



## FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

**PROVEIDO 000840-2026-UNH/FCI**

EXPEDIENTE : **2026-0010501**

ASUNTO: SE REMITE LA DESIGNACIÓN DE JURADOS PARA INFORME FINAL DE TESIS,  
MEDIANTE ACTO RESOLUTIVO , DE LOS INTERESADOS JHON WILLERSOTACURO  
GUTIERREZ y ANGI NAYELI GOMEZ RAYMUNDO

REFERENCIA : OFICIO N° 000261-2026-EPIAS DESIGNACIÓN DE JURADOS PARA INFORME FINAL DE TESIS, MEDIANTE  
ACTO RESOLUTIVO

FECHA
<b>13/05/2026</b>

**Atender en 0 días**

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
UNIDAD FUNCIONAL DE SECRETARIA DOCENTE - FCI SÁEZ HUAMÁN WILFREDO	ATENDER	NORMAL	

**SANCHEZ ARAUJO VICTOR GUILLERMO**  
**DECANO(A)**



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCVELICAESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIAFirmado digitalmente por DUEÑAS  
JURADO Carlos FAU 20168014962  
soft  
Cargo: Director(A) De Escuela  
Profesional  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 13.05.2026 08:28:28 -05:00"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 13 de Mayo del 2026

OFICIO N° 000261-2026-UNH/EPIAS

Señor (a):

ALCIDADES MERINO CARHUAPOMA  
DECANO(A)Presente. -Asunto: DESIGNACIÓN DE JURADOS PARA INFORME FINAL DE TESIS, MEDIANTE  
ACTO RESOLUTIVO.

Referencia: INFORME 000018-2026-UNH/UFGGT-EPIAS (5MAY2026)

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para hacerle llegar el saludo cordial a nombre de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria y el mío propio, en atención al documento de la referencia, solicito la aprobación mediante acto resolutorio a jurados evaluadores del informe final de tesis, el cual adjunto al presente los documentos de la referencia:

ASESOR:

Dr. VICTOR GUILLERMO SANCHEZ ARAUJO

JURADOS:

Mg. EDWIN JAVIER CCENTE CHANCHA

Mg. FREDDY ALFREDO MATAMOROS HUAYLLANI

Mg. ALCIDADES MERINO CARHUAPOMA

M.Sc. MABEL YESICA ESCOBAR SOLDEVILLA

Mg. CARLOS DUEÑAS JURADO

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

ACCESITARIO 1

ACCESITARIO 2

INFORME FINAL DE TESIS:"ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS EN EL  
DISTRITO DE YAULI, HUANCVELICA"PRESENTADO POR:

JHON WILLER SOTACURO GUTIERREZ

ANGIE NAYELI GOMEZ RAYMUNDO

Hago propicia la oportunidad para expresarle el testimonio de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente***CARLOS DUEÑAS JURADO**DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIACDJ/hcq  
cc.:

N° Expediente: 2026-0010501



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.  
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>  
Código de Verificación: **WJFB6XC**

Página 1 de 1

[www.unh.edu.pe](http://www.unh.edu.pe)Jr. Victoria Garma N° 330 y  
Jr. Hipólito Unanue N° 209.  
Local Central - Huancavelica

	Reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica	Código:	RE-VRAC-PO01-1-1
		Versión:	1
		Página:	Página 66 de 95

### Anexo 03

#### Ficha de evaluación del informe final de tesis/trabajo de investigación/trabajo académico



#### UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

#### FICHA DE EVALUACIÓN DE INFORME DE TESIS/TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO ACADÉMICO

Título de la tesis	Análisis de la calidad del aire mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica		
Tesista(s)	Gómez Raymundo Angie Nayeli Sotacuro Gutierrez Jhon Willer		
Asesor(a)	Dr. Víctor Guillermo Sánchez Araujo		
Jurado Evaluador	Presidente:		
	Secretario:		
	Vocal:		
INCOMPLETO (1)		BUENO (2)	MUY BUENO (3)
<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>			<b>ESCALA</b>
<b>TÍTULO</b>			<b>1 2 3</b>
1	El título presenta claridad, precisión y coherencia (mínimo 15 y máximo 20 palabras)		X
2	Delimitación adecuada		X
<b>RESUMEN</b>			<b>1 2 3</b>
3	Contiene el problema y objetivo de investigación o población y/o muestra.		X
4	Precisa el método, técnica e instrumentos de estudio.		X
5	Precisa los resultados, conclusiones y palabras clave.		X
6	Tiene un máximo de 250 palabras y están redactadas en un solo párrafo.		X
<b>INTRODUCCIÓN</b>			<b>1 2 3</b>
7	Contiene el problema de investigación y los antecedentes de estudio.		X
8	Se señala los objetivos de investigación y la hipótesis.		X
9	Describe brevemente el estudio y presenta la estructura del informe de investigación.		X
<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA</b>			
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>			<b>1 2 3</b>
10	Delimita y contextualiza el problema.		X
11	La redacción del planteamiento del problema es coherente.		X
12	Argumentación con referencias bibliográficas.		X
<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>			<b>1 2 3</b>
13	La formulación del problema está redactada con claridad y precisión.		X
14	El problema presenta variable(s) y tiene relación con el título.		X
15	Los problemas específicos se relacionan con el problema general.		X
<b>OBJETIVOS</b>			<b>1 2 3</b>
16	El objetivo general evidencia el propósito del estudio		X
17	Los objetivos específicos se derivan del objetivo general y son factibles de alcanzar.		X
18	Los objetivos responden al problema de investigación.		X



<b>JUSTIFICACIÓN</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
19	Se exponen las razones ¿por qué?, ¿para qué? y la viabilidad del estudio.				X	
<b>LIMITACIONES</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
20	Explica las limitaciones en el control de la(s) variable(s), selección de la muestra, instrumentos de medición y la generalización de los resultados.					X
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>						
<b>ANTECEDENTES</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
21	Presenta los antecedentes y los integra en relación con el problema de investigación.					X
22	En los antecedentes se mencionan el problema, objetivo(s), metodología, población, resultados y conclusiones.					X
<b>BASES TEÓRICAS</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
23	La organización de las bases teóricas es coherente y corresponde a las variables de estudio.					X
24	Las bases teóricas fundamentan las variables de estudio.					X
<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
25	Define los conceptos más relevantes del estudio.				X	
26	Utiliza 10 conceptos como mínimo con fuentes en orden alfabético.				X	
<b>HIPÓTESIS</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
27	La hipótesis se enuncia de manera clara y precisa.				X	
28	La hipótesis responde al problema de investigación.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente	Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación		X	
<b>VARIABLES</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
29	Identifica(n) con precisión la(s) variable(s) de estudio					X
<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
30	La operacionalización presenta definición conceptual y operacional de la(s) variable(s) o también presenta dimensiones (si es pertinente), indicadores, ítems o instrumentos					X
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA</b>						
31	Identifica el ámbito de estudio.					X
32	Selecciona y fundamenta el tipo y nivel de investigación.					X
33	Existe correspondencia entre nivel y diseño de investigación.					X
34	Señala la población y muestra de estudio.					X
35	Selecciona y fundamenta el tipo de muestreo a utilizar.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente	Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación			X
36	Selecciona y fundamenta las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio.					X
37	Precisa los procedimientos para la recolección de datos.					X
38	Especifica y fundamenta la(s) técnica(s) y procedimientos estadísticos(s) para el análisis de datos.					X
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>						
<b>RESULTADOS</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
39	Describe en forma detallada y secuencial los resultados y se corresponden con los objetivos.					X
40	Las tablas y las figuras sirven de complemento para la descripción de los resultados.					X
<b>DISCUSIÓN</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
41	Interpreta y justifica los resultados.					X
42	Explica la relación de los resultados con los antecedentes, bases teóricas y la hipótesis.					X




CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		1	2	3
43	Las conclusiones se sustentan en los resultados y responden a los objetivos.			X
44	Las recomendaciones se corresponden con las conclusiones, se dirige a instituciones, autoridades o personas para implementar los hallazgos del estudio y sugiere nuevas investigaciones.			X
REFERENCIAS		1	2	3
45	Las citas y referencias se corresponden con el estilo de redacción.			X
46	Todas las citas están referenciadas y validadas.			X
ANEXOS		1	2	3
47	Incluye la matriz de consistencia, validación del instrumento, instrumentos utilizados, consentimiento informado, base de datos, evidencia de aplicación de instrumento y otros de acuerdo a la naturaleza del estudio.			X



CONTEO TOTAL DE MARCAS		0	17	30
		A	B	C
(realice el conteo de marcas en cada una de las tres categorías de la escala y anote)				

$$Puntaje Total = 1(A) + 2(B) + 3(C) = 2(17) + 3(30) = 124$$

Para el resultado final, ubicar el puntaje obtenido en la siguiente tabla:

RESULTADO	INTERVALO
Desaprobado 	[1 – 47]
Replantear 	(47 – 94]
Aprobado 	(94 – 141]

Huancavelica, 29 de Abril de 2026

\_\_\_\_\_  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Secretario

\_\_\_\_\_  
Vocal



Firmado digitalmente por SANCHEZ  
ARAUJO Victor Guillermo FAU  
20168014962 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 29.04.2026 12:04:23 -05:00

\_\_\_\_\_  
Asesor

Nota:

\* El presente formato de acta es flexible, debiendo contener mínimamente la información descrita.

\*\* El presente formulario se emplea en dos etapas: I. Verificación previa del asesor y II. Evaluación por los jurados. El asesor completa únicamente los campos relativos a su revisión y firma exclusivamente en su sección. Los jurados completan y firman únicamente en el espacio destinado a sus cargos.

\*\*\*El jurado reunido, culminada la evaluación de la tesis, el jurado (presidente) debe informar el resultado del presente anexo a la Escuela Profesional.



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICA

UNIDAD FUNCIONAL DE GESTION DE  
GRADOS Y TITULOS - EPIAS



Firmado digitalmente por ENRIQUEZ  
NATEROS Nilo Abelardo FAU  
20168014962 soft  
Cargo: Coordinador De Gestion De  
Grados Y Titulos  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 05.05.2026 11:14:19 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 05 de Mayo del 2026

## INFORME N° 000018-2026-UNH/UFGGT-EPIAS

**A:** **CARLOS DUEÑAS JURADO**  
*DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL*  
*ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA*

**ASUNTO:** **PROPUESTA DE DESIGNACIÓN DE JURADOS PARA INFORME FINAL DE TESIS.**

Referencia: PROVEIDO 000311-2026-UNH/EPIAS (29ABR2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 05 de Mayo de 2026

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarle cordialmente y a la vez remitir la propuesta de designación de jurados evaluadores de la tesis titulada: "**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE YAULI, HUANCAVELICA**", de los bachilleres: **SOTACURO GUTIERREZ, Jhon Willer y GOMEZ RAYMUNDO, Angie Nayeli**; egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, a fin de que su despacho remita a quien corresponda para su aprobación mediante acto resolutivo, para tal efecto se propone a los siguientes docentes:

Mg. Edwin Javier, CCENTE CHANCHA

Mg. Freddy Alfredo, MATAMOROS HUAYLLANY

Mg. Alcidiades, MERINO CARHUAPOMA

Mg. Mabel Yesica, ESCOBAR SOLDEVILLA

Mg. Carlos, DUEÑAS JURADO

Sin otro particular es propicia la ocasión para hacerle llegar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente*

**NILO ABELARDO ENRIQUEZ NATEROS**  
*COORDINADOR DE GESTION DE GRADOS Y TITULOS*  
*UNI. FUN. GESTION DE GRADOS Y TITULOS - EPI AMBIENTAL*

NEN  
cc.:

N° Expediente: 2026-0010501



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.  
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>  
Código de Verificación: 5CWTSOU





UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICAESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIAFirmado digitalmente por DUEÑAS  
JURADO Carlos FAU 20168014962  
soft  
Cargo: Director(A) De Escuela  
Profesional  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 12.05.2026 09:14:45 -05:00"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 12 de Mayo del 2026

**MEMORANDO MULTIPLE N° 000022-2026-UNH/EPIAS**

**Señores:**

**EDWIN JAVIER CCENTE CHANCHA**  
DOCENTE NOMBRADO  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

**FREDDY ALFREDO MATAMOROS HUAYLLANI**  
DOCENTE NOMBRADO  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

**ALCIDIADDES MERINO CARHUAPOMA**  
DOCENTE NOMBRADO  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

**MABEL YESICA ESCOBAR SOLDEVILLA**  
DOCENTE NOMBRADO  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

**CARLOS DUEÑAS JURADO**  
DOCENTE NOMBRADO  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

**ASUNTO: DESIGANACIÓN DE JURADOS PARA INFORME FINAL DE TESIS.**

Fecha elaboración: Huancavelica, 11 de Mayo de 2026

Por medio del presente me dirijo a Ustedes, de mi especial consideración y estima personal, al mismo tiempo en atención al documento de la referencia se designa como jurados evaluadores del Informe Final de Tesis **"ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE YAULI, HUANCAVELICA"** presentado por: **JHON WILLER SOTACURO GUTIERREZ Y ANGIE NAYELI GOMEZ RAYMUNDO**. Para su respectiva evaluación de acuerdo al del Reglamento de Grados y Títulos de la UNH., de acuerdo al siguiente detalle:

**EDWIN JAVIER CCENTE CHANCHA**  
**FREDDY ALFREDO MATAMOROS HUAYLLANI**  
**ALCIDIADDES MERINO CARHUAPOMA**  
**MABEL YESICA ESCOBAR SOLDEVILLA**  
**CARLOS DUEÑAS JURADO**

**PRESIDENTE**  
**SECRETARIO**  
**VOCAL**  
**ACCESITARIO 1**  
**ACCESITARIO 2**

Hago propicia la oportunidad para expresarle el testimonio de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente*

**CARLOS DUEÑAS JURADO**  
**DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA**

CDJ/hcq

N° Expediente: EPIAS020260000201



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.  
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>  
Código de Verificación: G2R3RFA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICA

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

**ANEXO N° 01**  
**DESTINATARIOS DE LA MEMORANDO MULTIPLE**



N° Expediente: EPIAS020260000201



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.  
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>  
Código de Verificación: G2R3RFA



## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

### PROVEIDO 000311-2026-UNH/EPIAS

EXPEDIENTE : 2026-0010501

FECHA

29/04/2026

ASUNTO: SEGÚN EL ART. 17.8. SOLICITO PROPUESTA DE (5) DOCENTES EN UN PLAZO MAXIMO DE 3 DIAS, A FIN DE DESIGNAR JURADOS EVALUADORES PARA INFORME FINAL DE TESIS

**Atender en 0 días**

REFERENCIA : SOLICITUD N° 01

Solicitud de asignación de jurado para informe final de tesis

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
UNI. FUN. GESTION DE GRADOS Y TITULOS - EPI AMBIENTAL ENRIQUEZ NATEROS NILO ABELARDO	ATENDER	NORMAL	

DUEÑAS JURADO CARLOS  
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL

**SOLICITO: DESIGNACIÓN DE  
JURADOS PARA INFORME FINAL  
DE TESIS**

**SEÑOR DIRECTOR DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**

**S. D.**

Nosotros, Gomez Raymundo Angie Nayeli, identificado con N° DNI 72238134 con código de matrícula 2019161026, y Sotacuro Gutierrez Jhon Willer, identificado con N° DNI 72367449 con código de matrícula 2020161023, egresados de la Universidad Nacional de Huancavelica de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que, habiendo concluido la elaboración del Informe Final de Tesis titulado: “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE YAULI, HUANCAVELICA; y contando con la aprobación de nuestro asesor de tesis.

Solicitamos a su despacho se sirva disponer la designación de los jurados, a fin de proceder con la revisión de dicho proyecto y continuar con los trámites correspondientes para la obtención del Título Profesional.

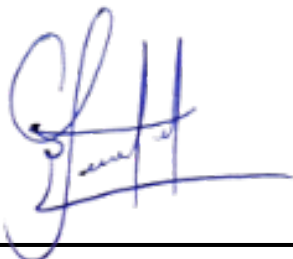
Adjuntamos:

- Informe de Asesor.
- Resolución de designación de asesor y aprobación de proyecto de tesis.
- Primera hoja de reporte de software antiplagio.
- Informe Final de Tesis.

Por lo expuesto:

solicitamos a usted señor director acceder a nuestra petición por ser justa y necesaria.

Huancavelica, 14 de abril del 2026



---

Gomez Raymundo Angie Nayeli  
DNI N.º 72238134



---

Sotacuro Gutierrez Jhon Willer.  
DNI N.º 7236744





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**



**Decanatura**

**RESOLUCIÓN N° 0103-2025-D-FCI-R-UNH**

*Huancavelica, 07 de abril de 2025.*

**VISTOS**

Oficio N° 000159-2025-UNH/EPIAS (04-04-2025) proveído N° 000570 (04-04-2025) en 12 folios y un archivo digital formato pdf, presentado por el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica; solicita designación de Asesor, Co-Asesor y aprobación de proyecto de tesis mediante resolución y;

**CONSIDERANDO**

Que, de conformidad a lo establecido por el artículo 18° de la constitución política del estado, artículo 8° de la ley Universitaria N° 30220: El Estado reconoce la autonomía universitaria. La autonomía inherente a las universidades, se ejerce de conformidad con lo establecido en la Constitución, la presente Ley y demás normativa aplicable. Esta autonomía se manifiesta en lo normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico en el marco de la ley; artículo 37° del Estatuto: Las Facultades gozan de autonomía académica, normativa, gubernativa, administrativa y económica, dentro del marco de la ley y el estatuto;

Que, según el artículo primero de la resolución N° 005-2021-CEU-UNH (14-06-2021), proclama como ganador de las elecciones, en el cargo de Decano de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, al Mg. Pedro Antonio Palomino Pastrana, a partir del 03 de mayo del 2021 al 02 de mayo del 2025 y artículo tercero, dispone que los artículos primero y segundo de la presente resolución, los decanos ganadores de las elecciones entraran en vigencia para sus funciones académicas y administrativas a partir del 15 de junio del 2021 hasta la fecha de culminación para los cuales fueron elegidos.

El artículo 1° de la ley de firmas y certificados digitales aprobado mediante Ley N° 27269 señala que la misma tiene por objetivo regular la utilización de las firmas electrónicas otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

Que, según artículo 13° del reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica versión 003, aprobado con resolución N° 1068-2024-CU-UNH, de fecha 13-09-2024, de la presentación y aprobación; a) El/los bachiller (s), egresado (s) o estudiante (s) presentara (n) un a solicitud dirigida al director de la Escuela Profesional, acompañado el proyecto de tesis en medio digital formato PDF,



Este es un documento auténtico imprimible de un elemento electrónico archivado en la Universidad Nacional de Huancavelica, siguiendo lo dispuesto por el Art. 25° del D.S. 070.2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser verificados a través de la siguiente dirección. <https://appunh.com/validar-documento/4ff76438-37c7-4b05-91b2-a43eb7eb088f/verificar>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



*Decanatura*

**RESOLUCIÓN N° 0103-2025-D-FCI-R-UNH**

*Huancavelica, 07 de abril de 2025.*

solicitando designación del asesor, debidamente ser un docente ordinario o contratado (A1 o B1) , el asesor y co-asesor pueden ser a propuesta del interesado. En caso de convenios o financiamientos con instituciones, un representante de dicha institución realizaría las funciones del asesor o co-asesor; **c)** el director de escuela profesional notifica el proyecto de investigación al asesor para su revisión en el plazo máximo de quince días (15) días hábiles, debiendo este emitir un informe al director de escuela profesional dando a conocer el resultado de la evaluación, adjunto el proyecto en un medio digital. **d)** en caso de ser favorable, el director de Escuela profesional solicita al decano la designación de asesor y aprobación del proyecto de tesis, con resolución de decano; para ser notificado al responsable de investigación de la Escuela Profesional para su inscripción. e) *una vez emitida la resolución de aprobación del proyecto de tesis, el o los interesados procederán a ejecutar el proyecto cuya vigencia no excederá de tres años (presentación de la tesis a la escuela profesional) a partir de la fecha de la notificación de la resolución. Vencido dicho plazo el/los interesados deberán presentar un nuevo proyecto de tesis; según artículo 17°, funciones del asesor; a) velar por la calidad de la tesis; b) cumplir con los pazos establecidos en el presente reglamento; c) Asesor y velar el cumplimiento del desarrollo de la tesis por parte del o los asesorados hasta la sustentación; d) verificar la originalidad de la tesis con el software anti plagio oficial de la UNH y e) Aprobar el proyecto de tesis y la tesis, de ser pertinente;*



Que, con proveído N° 000570 de fecha 04-04-2025, el Decano de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, autoriza al Secretario Docente emitir la resolución correspondiente.

Que, en uso de las atribuciones que le confieren al Decano y al amparo de la Ley Universitaria N° 30220 y el estatuto de la Universidad Nacional de Huancavelica.

**SE RESUELVE**

**ARTÍCULO PRIMERO. - DESIGNAR** al Dr. Víctor Guillermo Sánchez Araujo, Asesor y Dr. Wilfredo Sáez Huamán, Co-Asesor del proyecto de tesis titulado “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE YAULI, HUANCVELICA”, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica.



Este es un documento auténtico imprimible de un elemento electrónico archivado en la Universidad Nacional de Huancavelica, siguiendo lo dispuesto por el Art. 25° del D.S. 070.2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser verificados a través de la siguiente dirección. <https://appunh.com/validar-documento/4ff76438-37c7-4b05-91b2-a43eb7eb088f/verificar>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



**Decanatura**

**RESOLUCIÓN N° 0103-2025-D-FCI-R-UNH**

*Huancavelica, 07 de abril de 2025.*

**ARTÍCULO SEGUNDO.** - **APROBAR** el proyecto de tesis titulado: “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE YAULI, HUANCVELICA”, presentado por **Jhon Willer Sotacuro Gutierrez y Angie Nayeli Gomez Raymundo**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica.

**ARTÍCULO TERCERO.** - **DERIVAR** la presente resolución a la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, para su conocimiento y trámite correspondiente.

**Regístrese, comuníquese y archívese.** -----



Firmado digitalmente por PALOMINO  
PASTRANA Pedro Antonio FAU  
20168014962 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 09.04.2025 16:42:47 -05:00

**Dr. Pedro Antonio Palomino Pastrana**  
**Decano**  
Facultad de Ciencias de Ingeniería



Firmado digitalmente por ARTICA  
FELIX Marino FAU 20168014962 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 09.04.2025 12:25:27 -05:00

**Ing. Marino Artica Felix**  
**Secretario Docente**  
Facultad de Ciencias de Ingeniería



ISO 9001:2015



ISO 21001:2018



Este es un documento auténtico imprimible de un elemento electrónico archivado en la Universidad Nacional de Huancavelica, siguiendo lo dispuesto por el Art. 25° del D.S. 070.2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser verificados a través de la siguiente dirección.  
<https://appunh.com/validar-documento/4ff76438-37c7-4b05-91b2-a43eb7eb088f/verificar>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA  
(CREADA POR LEY Nº 25265)  
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y  
SANITARIA



---

## REVISIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

**ASESOR:** Dr. VICTOR GUILLERMO SÁNCHEZ ARAUJO

**ESTUDIANTE:**

- GOMEZ RAYMUNDO ANGIE NAYELI
- SOTACURO GUTIERREZ JHON WILLER

**TÍTULO DE INFORME FINAL DE TESIS:**

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE YAULI, HUANCVELICA

**OBSERVACIONES:**

HABIENDO LEVANTADO SUS OBSERVACIONES PASE AL TRÁMITE CORRESPONDIENTE.

