MONITOREO DE LÍQUENES – ZONA 3 (Hz-MI)



Figura 33: Cartografía de líquenes en la zona 3 - forófito 1

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Agustín Gamarra con Jr. Jacinto Palacios.



Figura 34: Cartografía de líquenes en la zona 3 - forófito 2

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Agustín Gamarra con Jr. Jacinto Palacios.



Figura 35: Cartografía de líquenes en la zona 3 - forófito 3

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Agustín Gamarra con Jr. Jacinto Palacios.

ANEXO 9
MONITOREO DE LÍQUENES – ZONA 4 (Hz-MII)



Figura 36: Cartografía de líquenes en la zona 4 - forófito 1

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Antonio Raymondi con Av. Agustín Gamarra.



Figura 37: Cartografía de líquenes en la zona 4 - forófito 2

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Antonio Raymondi con Av. Agustín Gamarra.



Figura 38: Cartografía de líquenes en la zona 4 - forófito 3

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Antonio Raymondi con Av. Agustín Gamarra.

ANEXO 10
MONITOREO DE LÍQUENES – ZONA 5 (Hz-BI)



Figura 39: Cartografía de líquenes en la zona 5 - forófito 1

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Confraternidad internacional oeste con Jr. Huáscar. Referencia: a espaldas de la Parroquia San Antonio de Padua.



Figura 40: Cartografía de líquenes en la zona 5 - forófito 2

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Confraternidad internacional oeste con Jr. Huáscar. Referencia: a espaldas de la Parroquia San Antonio de Padua.



Figura 41: Cartografía de líquenes en la zona 5 - forófito 3

Nota: Haciendo uso de la rejilla de muestreo en la Av. Confraternidad internacional oeste con Jr. Huáscar. Referencia: a espaldas de la Parroquia San Antonio de Padua.

ANEXO 11
MEDICIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DE
PECHO



Figura 42: Medición del diámetro a la altura del pecho.

Nota: El diámetro a la altura del pecho no debe ser menor a los 30 cm de diámetro.



Figura 43: Medición del diámetro a la altura del pecho.

Nota: El diámetro a la altura del pecho no debe ser menor a los 30 cm de diámetro.



Figura 44: Medición del diámetro a la altura del pecho.

Nota: El diámetro a la altura del pecho no debe ser menor a los 30 cm de diámetro.

ANEXO 12
MEDICIÓN DE LA ALTURA DE MUESTREO



Figura 45: Medición de la altura de muestreo.

Nota: La altura de muestreo se ubicó entre 1.20 m hasta 1.70 m.



Figura 46: Medición de la altura de muestreo.

Nota: La altura de muestreo se ubicó entre 1.20 m hasta 1.70 m.



Figura 47: Medición de la altura de muestreo.

Nota: La altura de muestreo se ubicó entre 1.20 m hasta 1.70 m.



Figura 48: Medición de la altura de muestreo.

Nota: La altura de muestreo se ubicó entre 1.20 m hasta 1.70 m.

ANEXO 13
COLECTA DE MUESTRA DE LÍQUENES



Figura 49: Colecta de las muestras de líquenes.

Nota: Las muestras se recolectaron con ayuda de una navaja y depositadas en un sobre con su respectivo rótulo.



Figura 50: Colecta de las muestras de líquenes.

Nota: Las muestras se recolectaron con ayuda de una navaja y depositadas en un sobre con su respectivo rótulo.



Figura 51: Colecta de las muestras de líquenes.

Nota: Las muestras se recolectaron con ayuda de una navaja y depositadas en un sobre con su respectivo rótulo.

ANEXO 14
REGISTRO DEL FLUJO VEHICULAR

Tabla 22: Registro del flujo vehicular en la zona 1 de estudio

REGISTRO DEL FLUJO VEHICULAR										
Zona	Hz Alto (X);			Hz Bajo ();			Hz Medio ()			
Barrio	San Francisco									
Lugar (Jr., Av., Psje., etc)	Av. Confraternidad internacional este con Jr. Italia. Referencia: UGEL Huaraz.									
Día del registro	24-28/02/2020									
Horario (Dia): 7:00 a.m. - 8:00 a.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	27	15	16	20	12	10	22	15	20	23
2	24	18	17	26	16	20	20	19	20	21
3	15	31	18	21	23	15	17	24	20	22
4	23	18	15	24	22	20	24	28	33	28
5	30	26	27	25	27	25	15	19	31	29
SUB PROMEDIO	22									
Horario (Tarde): 12:30 p.m. - 1:30 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	21	16	15	16	21	13	17	23	18	23
2	20	16	28	18	18	22	15	20	15	18
3	12	23	23	17	23	19	28	24	26	21
4	24	33	25	26	23	25	17	20	23	23
5	26	24	26	18	16	15	22	17	15	21
SUB PROMEDIO	21									
Horario (Noche): 6:00 p.m. - 7:00 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	10	14	18	18	22	16	18	15	10	9
2	11	23	13	17	23	18	13	17	14	13
3	11	20	21	17	14	21	15	14	12	19
4	16	11	22	15	14	10	13	12	18	12
5	12	16	17	17	18	14	16	15	10	14
SUB PROMEDIO	15									
PROMEDIO	19									