Huancavelica, 12 de Abril del 2026



Firmado digitalmente por SANCHEZ  
ARAUJO Victor Guillermo FAU  
20168014962 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 13.04.2026 09:47:08 -05:00

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA**

(Creada por Ley N° 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL Y SANITARIA**



**TESIS**

**“Análisis de la calidad del aire mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica”**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:  
GESTIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:  
GOMEZ RAYMUNDO ANGIE NAYELI  
SOTACURO GUTIERREZ JHON WILLER**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**HUANCAMELICA, PERÚ**

**2026**

# **Acta de sustentación**

## **Certificado de similitud**

## **Título**

“Análisis de la calidad del aire mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica”

## **Autor**

Angie Nayeli Gomez Raymundo

DNI:72238134

Jhon Willer Sotacuro Gutierrez

DNI: 72367449

## **Asesor**

Dr: Victor Guillermo Sánchez Araujo

DNI: 40446828

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>

## **Dedicatoria**

A nuestros familiares, colegas y amigos que nos impulsaron a seguir con nuestros estudios de posgrado y crecer profesionalmente.

## **Agradecimientos**

A Dios, fuente inagotable de sabiduría y fortaleza, agradecemos su guía constante y la luz que iluminó cada paso de este proceso. Su presencia fue nuestra mayor inspiración para perseverar y alcanzar este logro.

A nuestros padres, nuestros pilares inquebrantables, les dedicamos este esfuerzo con todo nuestro amor. Su apoyo incondicional, sus sacrificios y su fe inquebrantable en nosotros fueron el motor que nos impulsó a seguir adelante. Este logro es también suyo.

Nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Huancavelica, nuestra casa de estudios, por brindarnos la formación académica y las herramientas necesarias para desarrollar esta investigación. Estamos profundamente agradecidos por la calidad educativa y el ambiente propicio para el aprendizaje que nos ofrecieron.

Finalmente, extendiendo nuestro reconocimiento y gratitud a nuestro asesor de tesis, por su invaluable orientación, paciencia y conocimiento. Su experticia y dedicación fueron fundamentales para guiarnos a través de los desafíos de esta investigación y asegurar la rigurosidad de nuestro trabajo.

## Tabla de contenidos

<b>Acta de sustentación.....</b>	<b>ii</b>
<b>Certificado de similitud .....</b>	<b>iii</b>
<b>Título .....</b>	<b>iv</b>
<b>Autor .....</b>	<b>v</b>
<b>Asesor .....</b>	<b>vi</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>vii</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>viii</b>
<b>Tabla de contenidos .....</b>	<b>ix</b>
<b>Tabla de contenidos de tablas .....</b>	<b>xii</b>
<b>Tabla de contenidos de figuras .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>xiv</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xv</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>18</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>18</b>
1.1. Descripción del problema.....	18
1.2. Formulación del problema.....	20
1.2.1. Problema general.....	20
1.2.2. Problemas específicos .....	20
1.3. Objetivos .....	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos .....	20
1.4. Justificación.....	20
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>22</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.1. Antecedentes.....	22
2.1.1. Antecedente internacional.....	22
2.1.2. Antecedente nacional .....	27
2.2. Bases Teóricas.....	30
2.2.1. Líquenes .....	30

2.2.2.	Contaminación .....	32
2.2.3.	Bioindicadores .....	42
2.3.	Definición de Términos .....	52
2.4.	Hipótesis .....	52
2.4.1.	Hipótesis general.....	52
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	52
2.5.	Identificación de variables.....	53
2.6.	Definición operativa de variables e indicadores.....	54
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>55</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>55</b>
3.1.	Ámbito temporal y espacial.....	55
3.2.	Tipo de investigación .....	55
3.3.	Nivel de investigación .....	55
3.4.	Método de investigación.....	55
3.4.1.	Método general .....	55
3.4.2.	Método específico .....	56
3.5.	Diseño de investigación.....	56
3.6.	Población, muestra y muestreo.....	56
3.6.1.	Población.....	56
3.6.2.	Muestra.....	56
3.6.3.	Muestreo.....	56
3.7.	Técnicas e instrumentos para recolección de datos .....	56
3.7.1.	Técnicas .....	56
3.7.2.	Instrumentos .....	57
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	57
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>59</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>		<b>59</b>
4.1.	Análisis de la información.....	59
4.1.1.	Resultados de indicadores biológicos .....	59
4.1.2.	Resultados del índice de diversidad específica .....	62
4.1.3.	Resultados del Índice de Pureza Atmosférica (IPA).....	63
4.1.4.	Resultados de la calidad del aire .....	65

4.2.	Prueba de hipótesis .....	68
4.2.1.	Proceso de prueba de normalidad .....	68
4.2.2.	Prueba de hipótesis general .....	68
4.2.3.	Prueba de hipótesis específica 1 .....	69
4.2.4.	Prueba de hipótesis específica 2 .....	70
4.3.	Discusión de resultados .....	71
	<b>Conclusiones .....</b>	<b>75</b>
	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>76</b>
	<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>77</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>83</b>

## Tabla de contenidos de tablas

<b>Tabla 1</b> Comercialización y uso de Combustibles líquidos con contenido de azufre no mayor de 50 ppm .....	41
<b>Tabla 2</b> Operacionalización de variables .....	54
<b>Tabla 3</b> Conteo de especies .....	60
<b>Tabla 4</b> Índices de diversidad específica.....	62
<b>Tabla 5</b> Resultados del IPA.....	64
<b>Tabla 6</b> Resultados de la calidad del aire .....	65
<b>Tabla 7</b> Prueba de normalidad de las variables y dimensiones de estudio.....	68
<b>Tabla 8</b> Prueba estadística no paramétrica para la hipótesis general .....	69
<b>Tabla 9</b> Prueba estadística no paramétrica para la hipótesis específica 1 .....	70
<b>Tabla 10</b> Prueba estadística no paramétrica para la hipótesis específica 2 .....	70

## Tabla de contenidos de figuras

<b>Figura 1.</b> Principales contaminantes del aire .....	33
<b>Figura 2.</b> Contaminantes en representación de fuente fija o móvil.....	33
<b>Figura 3.</b> Ozono troposférico .....	34
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de emisiones contaminantes procedentes de fuentes móviles de las ciudades 2013 - 2014 .....	38
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de emisiones de contaminantes procedentes de fuentes fijas de las ciudades 2013 - 2014 .....	39
<b>Figura 6</b> Conteo de líquenes por especie identificados.....	61
<b>Figura 7</b> Distribución de valores de los IDE.....	63
<b>Figura 8</b> Distribución del IPA.....	64
<b>Figura 9</b> Concentración del dióxido de nitrógeno.....	66
<b>Figura 10</b> Concentración del dióxido de azufre .....	66
<b>Figura 11</b> Concentración del monóxido de carbono .....	67

## Resumen

La investigación sobre “Análisis de la calidad del aire mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica”, por lo que se tuvo como propósito “Identificar calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica”, para lo cual se aplicó la investigación de tipo aplicada, nivel explicativo, método científico, diseño no experimental transversal, población y muestra de 5 puntos de muestreo ubicados en los parques del distrito de Yauli, muestreo no probabilístico por conveniencia, se contó con un total de 250 especies de líquenes indicadores de los cuales tuvo una mayor presencia la especie *Caloplaca pyracea* con un total de 22 unidades, así mismo la especie *Phaeophyscia endococcinodes* con un total de 18 unidades, en menor proporción se encontró a la especie *Teloschistes hosseusinus* con una cantidad de 7 unidades y la especie *Sticta canariensis* con un total de 9 unidades, en la calidad del aire los valores obtenidos para el dióxido de nitrógeno tienen un promedio de 36.7 ug/m<sup>3</sup>, así mismo el dióxido de azufre obtuvo un promedio de 8.63 ug/m<sup>3</sup> y finalmente el monóxido de carbono tuvo un valor promedio de 370 ug/m<sup>3</sup>, lo que nos conlleva a indicar que la calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena”, corroborado con una significancia menor al 0.05 y un valor T de -2.98.

**Palabras clave:** indicadores biológicos, calidad del aire, líquenes.

## ***Abstract***

*The research on “Analysis of air quality through biological indicators in the district of Yauli, Huancavelica”, for which the purpose was “To identify air quality determined through biological indicators in the district of Yauli, Huancavelica”, for which applied type research was applied, explanatory level, scientific method, non-experimental cross-sectional design, population and sample of 5 sampling points located in the parks of the district of Yauli, There were a total of 250 species of lichen indicators of which the species Caloplaca pyracea had a greater presence with a total of 22 units, likewise the species Phaeophyscia endococcinodes with a total of 18 units, in smaller proportion was found the species Teloschistes hosseusinus with an amount of 7 units and the species Sticta canariensis with a total of 9 units, in the air quality values obtained for nitrogen dioxide have an average of 36.7 ug/m<sup>3</sup>, likewise sulfur dioxide obtained an average of 8.63 ug/m<sup>3</sup> and finally carbon monoxide had an average value of 370 ug/m<sup>3</sup>, which leads us to indicate that the air quality determined by biological indicators in the district of Yauli, Huancavelica, is good”, corroborated with a significance of less than 0.05 and a T-value of -2.98.*

***Keywords:*** biological indicators, air quality, lichens.

## Introducción

La investigación titulada “Análisis de la calidad del aire mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica” parte desde la problemática que La contaminación del aire en el Perú es generada en un 70% por el parque automotor según un estudio realizado por el Comité de Gestión de la iniciativa de Aire Limpio. El resto sería ocasionado por la actividad comercial, ciudadanos y algunas industrias” (MINAM, 2016).

Así mismo, la principal fuente de contaminación al aire, por actividades que se realizan en las casas es la quema de combustibles fósiles, madera y otros combustibles de biomasa para cocinar, calentar y encender fuegos” (National Geographic, 2019).

Se justifica ya que el uso de líquenes como bioindicadores de la contaminación del aire de origen antrópico, a partir de la abundancia de las diferentes especies de líquenes en los árboles de cada uno de los puntos de monitoreo, la cual nos permitió sugerir nuevas alternativas de monitoreo de calidad de aire con bajos costos, a pesar que en la actualidad la DIRESA realiza monitoreo de aire, las cuales cuentan con un presupuesto para su operación y mantenimiento de los equipos, sin embargo, se propone la utilización de líquenes como monitoreo de calidad de aire.

En tal sentido, para poder comprender mejor la presente investigación el proyecto de investigación está constituido de la siguiente estructura: el capítulo I: planteamiento del problema, presentando la descripción del problema, formulación del problema, objetivos y la justificación. El capítulo II: marco teórico, considera los antecedentes, bases teóricas, definición de términos, hipótesis, variables y la operacionalización de variables. El capítulo III: materiales y métodos, exposición del tipo de investigación, nivel y método de investigación, diseño de investigación, población, muestra, muestreo, técnicas e instrumentos para recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos. El capítulo IV: Discusión de resultados, con el análisis de la información, prueba de hipótesis, discusión de

resultados. Asimismo, se considera las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

Los autores.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del problema**

La calidad del aire constituye una preocupación ambiental y de salud pública a escala global, siendo la contaminación atmosférica responsable de aproximadamente 6.7 millones de muertes prematuras anualmente, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 2024. A pesar de los esfuerzos internacionales por mitigarla, diversas regiones del mundo continúan experimentando altos niveles de contaminantes que afectan ecosistemas y poblaciones.