Tabla 23: Registro del flujo vehicular en la zona 2 de estudio

REGISTRO DEL FLUJO VEHICULAR										
Zona	Hz Alto (X);			Hz Bajo ();			Hz Medio ()			
Barrio	Pedregal									
Lugar (Jr., Av., Psje., etc)	Av. Confraternidad internacional este con Jr. Pedro Cochachin. Referencia: Colegio FE Y ALEGRIA.									
Día del registro	24-28/02/2020									
Horario (Dia): 7:00 a.m. - 8:00 a.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	17	20	17	13	15	16	16	13	15	14
2	15	10	18	12	12	10	14	15	15	17
3	16	13	14	13	14	14	12	13	13	15
4	12	13	15	16	15	14	21	13	16	11
5	15	20	15	15	13	15	20	17	18	16
SUB PROMEDIO	15									
Horario (Tarde): 12:30 p.m. - 1:30 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	12	13	13	11	13	13	12	12	12	10
2	17	10	15	13	10	12	14	10	18	15
3	14	11	10	12	10	10	16	17	11	10
4	20	15	14	12	12	11	12	11	14	13
5	16	19	19	13	11	17	15	15	15	14
SUB PROMEDIO	13									
Horario (Noche): 6:00 p.m. - 7:00 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	12	17	10	11	13	12	13	12	13	11
2	10	14	10	13	12	13	10	14	18	14
3	12	17	10	15	13	16	17	16	15	16
4	19	17	16	17	17	16	16	19	12	17
5	17	19	17	14	12	14	16	17	17	14
SUB PROMEDIO	14									
PROMEDIO	14									

Tabla 24: Registro del flujo vehicular en la zona 3 de estudio

REGISTRO DEL FLUJO VEHICULAR										
Zona	Hz Alto ();				Hz Bajo ();			Hz Medio (X)		
Barrio	Belén									
Lugar (Jr., Av., Psje., etc)	Av. Agustín Gamarra con Jr. Jacinto Palacios.									
Día del registro	24-28/02/2020									
Horario (Dia): 7:00 a.m. - 8:00 a.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	17	14	16	18	15	25	15	18	22	20
2	11	13	9	10	13	11	14	13	12	10
3	19	16	12	14	13	9	13	18	11	10
4	13	17	12	16	15	15	17	18	13	22
5	12	13	11	14	13	9	13	9	18	10
SUB PROMEDIO	14									
Horario (Tarde): 12:30 p.m. - 1:30 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	20	15	19	10	16	8	23	18	10	20
2	15	6	15	14	8	16	12	21	21	15
3	12	14	7	11	15	8	15	9	16	14
4	12	15	15	17	19	17	20	13	14	16
5	16	10	15	9	14	15	19	12	21	16
SUB PROMEDIO	15									
Horario (Noche): 6:00 p.m. - 7:00 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	11	7	12	15	9	16	19	9	14	7
2	12	10	14	9	14	5	13	12	10	12
3	10	16	17	14	11	10	18	11	10	18
4	10	14	10	8	13	19	11	14	10	12
5	11	9	10	16	12	13	8	11	16	12
SUB PROMEDIO	12									
PROMEDIO	14									

Tabla 25: Registro del flujo vehicular en la zona 4 de estudio

REGISTRO DEL FLUJO VEHICULAR										
Zona	Hz Alto ();			Hz Bajo ();			Hz Medio (X)			
Barrio	San Francisco									
Lugar (Jr., Av., Psje., etc)	Av. Antonio Raymondi con Av. Agustín Gamarra.									
Día del registro	24-28/02/2020									
Horario (Dia): 7:00 a.m. - 8:00 a.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	35	32	33	32	35	30	38	36	32	24
2	23	31	24	27	25	23	27	20	28	18
3	17	14	19	18	22	19	18	16	11	22
4	23	28	31	27	31	19	21	14	15	34
5	34	22	31	34	25	22	14	20	24	16
SUB PROMEDIO	25									
Horario (Tarde): 12:30 p.m. - 1:30 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	28	32	29	19	28	30	32	33	22	21
2	19	21	18	14	20	18	22	17	20	22
3	31	24	26	28	33	26	24	23	26	29
4	22	15	25	26	25	26	21	24	28	14
5	31	19	24	30	26	18	23	21	26	20
SUB PROMEDIO	24									
Horario (Noche): 6:00 p.m. - 7:00 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	26	22	16	25	28	15	32	33	22	21
2	24	26	34	28	35	24	26	31	27	19
3	32	26	27	30	20	22	19	14	21	19
4	21	16	27	28	26	27	22	25	28	15
5	32	20	32	26	27	30	34	28	19	21
SUB PROMEDIO	25									
PROMEDIO	25									

Tabla 26: Registro del flujo vehicular en la zona 5 de estudio

REGISTRO DEL FLUJO VEHICULAR										
Zona	Hz Alto ();			Hz Bajo (X);			Hz Medio ()			
Barrio	Huarupampa									
Lugar (Jr., Av., Psje., etc)	I: Av. Confraternidad internacional oeste con Jr. Alberto Gridilla, a espaldas de la Parroquia San Antonio de Padua.									
Día del registro	24-28/02/2020									
Horario (Dia): 7:00 a.m. - 8:00 a.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	21	28	28	21	28	23	24	25	22	21
2	28	27	33	26	21	41	33	29	28	25
3	34	31	27	31	33	24	31	35	31	25
4	46	42	26	36	35	19	33	30	38	46
5	38	36	30	41	32	31	40	38	38	33
SUB PROMEDIO	31									
Horario (Tarde): 12:30 p.m. - 1:30 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	36	30	27	35	31	34	32	39	34	24
2	39	26	29	20	37	40	32	36	31	30
3	32	36	25	34	30	29	26	37	35	26
4	35	39	34	27	25	36	27	17	34	29
5	27	35	29	27	32	32	31	35	32	30
SUB PROMEDIO	31									
Horario (Noche): 6:00 p.m. - 7:00 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto	Número de vehículos por minuto
1	41	30	39	34	27	29	32	37	29	35
2	21	28	42	35	29	36	31	28	35	21
3	39	36	29	32	33	31	33	31	34	31
4	31	25	23	27	34	36	28	28	28	36
5	29	35	37	31	42	36	32	35	27	26
SUB PROMEDIO	32									
PROMEDIO	31									

ANEXO 15
FORMATO PARA EL REGISTRO DEL FLUJO
VEHICULAR

Tabla 27: Formato para el registro del flujo vehicular

ZONA 1										
REGISTRO DEL FLUJO VEHICULAR										
Zona		Hz Alto ();			Hz Bajo ();			Hz Medio ()		
Barrio										
Lugar (Jr., Av., Psje., etc)										
Día del registro										
Horario (Dia): 7:00 a.m. - 8:00 a.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto									
1										
2										
3										
4										
5										
SUB PROMEDIO										
Horario (Tarde): 12:30 p.m. - 1:30 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto									
1	23	18	17	18	23	15	19	25	20	25
2	22	18	30	20	20	24	17	22	17	20
3	14	25	25	19	25	21	30	26	28	23
4	26	35	27	28	25	27	19	22	25	25
5	28	26	28	20	18	17	24	19	17	23
SUB PROMEDIO										
Horario (Noche): 6:00 p.m. - 7:00 p.m.										
DIA	Número de vehículos por minuto									
1										
2										
3										
4										
5										
SUB PROMEDIO										
PROMEDIO										