A nivel nacional, en Perú, la situación no es ajena a esta problemática global. El Ministerio del Ambiente (MINAM) ha reportado en su último Informe Nacional de la Calidad del Aire (2023) que, si bien existen mejoras en algunas áreas metropolitanas, persisten desafíos importantes, especialmente en zonas con actividad industrial o vehicular intensa. Se estima que más de un tercio de la población urbana peruana está expuesta a niveles de material particulado (PM2.5) que superan los estándares nacionales.

Regionalmente, Huancavelica, a pesar de ser una región predominantemente andina y rural, no está exenta de presiones ambientales. Actividades como la minería artesanal, la quema de biomasa para calefacción o la preparación de alimentos, y el incremento del parque automotor en centros urbanos, contribuyen a la emisión de contaminantes

atmosféricos. Si bien no se disponen de datos estadísticos específicos y desagregados sobre la calidad del aire para cada distrito de Huancavelica en fuentes públicas recientes, la Dirección Regional de Salud (DIRESA) ha señalado en informes internos (último disponible 2022) un aumento de las enfermedades respiratorias agudas en algunas zonas urbanas, lo cual podría estar indirectamente relacionado con la calidad del aire, aunque no se ha establecido una causalidad directa en toda la región.

En el ámbito local, el distrito de Yauli, ubicado en la provincia y región de Huancavelica, presenta características geográficas y socioeconómicas particulares que lo hacen susceptible a impactos en su calidad del aire, pese a que su entorno es mayoritariamente rural y montañoso. La presencia de actividades agrícolas, ganaderas y un limitado desarrollo industrial o vehicular intenso en comparación con grandes ciudades, sugeriría una buena calidad del aire. Sin embargo, la combustión de leña en viviendas, pequeñas quemas agrícolas o la emisión de polvo por caminos no pavimentados son factores que podrían incidir localmente.

Hasta la fecha, no existen estudios públicos ni datos estadísticos verificados que hayan evaluado la calidad del aire en el distrito de Yauli utilizando indicadores biológicos, como los líquenes, los cuales son reconocidos globalmente por su sensibilidad a la contaminación atmosférica y su capacidad para ofrecer una evaluación integral y a largo plazo de la calidad ambiental. Esta carencia de información específica y verificada en Yauli justifica plenamente la necesidad de esta investigación, cuyo objetivo principal es identificar la calidad del aire en el distrito de Yauli, Huancavelica, mediante el uso de indicadores biológicos, aportando datos valiosos que permitan comprender el estado actual del aire y sentar las bases para futuras acciones de gestión ambiental y protección de la salud pública local..+

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la calidad del aire determinado mediante los índices de diversidad específica en el distrito de Yauli, Huancavelica?
- ¿Cuál es la calidad del aire determinado mediante el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Identificar calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar la calidad del aire determinado mediante los índices de diversidad específica en el distrito de Yauli, Huancavelica.
- Identificar la calidad del aire determinado mediante el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica.

## **1.4. Justificación**

Proponer el uso de líquenes como bioindicadores de la contaminación del aire de origen antrópico, a partir de la abundancia de las diferentes especies de líquenes en los árboles de cada uno de los puntos de monitoreo.

La cual nos permitió sugerir nuevas alternativas de monitoreo de calidad de aire con bajos costos, a pesar que en la actualidad la DIRESA realiza monitoreo de aire, las cuales cuentan con un presupuesto para su operación y mantenimiento de los equipos, sin embargo, se propone la utilización de líquenes como monitoreo de calidad de aire.

Con la presente investigación también se justifica el querer genera información referente a la aplicación de bioindicadores para futuras investigaciones en este ámbito.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedente internacional**

“Bocanegra, y otros (2022), en la investigación titulada *Briofitos y líquenes como bioindicadores de contaminación del aire en sede Barcelona y sede San Antonio de la universidad de los llanos, Villavicencio, Meta*, cuyo objetivo es la realización de una caracterización vegetal de Briófitos y Líquenes con base en caracteres morfológicos, ecológicos y taxonómicos mediante la aplicación de índices que permitan determinar posibles áreas de contaminación en el campus de la universidad de los llanos sede Barcelona y San Antonio. Para resolver los objetivos planteados en este estudio es necesaria la utilización de modelos basados en el Índice de Factor de Resistencia (Qi) que permite determinar el grado de sensibilidad que las diferentes especies colectadas de líquenes tienen con respecto a la emanación de gases tóxicos que se presentan en las áreas de muestreo del Campus Universitario. Otro índice que se trabaja es Índice de Pureza Atmosférica (IPA) que considera la presencia y distribución de las comunidades de líquenes y briófitos en las dos áreas de trabajo que facilitan el análisis de contaminación, reflejando la riqueza o escasez de la vegetación epífita en el Campus Universitario. La frecuencia de especies va expresada en porcentaje de presencia y la cobertura como cobertura estandarizada. Los resultados que se obtuvo En la Universidad de los Llanos - Sede San

Antonio (urbana) se seleccionaron inicialmente 6 estaciones de muestreo de acuerdo a la presencia de forófitos aptos para la evaluación, de tal manera que fueron seleccionadas zonas en presencia de urbanización, en fases de construcción y zonas semiconservadas. Se llegó a la conclusión de que En este estudio corresponde principalmente a las familias como Pinaceae, Meliaceae, Cecropiaceae, Rubiaceae, Fabaceae y Lauraceae, siendo la más abundante la primera. Se colectaron 22 familias, 25 géneros de plantas no vasculares, que corresponden a 8 musgos, 6 hepáticas y 11 líquenes, con esto se establece que en cada estación los líquenes son el grupo más representativo de las estaciones en la Sede San Antonio”.

“Mares, Irene (2017), en la investigación titulada *Líquenes como bioindicadores de calidad de aire*, cuyo objetivo es la realización de una revisión bibliográfica que recoja el fundamento, metodología y utilidad del uso de los líquenes como bioindicadores de calidad del aire, centrándose en la información que aportan las variaciones en su ecofisiología y biodiversidad sobre la contaminación del mismo. La metodología que se uso fue la búsqueda bibliográfica de publicaciones científicas relacionadas con el uso de los líquenes como bioindicadores de contaminación, desde su comienzo hasta las más actuales. Para ello, se utilizaron diversas bases de datos, como Google Académico, ScienceDirect, PubMed, o el buscador de la Biblioteca Complutense BUcea. Se seleccionaron aquellas publicaciones que profundizaban en la sensibilidad de los líquenes epífitos a contaminantes aéreos, estudiando variaciones en su ecofisiología y biodiversidad, así como revisiones completas sobre el uso de los líquenes como bioindicadores. Los resultados después de la revisión bibliográfica es que se han publicado un número muy elevado de trabajos científicos que analizan los efectos del dióxido de azufre, compuestos nitrogenados, ozono, metales pesados y otros contaminantes atmosféricos sobre la morfología y fisiología de los líquenes, históricamente se han utilizado los líquenes como bioindicadores mediante métodos cualitativos (ausencia/presencia de especies, observación de cambios en las poblaciones y en su morfología).

Sin embargo, en las últimas décadas las medidas cuantitativas de las variaciones en su contenido químico y procesos fisiológicos han cobrado mayor importancia. Finalmente se llegó a la conclusión de que Los líquenes poseen las características de buenos bioindicadores Su utilidad y fiabilidad como indicadores de calidad del aire queda demostrada en el elevado número de trabajos publicados al respecto. No pueden reemplazar a los equipos técnicos que miden contaminación atmosférica, pero ambos se complementan en la evaluación de los efectos que esta puede causar”.

“Bardelás, (2017), en la investigación titulada *Desarrollo y puesta a prueba de un nuevo método para utilizar líquenes como bioindicadores de contaminación*, cuyo objetivo es desarrollar y poner a prueba un método para utilizar los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica sobre la base de su diversidad de pigmentos y mediante el análisis de la diversidad de color en imágenes a fin de que el estudio pueda ser realizado por personas no expertas en taxonomía líquénica. Se seleccionaron tres áreas con diferente densidad de urbanización y de tránsito vehicular en las cuales, dadas las características, se preveía una diferencia en el grado de contaminación aérea con NO<sub>x</sub>. En cada sitio de muestreo se colocó un muestreador pasivo de NO<sub>2</sub>, siguiendo la metodología propuesta por Fagundez 2001, tanto el momento de medición como el tiempo de exposición para cada área fueron diferentes en función de la disponibilidad del laboratorio donde se realizaron los análisis posteriores y al finalizar el período de exposición los tubos fueron retirados y llevados al laboratorio donde se procedió a medir la concentración de NO<sub>2</sub> absorbido mediante método espectrofotométrico. Con respecto a los líquenes se seleccionaron tres forófitos en los que se tomaron muestras de los líquenes encontrados. Para ello se trabajó con una grilla de muestreo de 50 x 30 cm, dividida en 10 cuadrantes de 12 x 8 cm la misma se sujetó al tronco del árbol sobre un sector con presencia de líquenes. Los resultados que se obtuvo es que los ajustes razonables encontrados entre las métricas biológicas y la concentración de NO<sub>2</sub> indica que es posible utilizar el análisis de fotografías

digitales de líquenes sobre cortezas de árboles para estimar la contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno. La diversidad de colores de la foto completa separa razonablemente bien en el análisis de varianza al sitio con mayor tránsito y concentración de NO<sub>2</sub> del resto permitiría detectar los sitios más poluídos por este compuesto. Se llegó a la conclusión de que a fin de mejorar los métodos de monitoreo aquí presentados y lograr una herramienta más fina, sería necesario analizar más puntos de muestreo. Para ello se podrían utilizar las ecuaciones de regresión como modelos predictivos y validarlos con nuevos datos de campo”.

“Gonzales, Luján, Navarro, y Flores, (2016), en la investigación titulada *Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba*, el presente estudio se llevó a cabo en el eje metropolitano del municipio de cercado de la ciudad de Cochabamba -Bolivia, utilizando líquenes epifitos como bioindicadores de la contaminación atmosférica, a través del método del índice de Pureza Atmosférica (IPA). La investigación se realizó en 9 puntos de monitoreo, tomando como único forófito la especie *Fraxinus americana*, encontrándose 12 especies de líquenes en total. Se obtuvieron datos de parámetros climáticos, contaminantes atmosféricos, cobertura y frecuencia de las comunidades liquénicas para cada punto de monitoreo, los cuales fueron sometidos a análisis estadísticos de correlaciones de Spearman, clasificación o Cluster y análisis de Senderos. Se comprobó que los líquenes epifitos se ven afectados directamente por la contaminación atmosférica (principalmente por NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>) e indirectamente por parámetros climáticos y/o geomorfológicos. De los resultados durante la inspección y observación realizada en las cuatro zonas se seleccionaron ocho parques (dos por cada zona geomorfológica), los cuales cumplieron con los criterios de selección establecidos en la metodología, encontrándose la especie arbórea Fresno (*Fraxinus americana*), como la especie mejor distribuida homogéneamente en todo el eje metropolitano de Cercado. La contaminación del parque vehicular es responsable del 76% de las emisiones

de gases contaminantes, por lo tanto, la intensidad de tráfico y tipo de vehículo tiene una fuerte influencia en la contaminación atmosférica y por ende en la distribución liquénica. Las fuentes de área y/o puntuales tiene una mayor concentración en la zona sur del eje metropolitano, ya que es en esta zona donde existe la mayor intensidad de tráfico vehicular mixto (flotas, camiones de carga, transporte público, transporte particular, etc.); además de contar con la presencia de las ladrilleras que tienen una fuerte influencia en lo que respecta a contaminación atmosférica. Se llegó a la conclusión de que se logró comprobar que los líquenes se ven afectados directamente por contaminantes atmosféricos, ya que la distribución liquénica varía según las concentraciones de contaminantes específicos”.