ANEXO 16
DATOS PARA HALLAR EL IPA

Tabla 28: Registro de datos para hallar el IPA

Zonas de estudio	Forófito	Especies	Cobertura (cm2)	Cobertura relativa Ci	Factor de resistencia Qi	Frecuencia Fi	IPA
Zona 1	1	<i>Xanthoria parietina</i>	0.20	0.00	1.33	3	3.97
		<i>Phycia sp</i>	41.45	1.00	1.33	3	
	2	<i>Flavoparmelia caperata</i>	2.92	0.04	2.00	1	
		<i>Xanthoria parietina</i>	15.51	0.19	1.33	3	
	3	<i>Phycia sp</i>	64.71	0.78	1.33	3	
		<i>Xanthoria parietina</i>	0.64	0.01	1.33	3	
Zona 2	1	<i>Phycia sp</i>	74.08	0.99	1.33	3	3.00
		<i>Xanthoria parietina</i>	0.31	0.04	1.00	3	
	2	<i>Phycia sp</i>	7.76	0.96	1.00	3	
		<i>Xanthoria parietina</i>	3.59	0.20	1.00	3	
	3	<i>Phycia sp</i>	14.55	0.80	1.00	3	
		<i>Xanthoria parietina</i>	0.53	0.03	1.00	3	
Zona 3	1	<i>Phycia sp</i>	16.27	0.97	1.00	3	4.55
		<i>Xanthoria parietina</i>	0.53	0.03	1.00	3	
		<i>Phycia sp</i>	16.27	0.97	1.00	3	
	2	<i>Flavoparmelia caperata</i>	12.35	0.18	2.50	2	
		<i>Xanthoria parietina</i>	0.63	0.01	2.50	2	
		<i>Phycia sp</i>	54.30	0.81	2.00	3	
3	<i>Phycia sp</i>	3.75	0.11	2.50	2		
	<i>Xanthoria parietina</i>	14.94	0.42	2.50	2		
	<i>Phycia sp</i>	15.43	0.44	2.00	3		
Zona 4	1	<i>Punctelia subrudecta</i>	1.19	0.03	3.00	1	2.85
		<i>Phycia sp</i>	30.02	0.29	2.00	3	
		<i>Candelaria concolor</i>	72.69	0.71	1.00	1	
	2	<i>Flavoparmelia caperata</i>	18.34	0.46	2.00	1	
		<i>Phycia sp</i>	11.83	0.30	1.00	3	
		<i>Candelaria concolor</i>	9.32	0.24	1.50	2	
3	<i>Phycia sp</i>	24.37	1.00	1.00	3		
	<i>Phycia sp</i>	0.68	0.24	1.00	3		
	<i>Candelaria concolor</i>	2.20	0.76	1.50	2		
Zona 5	1	<i>Phycia sp</i>	33.28	0.78	0.67	3	2.01
		<i>Candelaria concolor</i>	9.18	0.22	1.00	2	
	2	<i>Phycia sp</i>	17.58	1.00	0.67	3	
		<i>Phycia sp</i>	109.19	0.89	0.67	3	
3	<i>Phycia sp</i>	13.76	0.11	1.00	2		
	<i>Candelaria concolor</i>	13.76	0.11	1.00	2		

ANEXO 17
REPORTE DE IDENTIFICACIÓN DE LÍQUENES



INFORME DE ENSAYO OT200025 - A

CLIENTE Razón Social : Reyes Salazar Sergio Fernando
 Dirección : Jr. Ramirez Luna N°618
 Atención : Reyes Salazar Sergio Fernando

MUESTRA Producto declarado : Muestra de Líquenes
 Matriz : Otros
 Procedencia : Huaraz - zona urbana
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC200008 - A

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Fecha de muestreo : 25/02/2020
 Hora de muestreo : 09:00
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 26/02/2020
 Fecha de análisis : 26/02/2020 - 05/03/2020
 Cotización N° : CO200107

CÓD.	MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	FORÓFITO	LÍQUENES	
HZ-AI-1	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	Casuarina equisetifolia	Xanthoria parietina	Physcia sp
HZ-AI-2	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	Casuarina equisetifolia	Flavoparmelia caperata	Xanthoria parietina Physcia sp
HZ-AI-3	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	Casuarina equisetifolia	Xanthoria parietina	Physcia sp
HZ-AII-1	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	Pinus radiata	Xanthoria parietina	Physcia sp
HZ-AII-2	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	Pinus radiata	Xanthoria parietina	Physcia sp
HZ-AII-3	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	Pinus radiata	Xanthoria parietina	Physcia sp
HZ-MI-1	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	Pinus radiata	Flavoparmelia caperata	Xanthoria parietina Physcia sp
HZ-MI-2	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	Pinus radiata	Flavoparmelia caperata	Xanthoria parietina Physcia sp Punctelia subrudecta
HZ-MI-3	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	Pinus radiata	Physcia sp	Candelaria concolor

* El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM
 * Barreno, Eva y Pérez, Sergio. 2003. Biología de los Líquenes. "Líquenes de la Reserva Natural Integral de Marielto". Coedición: Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias. Pgs: 26, 51, 65, 66, 71, 74 - 75, 83 - 87, 142, 441, 457, 468, 478, 480. Asturias-España: KRK ediciones.

Huaraz, 05 de Marzo de 2020



MSc. Q. Quím. Mario Leyva Collas
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash - Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labfcam@hotmail.com

Figura 52: Reporte de laboratorio de la identificación de líquenes y forófitos.