“Rubiano y Chaparro, (2016), en la investigación titulada *Delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la universidad nacional de Colombia mediante el análisis de bioindicadores (Líquenes Epifitos)*, cuyo objetivo es elaborar un mapa de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la ciudad universitaria, utilizando la capacidad bioindicadora de los líquenes para detectar cambios en la calidad del aire. Los métodos ecológicos para estimar la calidad del aire son utilizando los líquenes como bioindicadores de contaminación tienden a relacionar la presencia o ausencia de especies, su número, frecuencia de aparición, cobertura y los síntomas de daños externos o internos con el grado de calidad del aire. Con objeto de obtener mejores aproximaciones en la delimitación de áreas de isocontaminación, se han desarrollado métodos tendientes a cuantificar la aparición de comunidades liquénicas, valorando no sólo su presencia en el territorio, sino también su abundancia y, en la medida de lo posible, su grado de fertilidad y desarrollo. El IPA considera la comunidad de líquenes al igual que la presencia y distribución de sus especies en una región que presente zonas específicas de contaminación cuantificando los datos. Los resultados que se obtuvo cuando se censaron 21 estaciones, para un total de 84 árboles, de los cuales setenta y tres fueron urapanes (*Fraxinus chinensis*), siete álamos temblones

(*Populus tremuloides*) y cuatro yucas (*Yucca elephantipes*). Se reportaron 27 especies epífitas, de las cuales 19 fueron líquenes, cuatro musgos, dos hongos, un helecho y un alga. Se llegó a la conclusión que esta investigación se constituye en un documento base para el establecimiento de políticas tendientes a mantener y mejorar la calidad del aire del campus de la Universidad Nacional de Colombia. El empleo de bioindicadores para detectar la polución tiene una serie de ventajas tales como el bajo costo, los resultados rápidos y la posibilidad de proporcionar información acumulativa, integrada y discriminada gracias a su capacidad de respuesta frente a las alteraciones del medio, la cual nunca puede ser detectada a través de mediciones físico-químicas”.

### **2.1.2. Antecedente nacional**

“Minaya, (2018), en la investigación titulada *Caracterización de líquenes cortícolas en la quebrada de plancha, Isla – Comas*, cuyo objetivo es caracterizar los líquenes cortícolas en la quebrada de Plancha Isla – Comas. La población de investigación comprende todos los líquenes cortícolas en la quebrada de Plancha Isla, Comas; el cual cuenta con una zona boscosa, matorral bajo y matorral alto, comprendiendo un área de 200.421 ha. Todos los líquenes cortícolas que se encuentran en los árboles que están dentro de parcelas, las cuales fueron 6 parcelas de 100 m<sup>2</sup> (50 x 2 m.) según el método de Gentry (1982). La instalación de las parcelas fue intencional según la accesibilidad. Los resultados que se obtuvo es que se identificaron 4 especies y 19 morfoespecies, los que son: *Cora* cf. *glabrata*, *Leptogium* cf. *phyllocarpum*, *Leptogium* cf. *corticola*, *Leptogium* cf. *burgessii*, *Leptogium* *azureum*, *Leptogium* *chloromelum*, *Lecanora* cf. *polytropa*, *Lecania* sp., *Lobariella* cf. *pallida*, *Crocodia* cf. *aurata*, *Sticta* sp.1, *Sticta* sp.2, *Sticta* cf. *gaudicholdia*, *Erioderma* cf. *leyandii*, *Pannaria* cf. *andina*, *Pannaria* cf. *rubiginosa*, *Hypotrachyna* cf. *neotropica*, *Hypotrachyna* *cirhata*, *Hypotrachyna* cf. *americana*, *Hypotrachyna* sp., *Usnea* cf. *cavernosa*, *Usnea* cf. *firma*, *Heterodermia* cf. *spinigera*, *Ramalina* sp. y

Telochistes peruensis. Se llegó a la conclusión de los líquenes determinados presentaron 5 biotipos: foliosos 12 sp. (48%), gelatinosos 5 sp (20%), fruticulosos 4 sp. (16%), los crustáceos y escuamulosos 2 sp (8%) cada uno del total de especies, con dos tipos de algas, clorofíceas (verdes) 40% y cianofíceas 60%, diferenciando al nostoc 20% específicos del género Leptogium”.

“Quispe, Ñique, y Chuquilin, (2018), en la investigación titulada *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María, Perú*, cuyo objetivo de la investigación es la evaluación mediante la presencia o ausencia de líquenes. En el jirón Huánuco y las avenidas Amazonas, Ucayali, Alameda Perú y Raimondi de Tingo María la cual eligieron 5 árboles de la especie Terminalia catappa (nombre común conocida como almendro o falsa castaña) por zona, ubicados en la Av. Raimondi, Av. Alameda Perú, Av. Ucayali, Av. Amazonas y Jr. Huánuco; con la condición que sean árboles adultos sanos, se excluyeron árboles sin corteza, pintados en toda su corteza y asimismo de corteza lisa. Se desarrolló el método de cartografía de líquenes, basado en la utilización de líquenes como organismos bioindicadores de la calidad del aire por su sensibilidad frente a cambios en el ambiente, expresados en su frecuencia y abundancia. Los resultados que se obtuvo fue que se identificaron las siguientes especies: Physcia lopezii, Pertusaria sp., Hyperphyscia pyvithrocardia y Chrysothrix candelaris. Siendo las especies más tolerantes Physcia lopezii e Hyperphyscia pyvithrocardia con una frecuencia promedio máxima para ambos de 9 y la especie más sensible Chrysothrix candelaris que alcanzó una frecuencia promedio máxima de 4 y en cuanto al IPA se determinó el mayor promedio de 25.1 para el Jr. Huánuco (Z1) y el menor IPA de 14.9 para la Av. Raimondi (Z5); también se determinaron los IPA para la Av. Amazonas (Z2), Av. Ucayali (Z3), Av. Alameda Perú (Z4) y se obtuvieron los siguientes valores respectivamente: 17.5, 18.4 y 19. Se llegó a la conclusión de que se establecieron los niveles de contaminación atmosférica para las zonas de monitoreo de acuerdo a los rangos del IPA, sólo Z1

presentó un nivel de contaminación bajo o sin contaminación y para Z2, Z3, Z4 y Z5 los niveles de contaminación fueron moderados. Ambrosio & Bringas, (2017), en la investigación titulada Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca en el año 2017, cuyo objetivo es evaluar la utilización de líquenes para determinar la contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca, este proyecto se realizó entre los meses de abril y agosto del año 2017, el área de estudio se encuentra ubicada en la Av. El Maestro cuadra 2, Plazuela Miguel Grau y el parque de la Urbanización Cajamarca, estas zonas presentan la misma especie de árbol (Fresno – *Fraxinus excelsior* L) y un nivel de flujo vehicular, altos, medio y bajo; respectivamente una metodología limpia y menos costosa para el monitoreo de contaminantes atmosféricos. Para ello, los indicadores utilizados fueron la abundancia (área ocupada) y riqueza número de especies de líquenes, datos que se obtuvieron a partir de una rejilla 10 x 50 cm dividida en 20 cuadrículas. El área ocupada por cada especie liquénica fue procesada a partir del programa Adobe Photoshop CS6 Extended Versión 13.0 64bits, y los datos del área se procesaron en cm<sup>2</sup>. Estos datos fueron utilizados para determinar el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) de las zonas de estudio. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes en la zona con mayor flujo vehicular (Jr. Amalia Puga, 36 veh/min) también presentó menor abundancia (34,8 cm<sup>2</sup>) y riqueza de líquenes (1,8 sp) y por ende, un menor IPA (13,8), a diferencia de la zona que presentó menor flujo vehicular (Parque Urbanización Cajamarca, 0 veh/min), con mayor abundancia (192,7 cm<sup>2</sup>) y riqueza de especies, y consecuentemente un IPA mayor (64,1). Se concluyó que se comprueba que los líquenes son excelentes bioindicadores de contaminación generados por el parque automotor”.

“Rodríguez, y otros, (2017), en la investigación titulada Catálogo de la liquenobiota de la región La Libertad, Perú, cuyo objetivo del estudio es identificar las distintas especies de líquenes este estudio estuvo basado en la

revisión de material depositado preferentemente en el Herbarium Truxillense de la Universidad Nacional de Trujillo (HUT), la determinación de especialistas, y en la contrastación con las especies documentadas en estudios oficiales de la liquenobiota para esta región. Los resultados que se presentaron en el catálogo son de 192 especies de líquenes, ordenadas en 28 familias y 60 géneros, existentes en la región La Libertad, Perú. Se llegó a la conclusión que la familia Parmeliaceae la que presenta el mayor número con lo cual, se incrementa notablemente lo registrado en el pasado”.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Líquenes**

#### *2.2.1.1. Líquenes primeras especies en colonizar el medio terrestre*

“Consideraciones coevolutivas y estudios filogenéticos que relacionan distribuciones actuales y movimientos continentales han sugerido que el estilo de vida liquénico es muy antiguo. Parece probable que muchas de las familias, géneros y, en algunos casos, especies actuales evolucionaron en tiempos del Pérmico/Triásico, hace unos 190-280 millones de años, a partir de unas cuantas especies previas” (Puy & Ordaz, 2017).

“El espécimen más antiguo identificado como un líquen, *Thuchomyces lichenoides*, data del Precámbrico. Se trataría de una especie marina según los sedimentos en los que se encontraron sus fósiles; y si bien ha sido identificado el micobionte, las pruebas de la existencia de un fotobionte asociado a él son poco concluyentes”.

“Aun con esto, el yacimiento de Rhynie Chert ha dado un ejemplo de líquen fósil denominado *Winfrenatia reticulata*, de extraordinario valor científico, pues sitúa a este grupo en la era devónica; por tanto, se puede considerar este fósil como el más antiguo de los conocidos para el grupo. Otro representante del grupo aparecido en el Devónico medio

es *Spongiophyton*, aunque su adscripción es dudosa. Faltan restos fósiles del Carbonífero, Pérmico y Triásico y hasta el Paleógeno son muy escasos y poco concluyentes del Eoceno se conoce la especie *Epífica Strigula*, del Oligoceno las especies, *Anzia sp*, *Calicidum sp* y *Chaenotheca* y del mioceno *Chaenothecopsis bitterfeldensis*” (Karatygin, Snigirevskaya, & Vikulin, 2009).

#### 2.2.1.2. Simbiosis más poderosa de la naturaleza

“Los líquenes son el producto de una simbiosis perfecta entre un hongo, que es el elemento principal, y bien un alga verde o bien una cianobacteria (un filo que comprende las bacterias capaces de realizar fotosíntesis oxigénica). Dentro de cada uno de ellos puede haber diferentes divisiones que conformen el organismo final, es decir, el liquen” (Perez, 2021).

#### 2.2.1.3. Simbiogénesis como proceso evolutivo de líquenes

Los líquenes se originan por asociaciones simbióticas mutualistas y cíclicas; involucran al menos un hongo heterotrófico "micobionte" y uno o varios organismos autótrofos fotosintéticos "fotobiontes" (productores primarios) “microalgas verdes o cianobacterias, incluso ambas. Los talos son fenotipos simbiogenéticos únicos con organización específica (holotipos) y fisiología compleja que se basan en las interacciones funcionales y genéticas entre los simbioses, y son considerados como microecosistemas”. “La liquenización permita los mutualistas desarrollarse en hábitats con condiciones ambientales extremas (incluso el espacio exterior), desarrollo que, de otro modo, no sería posible para cada uno de los simbioses por independiente” (Barreno, 2016).

## **2.2.2. Contaminación**

### *2.2.2.1. Contaminación de la atmósfera*

“Es una alteración de los niveles de calidad y pureza del aire debido a emisiones naturales o de sustancias químicas y biológicas” (Facultad de medicina, 2015).

### *2.2.2.2. Fuentes de contaminación de la atmósfera*

“Los **contaminantes hacia la atmósfera** se emiten desde un rango de fuentes tanto naturales, antropogénicas y estas pueden ser fuentes móviles o fijas”.

#### *2.2.2.2.1. Fuentes naturales*

“Son resultado de fenómenos de la vida animal y vegetal, como las emisiones producidas por el polvo, humo, gases sulfurosos, polen, incendios forestales, volcanes, océanos y la erosión del suelo” (Secretaría del medio ambiente y recursos naturales, 2018).

#### *2.2.2.2.2. Fuentes antropogénicas*

“Es la contaminación causada por las actividades humanas, producidas por las actividades donde se realiza combustión, emisiones de vehículos, proceso de calentamiento y tueste, minería, canteras, cocción de olores nocivos, procesos químicos y nucleares o atómicos” (Mora, Sibaja, & Borbón, 2021).

#### *2.2.2.2.3. Fuentes fijas*

“Se caracterizan por ser estacionarias o estar en un punto fijo como las plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo y fábricas” (Secretaría del medio ambiente y recursos naturales, 2018).

#### *2.2.2.2.4. Fuentes móviles*

Abarcan todas las formas de transporte y los vehículos automotores (Secretaría del medio ambiente y recursos naturales, 2018).

### 2.2.2.3. Principales contaminantes de la atmósfera

**Figura 1.**

*Principales contaminantes del aire*

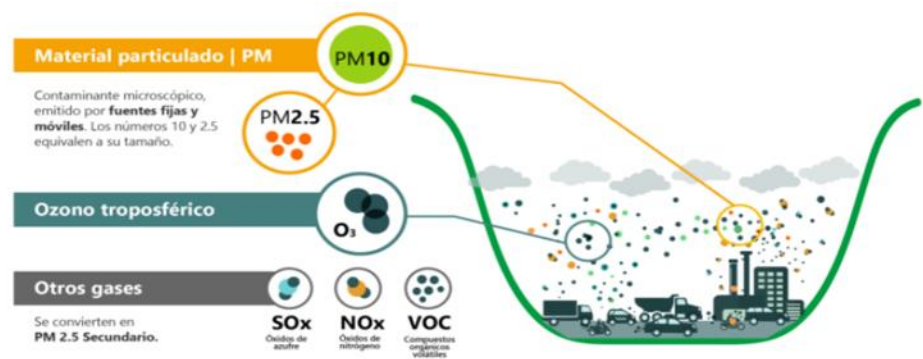


*Fuente: Futuro sostenible (2020)*

“Aquellas personas que viven en las ciudades respiran aire con partículas suspendidas que se pueden presentar de diferentes formas, como humo, polvo, cenizas, hollín, polen, aerosoles, compuestos principalmente por sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro sódico, carbón, polvo de minerales, cenizas metálicas y agua” (Futuro sostenible , 2020).

**Figura 2.**

*Contaminantes en representación de fuente fija o móvil*



*Fuente: Futuro sostenible (2020)*

El ozono como tal, puede ser bueno o malo. Esto depende básicamente de la altura donde lo encontremos. El ozono “bueno” o estratosférico es una forma natural de oxígeno que provee una capa

protectora sobre la tierra que bloquea la radiación ultravioleta. El ozono “malo” o que está en la tropósfera es un oxidante químico (Futuro sostenible , 2020).

**Figura 3.**  
*Ozono troposférico*



*Fuente:* Futuro sostenible (2020)

“El dióxido de azufre, es un gas tóxico con olor ocre e irritante que se atribuye, en muchas ocasiones, a los procesos de combustión. Esto es debido a que los combustibles como el carbón, el petróleo, el diesel o el gas natural contienen ciertas cantidades de compuestos azufrados” (Calidad ambiental, 2014).

“El monóxido de carbono es un gas sin olor ni color. Se produce por la quema de combustibles como el gas, la gasolina, el petróleo, el tabaco y la madera. Cuando los vehículos están detenidos y permanecen con el motor encendido también lo despiden” (Calidad ambiental, 2014).

“El óxido de nitrógeno es un gas tóxico de color pardo, que se forma como subproducto de los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas” (Futuro sostenible , 2020).

#### 2.2.2.4. Contaminación por el parque automotor

“El parque automotor incluye un numeroso y activo conjunto de vehículos propulsados por la combustión de hidrocarburos como los ciclomotores, automóviles y camiones; las emisiones procedentes de los

escapes de estos vehículos contienen monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que son liberados a la atmósfera en importantes cantidades son los componentes del smog oxidante fotoquímico” (Greco, 2015).

“Las emisiones de vehículos automotores contienen un gran número de contaminantes resultantes de varios procesos diferentes. Las emisiones más comúnmente consideradas son las del escape, consecuencia de la combustión y se emiten por el tubo de escape del vehículo y las que provienen de varios procesos de emisión evaporativas” (Inche, 2001).

#### 2.2.2.4.1. Emisiones evaporativas

- A. “Emisiones diurnas: Emisiones del tanque de combustible del vehículo debido a la mayor temperatura de la masa de líquido y a la presión del vapor. Estas emisiones resultan del aumento de la temperatura ambiente, de la entrada de calor desde el sistema de escape del vehículo o del calor reflejado desde la superficie de la carretera” (Inche, 2001).
- B. “Emisiones del vehículo recién apagado con el motor caliente: Se presentan una vez que se apaga el motor, debido a la volatilización del combustible por un calor residual” (Instituto nacional de ecología, 2007).
- C. “Emisiones evaporativas del vehículo en reposo con el motor frío: Ocurren principalmente debido a la permeabilidad e los componentes del sistema de combustible” (Instituto nacional de ecología, 2007).
- D. “Emisiones evaporativas en reposo: Emisiones evaporativas que no son las del remojo en caliente, las diurnas ni las debidas a la recarga del tanque. Estas emisiones se presentan cuando el motor no está en operación y se deben sobre todo a las fugas del

combustible y a la permeación del vapor a través de las líneas del combustible” (Inche, 2001).

- E. “Emisiones evaporativas durante la recarga de combustible: Emisiones evaporativas desplazadas desde el tanque de combustible durante la recarga. Aunque el vehículo es la fuente de las emisiones, éstas ocurren mientras el vehículo está en reposo y en lugares conocidos, como los grifos” (Inche, 2001).

#### 2.2.2.4.2. Emisiones por el tubo de escape

“Las emisiones por el tubo de escape son producto de la quema de combustible (sea éste gasolina, diésel u otro como gas licuado o biocombustibles) y comprenden a una serie de contaminantes tales como: el monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y las partículas. Además, ciertos contaminantes presentes en el combustible como el azufre y hasta hace algunos años, el plomo se libera al ambiente a través del proceso de combustión. La emisión por el tubo de escape depende de las características del vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones; los vehículos más pesados o más potentes tienden a generar mayores emisiones por kilómetro recorrido y las normas que regulan la construcción de vehículos determinan tanto su tecnología, así como la presencia o ausencia de equipos de control de emisiones, como los convertidores catalíticos” (Instituto nacional de ecología, 2007).

#### 2.2.2.5. Contaminación por pollerías

“El humo que emanan los hornos de pollería producto de la combustión de la grasa con el carbón encendido, provocan una serie de partículas contaminantes que se concentran en el aire e incluso en el mismo pollo a la brasa, lo que a largo plazo puede afectar la salud de las personas”.

“Los hornos de pollería generan partículas contaminantes como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos aromáticos policlónicos” (La cámara de comercio de Lima , 2021).

#### 2.2.2.5.1. Emisiones de monóxido de carbono

“La principal fuente de emisión del monóxido de carbono se produce en el sector transporte debido a la combustión incompleta de gas, petróleo, gasolina, carbón y aceites. Los aparatos domésticos que queman combustibles fósiles como las estufas, hornillos o calentadores, también son una fuente de emisión común” ( Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes, 2020).

#### 2.2.2.5.2. Emisiones de óxidos de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El término NO<sub>x</sub> se refiere a la combinación de ambas sustancias (Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes, 2020).

Las fuentes más comunes de óxidos de nitrógeno en la naturaleza, son la descomposición bacteriana de nitratos orgánicos, los incendios forestales, quema de rastrojos y la actividad volcánica.

Las principales fuentes antropogénicas de emisión se producen en los escapes de los vehículos motorizados y en la quema de combustibles fósiles. Otros focos de menor relevancia, se llevan a cabo en los procesos biológicos de los suelos, en los que se produce la emisión de nitritos (NO<sub>2</sub>) por parte de los microorganismos (Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes, 2020).

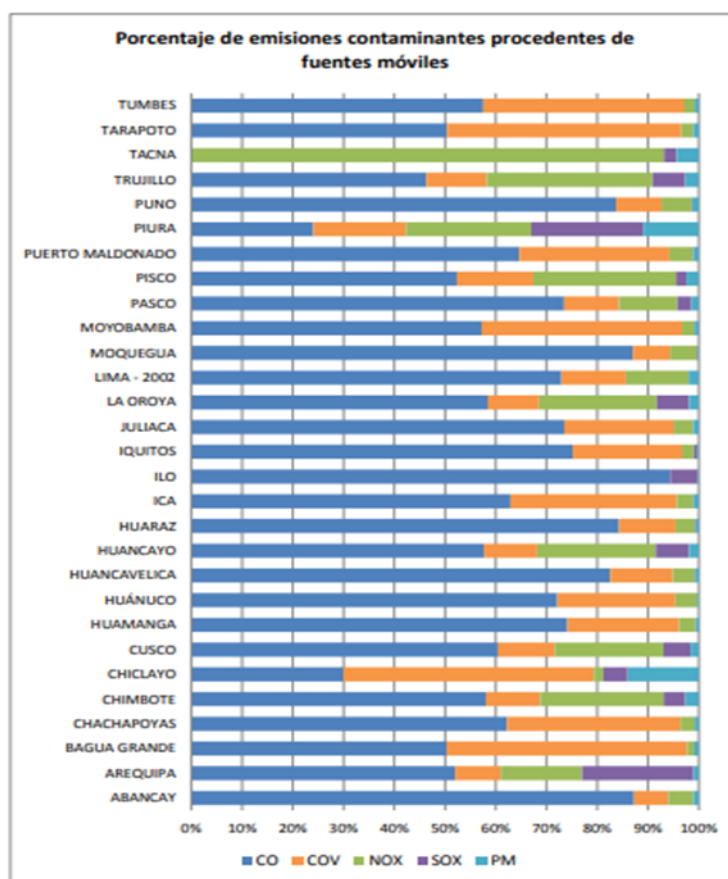
#### 2.2.2.5.3. Emisiones de hidrocarburos aromáticos policlónicos

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes que se forman durante la combustión incompleta del carbón, petróleo y gasolina, basuras y otras sustancias orgánicas como tabaco y carne preparada en la parrilla. Los

HAPs se encuentran generalmente como una mezcla de dos o más de estos compuestos, tal como el hollín (Agencia de protección del medio ambiente de EE.UU , 2016).