INFORME DE ENSAYO OT200026 - A

CLIENTE Razón Social : Reyes Salazar Sergio Fernando
 Dirección : Jr. Ramirez Luna N°618
 Atención : Reyes Salazar Sergio Fernando

MUESTRA Producto declarado : Muestra de Líquenes
 Matriz : Otros
 Procedencia : Huaraz - zona urbana
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC200009 - A

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Fecha de muestreo : 25/02/2020
 Hora de muestreo : 09:00
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 26/02/2020
 Fecha de análisis : 26/02/2020 - 05/03/2020
 Cotización N° : CO200107

CÓD.	MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	FORÓFITO	LIQUENES		
HZ-MII-1	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	<i>Pinus radiata</i>	<i>Flavoparmelia caperata</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Candelaria concolor</i>
HZ-MII-2	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	<i>Pinus radiata</i>	<i>Physcia sp</i>		
HZ-MII-3	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	<i>Pinus radiata</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Candelaria concolor</i>	
HZ-BI-1	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Candelaria concolor</i>	
HZ-BI-2	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Physcia sp</i>		
HZ-BI-3	Líquenes	Género/especie	Clave de identificación*	<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Physcia sp</i>	<i>Candelaria concolor</i>	

* El muestreo no se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

* Barneo, Eva y Pérez, Sergio. 2003. Biología de los Líquenes. "Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos". Coedición: Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias. Pgs: 26, 51, 65, 68 - 71, 74 - 75, 83 - 87, 142, 441, 457, 468, 478, 480. Asturias-España: KRK ediciones.

Huaraz, 05 de Marzo de 2020



Mario Leyva Colles
 MSc. Quím. Mario Leyva Colles
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 840020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labcam@hualmail.com

Figura 53: Reporte de laboratorio de la identificación de líquenes y forófitos.

ANEXO 18

Physcia sp

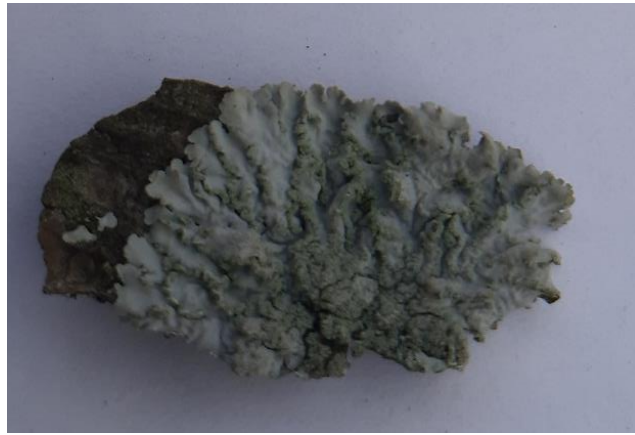


Figura 54: Muestra de la especie *Physcia sp* recolectada.

ANEXO 19
Candelaria concolor



Figura 55: Muestra de la especie *Candalaria concolor* recolectada.

ANEXO 20

Punctelia subrudecta

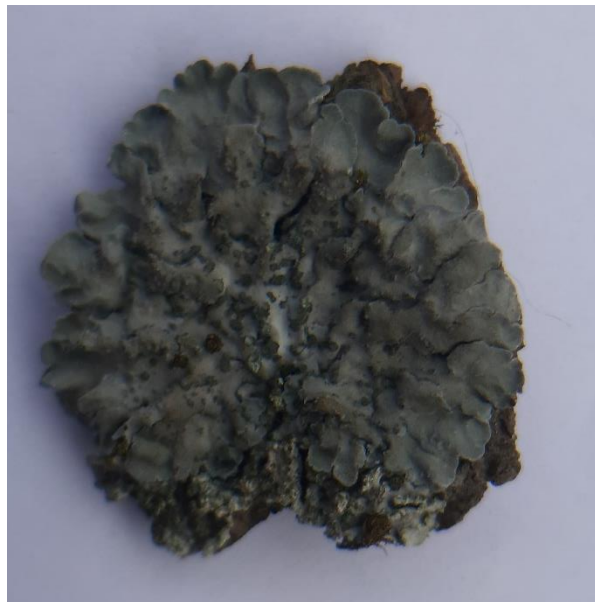


Figura 56: Muestra de la especie *Punctelia subrudecta* recolectada.

ANEXO 21

Flavoparmelia caperata



Figura 57: Muestra de la especie *Flavoparmelia caperata* recolectada.

ANEXO 22

Xanthoria parietina



Figura 58: Muestra de la especie *Xanthoria parietina* recolectada.