#### 2.2.2.6. Contaminación por fuentes móviles en Huancavelica

**Figura 4.**  
Porcentaje de emisiones contaminantes procedentes de fuentes móviles de las ciudades 2013 - 2014

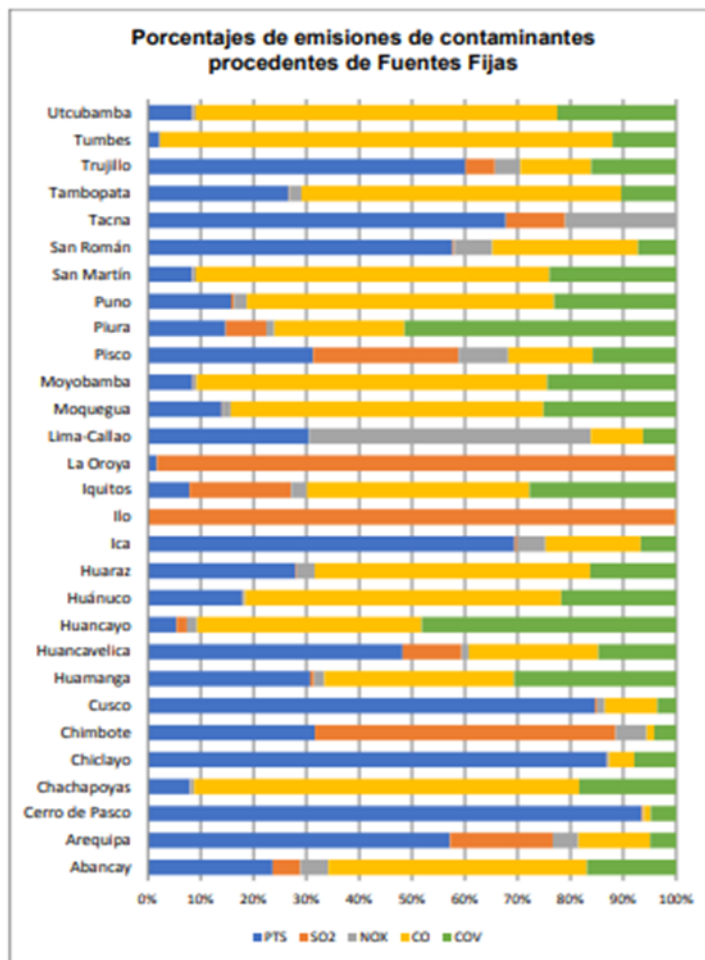


*Nota:* CO sustancia química llamada monóxido de carbono; COV compuestos orgánicos volátiles; NOx óxidos de nitrógeno; SOx óxidos de azufre; PM materia particulada.

*Fuente:* Planes de Acción a Limpiar el Aire y Planes de Acción para la mejora de la Calidad del Aire de las Zonas de Atención Prioritaria (2014).

### 2.2.2.7. Contaminación por fuentes fijas en Huancavelica

**Figura 5.**  
Porcentaje de emisiones de contaminantes procedentes de fuentes fijas de las ciudades 2013 - 2014



Nota: PTS concentraciones de partículas totales en suspensión; SO2 dióxidos de azufre; NOX óxidos de nitrógeno; CO sustancia química llamada monóxido de carbono; COV compuestos orgánicos volátiles.

Fuente: Planes de Acción a Limpiar el Aire y Planes de Acción para la mejora de la Calidad del Aire de las Zonas de Atención Prioritaria (2014).

### 2.2.2.8. *Marco legal*

#### 2.2.2.8.1. Emisiones vehiculares

A partir del decreto supremo N° 306 – 2017 – MINAM, se derogó los artículos 1,2, 13 y el Anexo I del decreto supremo 047 – 2001 – MTC, que establece los Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial, el cual indica a los conductores de los vehículos automotores cuyas emisiones superen los Límites Máximos Permisibles LMP aplicables para vehículos en circulación serán sancionados de acuerdo a lo establecido al artículo 5 de la presente normativa (MINAM, 2017).

También se establece en el artículo 6 que el vehículo que tenga el tubo de escape deteriorado, que impida ser sometido a los controles de emisiones realizados por la autoridad competente en la vía pública, implica el incumplimiento de los Límites Máximos Permisibles LMP aplicables para vehículos en circulación, debiéndose proceder a aplicar a su conductor la sanción correspondiente (MINAM, 2017).

#### 2.2.2.8.2. Contenido de azufre en el combustible diésel

A partir del decreto supremo N° 306 – 2017 – MINAM, se derogó los artículos 1,2, 13 y el Anexo I del decreto supremo 047 – 2001 – MTC, que establece los Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial, el cual indica a los conductores de los vehículos automotores cuyas emisiones superen los Límites Máximos Permisibles LMP aplicables para vehículos en circulación serán sancionados de acuerdo a lo establecido al artículo 5 de la presente normativa (MINAM, 2017).

También se establece en el artículo 6 que el vehículo que tenga el tubo de escape deteriorado, que impida ser sometido a los controles de emisiones realizados por la autoridad competente en la vía pública, implica el incumplimiento de los Límites Máximos Permisibles LMP

aplicables para vehículos en circulación, debiéndose proceder a aplicar a su conductor la sanción correspondiente (MINAM, 2017).

**Tabla 1**

*Comercialización y uso de Combustibles líquidos con contenido de azufre no mayor de 50 ppm*

<b>Combustible</b>	<b>Fecha de Vigencia</b>	<b>Alcance</b>
Diesel B5 con un contenido de azufre no mayor de 50 ppm	01 de julio de 2021	A nivel nacional, con excepción de los departamentos de Loreto y Ucayali
Gasolinas y Gasoholes con un contenido de azufre no mayor de 50 ppm	01 de julio de 2022	A nivel nacional con excepción de las Gasolinas y Gasoholes de bajo octanaje comercializados y utilizados en los departamentos de Loreto y Ucayali.

Fuente: Ministerio de energía y minas 2021.

#### 2.2.2.8.3. Reglamento nacional de inspecciones técnicas vehiculares

El Decreto Supremo N° 025 – 2008 - MTC se crea el Sistema Nacional de Revisiones Técnicas Vehiculares encargado de certificar el funcionamiento y mantenimiento de los vehículos así mismo el cumplimiento de las condiciones y requisitos técnicos establecidos en la normativa nacional (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

El presente reglamento tiene como objeto regular lo dispuesto en la Ley N° 29237, Ley que Crea el Sistema Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares, cuya finalidad constituye certificar el buen funcionamiento y mantenimiento de los vehículos que circulan por las vías públicas terrestres a nivel nacional así como, verificar que éstos cumplan las condiciones y requisitos técnicos establecidos en la normativa nacional, con el propósito de garantizar la seguridad del

transporte y el tránsito terrestre y las condiciones ambientales saludables (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

### **2.2.3. Bioindicadores**

#### *2.2.3.1. Definición*

Los bioindicadores son utilizados como instrumentos de medición pues brindan información de la calidad del ambiente y sobre todo de las condiciones actuales de un organismo o ecosistema (Environment Agency, 2008).

Pueden ser definidos como organismos o comunidades de organismos que responden a un estímulo cambiando sus funciones vitales o acumulando toxinas. (Arndt & Schweizer, 1991). Estos estímulos pueden indicar la presencia de un contaminante en el ambiente y provocar diferentes reacciones en los organismos, lo cual indica su utilidad como indicadores para determinar la presencia de contaminantes en el ambiente (García, Sarmiento, Rodríguez, & Porras, 2017).

Los bioindicadores se clasifican como indicadores de respuesta o indicadores de acumulación; los organismos utilizados para tal fin pueden ser organismos indicadores, de prueba o de monitoreo. Los organismos indicadores brindan información acerca de las condiciones del ecosistema, factores como humedad, pH o presencia de compuestos específicos. Los organismos de prueba son utilizados principalmente en el uso de pruebas de laboratorio en el área de toxicología; muchas de estas pruebas se realizan con el fin de evaluar el nivel de riesgo al que se encuentra expuesta una persona (García, Sarmiento, Rodríguez, & Porras, 2017).

Los organismos de monitoreo, incluyen a todos los organismos empleados en seguimientos cuantitativos y cualitativos de los niveles de contaminantes de un ecosistema y sus posibles repercusiones sobre el mismo (Arndt & Schweizer, 1991).

Los indicadores pueden ser activos, cuando una especie u organismo es introducido en algún medio con el fin de realizar mediciones, o pasivos cuando los organismos ya se encuentran presentes en el ecosistema y son examinados con el fin de analizar su reacción (Environment Agency, 2008).

#### *2.2.3.2. Importancia de los bioindicadores*

Son organismos o parte de un organismo o una comunidad de organismos que nos permiten observar el impacto de factores externos sobre los ecosistemas y su desarrollo durante un largo período, o de diferenciar entre una ubicación por ejemplo, un sitio no contaminado y otro sitio contaminado (Garrau, 2015).

Un bioindicador contiene información sobre la calidad (cualidad) del medio ambiente o de una parte del medio ambiente. Un biomonitor, por otro lado, contiene información sobre los aspectos cuantitativos de la calidad del medio ambiente. Por lo que un biomonitor es siempre un bioindicador, pero un bioindicador, no necesariamente cumple con los requisitos para ser un biomonitor (Garrau, 2015).

En un programa de biomonitoreo, se pueden distinguir dos técnicas en base al origen del organismo (o comunidad) vegetal. Estos corresponden a los métodos.

##### A. Métodos pasivos:

Utilizan y observan material biológico tomado del mismo sitio de crecimiento o área de interés.

##### B. Método activo:

Utilizan plantas definidas cultivadas y expuestas de manera estandarizada. Dadas las diferencias en el suelo, el agua y otras condiciones, por ejemplo, las climáticas, que pueden influir en

los efectos y disminuir la comparabilidad de los resultados de diferentes lados (Garrau, 2015).

#### *2.2.3.3. Ventajas de la aplicación de los bioindicadores*

Los bioindicadores son organismos muy sensibles a los cambios ambientales en su entorno, como pueden ser las variaciones en los niveles de contaminación atmosférica, y los líquenes son el mejor ejemplo de ello (Gómez, 2017).

A diferencia de las plantas, los líquenes no tienen estructuras activas para regular la entrada y salida del agua y los gases del aire son poiquilohidros, por lo que las sustancias que hay en la atmósfera, entre ellas las contaminantes, se acumulan fácilmente en su interior (Gómez, 2017).

El uso de bioindicadores se complementa para mejorar la estima de los niveles de contaminación. El uso de líquenes como bioindicadores no puede llegar a la exactitud de las medidas fisico-químicas de las estaciones de control, que dan unos resultados cuantitativos muy exactos, pero su uso supone una serie de ventajas sobre el despliegue de una red de estas estaciones. Las estaciones miden unos pocos parámetros fisicoquímicos, mientras que los líquenes ofrecen una información integrada del estado del aire, ya que están expuestos a todos sus contaminantes. El coste del análisis de estos bioindicadores en cada localidad es muchísimo menor que el coste de instalación y mantenimiento de una red de estaciones de control (Gómez, 2017).

#### *2.2.3.4. Liquen*

El termino liquen proviene del griego leichen que significa musgo de árbol, uno de los rasgos distintivos e interesantes de los líquenes es que son organismo formados de la asociación simbiótica de un hongo con un organismo fotobiontico esto quiere decir un organismo capaz de hacer fotosíntesis, ya sea un alga, una cianobacteria o ambas. El hongo

liquenizado se comporta como un solo organismo en que cada una de las partes depende de otra dando un organismo sorprendente por su naturaleza dual (Coutiño & Montañez, 2000).

En la actualidad se ha identificado más de diecisiete mil especies de líquenes que muestran una distribución cosmopolita y se les encuentra en regiones desérticas, en los trópicos, bosques zonas polares incluso en el mar, además de la asombrosa adaptación a los distintos climas y habitats que pueden crecer sobre casi cualquier sustrato, así hay líquenes cortículas que se desarrollan sobre las cortezas de los árboles de modo que se les considera epifitas, y otras que se desarrollan sobre troncos caídos; los saxícolas o rupícolas se encuentran sobre rocas; los terrícolas, cuyo sustrato es el suelo y los zoobióticos que crece sobre tejido muerto de animales como las conchas de las tortugas o en el exoesqueletos de los insectos (Coutiño & Montañez, 2000).

#### 2.2.3.4.1. Componentes de la simbiosis

Los líquenes son organismos formados por la simbiosis de un hongo filamentoso y un alga microscópica (clorofita o cianobacteria). En esta asociación el hongo recibe el nombre de micobionte, y el componente fotosintético de fotobionte. En cuanto al hongo se encarga de proteger al alga de las radiaciones directas del sol, le proporciona agua y sales minerales. El alga a su vez realiza fotosíntesis y suministra al micobionte alimento y vitaminas. Los hongos carecen de pigmentos fotosintéticos, por lo que son incapaces de sintetizar hidratos de carbono a partir del CO<sub>2</sub> atmosférico; sin embargo, los líquenes aprovechan la capacidad del fotobionte de sintetizar hidratos de carbono para su desarrollo y la producción de metabolitos secundarios conocidos como sustancias liquénicas o metabolitos liquénicos (Coutiño & Montañez, 2000).

#### 2.2.3.4.2. Estructura

Según su estructura los líquenes tienen dos tipos de talos o cuerpos vegetativos en el medio aéreo:

A. Los talos heterómeros: Son los más comunes, estos están estratificados internamente. Constan de varias capas (córtez superior, capa fotobionte, médula, córtez inferior) constituidas por diferentes tipos de falsos tejidos en los que las hifas están tan aglutinadas que no se pueden individualizar. El fotobionte queda totalmente protegido por el córtez, cuyo grosor está relacionado con las adaptaciones al ambiente; por ejemplo, en lugares de alta insolación, el córtez será más grueso por debajo del córtez predomina el fotobionte, es en esta capa donde se establece el contacto físico con el hongo. Esta capa puede ser continua o estar interrumpida por la médula (Amo de Paz & Brugaz, 2009).

La médula ocupa la mayor parte del talo, está constituida por células alargadas entremezcladas de aspecto algodonoso y con espacios que permiten la aireación. Estas dos últimas capas, son las zonas en las que más sustancias líquénicas se acumulan (Amo de Paz & Brugaz, 2009).

B. Talos Homómeros: El fotobionte (una cianobacteria) y el hongo están distribuidos uniformemente. Se da en líquenes gelatinosos como *Leptogium* o *Collema*. Esta estructura permite absorber gran cantidad de agua rápidamente (Vaillant, 2014).

C. Talos Semihomómeros: Es una mezcla homogénea, pero el talo líquénico está limitado por dos córtex. En el inferior aparecen ricinas que le ayudan a adherirse al sustrato (Vaillant, 2014).

#### 2.2.3.4.3. Tipos

Se distinguen 7 tipos de líquenes si nos fijamos en su forma de adherirse al sustrato y su morfología (Acosta, 2021).

- A. Foliáceos: Son los que se desarrollan sobre la superficie del sustrato, extendiéndose por ella y fijándose gracias a sus ricinas o en un solo punto. Algunos ejemplos son Xanthoria, Physcia o Umbilicaria (Acosta, 2021).
- B. Fruticulosos: Estos líquenes tienden a adoptar la forma de arbustos de reducido tamaño, y se fijan al sustrato en un punto o superficie de unión reducida. Son líquenes fruticulosos Usnea, Alectoria y Ramalina (Acosta, 2021).
- C. Escamosos: Su borde no está pegado al sustrato, y adoptan la forma de un tapiz de escamas muy próximas las unas a las otras. Un ejemplo de esto es el Psora (Acosta, 2021).
- D. Filamentosos: Algunos de estos se parecen mucho a los fruticulosos. Forman una red de hilos o filamentos, de grosor muy fino y habitualmente enmarañado el Cystocoleus es uno de ellos (Acosta, 2021).
- E. Gelatinosos: Cuando cuentan con la suficiente humedad, su textura se vuelve carnosa y flexible, blanda. Además, en este estado de abundancia de agua pueden hacerse traslúcidos (Acosta, 2021).
- F. Crustáceos: Son los más numerosos de los líquenes conocidos. Como su nombre indica, se adhieren con gran fuerza al sustrato en que se desarrollan, que es habitualmente en las rocas, aunque a veces también lo hacen en madera muerta, hojas o troncos, así como en tierra o humus (Acosta, 2021).

G. Compuestos: Cuentan con dos talos, uno principal que casi siempre es escamoso o crustáceo y otro secundario, que es fruticuloso (Acosta, 2021).

#### 2.2.3.4.4. Reproducción

Los líquenes, como muchos otros organismos, se pueden reproducir tanto sexualmente como asexualmente. En la reproducción asexual se obtiene un organismo genéticamente idéntico al progenitor, es decir, una “copia” del organismo. En cambio, en la reproducción sexual, la cual hace solo el micobionte se da una recombinación del material genético, es decir, una mezcla de genes, ya sean de diferentes células del propio hongo o de células de individuos diferentes (Izquierdo, 2015).

Los líquenes se reproducen sexualmente de una manera parecida a como lo hacen los hongos Ascomicetos típicamente cuando se encuentran solos, es decir, no liquenizados. Este proceso puede llegar a ser bastante complejo. Aunque en Ascomicetos parece que se conoce relativamente bien, en líquenes se especula un ciclo parecido, aunque no hay la certeza de que sea completamente igual al ciclo de los Ascomicetos típicos (Purvis, 2000).

La reproducción asexual es más simple, ya que simplemente un trozo del líquen se desprende y forma un ejemplar nuevo por su cuenta. Sin embargo, no se trata de cualquier trozo, sino que se hace a través de dos estructuras especializadas: los isidios, que son estructuras con forma de digitación que sobresalen del talo y los soredios, que son paquetes de hifas y algas sin organizar que se expulsan al exterior (Izquierdo, 2015).

#### 2.2.3.4.5. Adaptabilidad

En cierto modo, son los pioneros del mundo vegetal, ya que, al colonizar lugares inhóspitos como es la roca virgen, preparan el camino

para otras plantas. Su desarrollo contribuye a que la roca se disgregue y forme bolsas de tierra, medio en el que pueden crecer las esporas y las semillas de otras plantas (Vaillant, 2014).

#### 2.2.3.4.6. Especies

A. *Xanthoria parietina*: Es un liquen que en condiciones de fuerte insolación y poca humedad ambiental tiene un bonito color dorado, como si estuviera formado por trocitos de pan de oro pegados entre sí, tiene forma de roseta más o menos redondeada de no más 10 cm de diámetro.

Lo encontramos sobre las cortezas de árboles, arbustos, huesos, rocas, muros y tejados; en ambientes rurales o agrícolas (Área de sostenibilidad medioambiental, 2014).

B. *Evernia prunastri*: También conocido como musgo arbóreo, crece principalmente en el tronco y las ramas del roble pero también se encuentra con frecuencia en la corteza de otros árboles de hoja caduca y coníferas como el pino (Área de sostenibilidad medioambiental, 2014).

C. *Parmelia carperata* (L.) Hale: También conocido como flavoparmelia caperata. Este liquen aparece sobre diversos forofitos principalmente planifolios, robles, fresnos, tilos, etc. En ambientes secos tiende a aparecer en la base de troncos sobre musgos, mientras que en ambientes húmedos suele aparecer en las ramas altas de los arboles (Perez S. , 2012).

D. Talo foliáceo de color amarillento o verde amarillento, fuertemente adherido al sustrato, formado grandes rosetas de hasta 2 cm de diámetro, también está formada por grandes lóbulos de hasta 1 cm de ancho, redondeado, solapados unos sobre otros en el centro del talo, liso y algo brillante en los

márgenes y recorridos por vistosas arrugas hacia el centro. Las partes más viejas del talo tienden a cubrirse de soralias naculiformes granulados muy vistosos, la cara inferior es de color negro, con rizinas excepto en los márgenes (Perez S. , 2012).

#### 2.2.3.4.7. Efectos de la contaminación a los líquenes

Los contaminantes tóxicos presentes en la atmósfera provocan diversos efectos sobre los organismos liquénicos, principalmente cambios morfológicos y fisiológicos, dentro del primer grupo se encuentra la decoloración de los talos, esto hace que la adaptación del liquen empobrezca y su proceso fotosintético disminuya (Sujetoviené & Galinyté, 2016).

De igual modo se produce la reducción del tamaño del talo liquénico, otros talos se vuelven estériles y en algunos casos aumentan su grosor (Ahmadjian & Hale, 1973). Éstas alteraciones son indicios que las especies liquénicas están expuestas a un gran nivel de contaminación en un área específica (Figuroa & Méndez, 2015).

#### 2.2.3.5. *Liquen como bioindicador de la contaminación ambiental*

Los líquenes son extremadamente sensibles a la contaminación atmosférica, ya que al no tener raíces depende de la fuente de nutrientes aérea. Tampoco tienen cutícula, lo que les deja totalmente expuestos a los contaminantes atmosféricos, a medida que absorben nutrientes, absorben también los contaminantes que se acumulan en los tejidos. La morfología de los líquenes no cambia con el paso de las estaciones, lo cual significa que los líquenes acumulan estas sustancias durante todo el año (Environment Agency, 2008).

Al no tener aparato excretor ni de mecanismos de defensa, ni al poder controlar su contenido en agua, son capaces de concentrar y acumular distintos compuestos, entre ellos contaminantes atmosféricos lo que

advierten de ambientes no saludables ya que la abundancia y diversidad de los líquenes disminuye a medida que aumenta el desarrollo urbano y la actividad industrial. Las poblaciones de líquenes no desaparecen por completo, estas diferentes especies tienen distinta tolerancia a los contaminantes; hay algunas que son capaces de sobrevivir a contaminaciones muy severas (Figuroa & Méndez, 2015).

#### *2.2.3.6. Líquen como bioindicador de la contaminación del aire*

La capacidad de absorber y acumular diversas sustancias presentes en el ambiente ocasiona que la mayoría de los líquenes no toleren la contaminación. La acumulación de estas sustancias y su imposibilidad de excretarlas, retardan su crecimiento, dificultan su reproducción y pueden provocarles su muerte. De esta forma los líquenes se consideran indicadores naturales o bioindicadores de la contaminación atmosférica (Santoni & Lijteroff, 2006).

#### *2.2.3.7. Metodología de monitoreo de la calidad ambiental*

La Metodología de índice de la pureza atmosférica es uno de los métodos más utilizados en trabajos de biomonitorización se basa en las variaciones que la contaminación atmosférica induce en las comunidades líquénicas. Se trata del Índice de Pureza Atmosférica (IPA), calculado a partir del número de especies presentes y la frecuencia de cada una de ellas en las diferentes localidades de estudio (Fernández & Terrón, 2003).

Le Blanc y De Sloover (1970) Diseñaron el método del índice de pureza atmosférica IPA, que ha sido seguido por la mayoría de los investigadores que han abordado el tema desde una óptica ecológica. El IPA considera la comunidad de líquenes al igual que la presencia y distribución de sus especies en una región que presente zonas específicas de contaminación cuantificando los datos (Rubiano & Chaparro, Delimitación de Áreas de IsoContaminación Atmosférica en el Campus de la Universidad Nacional de Colombia mediante Análisis de Bioindicadores, 2016).

## 2.3. Definición de Términos

**Bioindicador.** Es cuando un organismo presenta alguna reacción que puede ser identificada frente a diferentes grados de alteración del medio, por ejemplo, frente a la contaminación del aire

**Líquenes.** Son asociaciones simbióticas entre un alga (fotobionte) y un hongo (micobionte) de cuya interacción se origina un talo estable, con estructura y fisiología específicas.

**Índice de Shannon Wiener.** El índice de diversidad de Shannon y Wiener es uno de los índices más resaltantes que se usa con el fin de simplificar la biodiversidad específica, ya que es la forma más completa y sencilla de cuantificar el número total de especies presentes en los sitios de muestreo

**Índice de Pureza Atmosférica.** ha venido siendo utilizado ampliamente para determinar la calidad atmosférica empleando a los organismos liquénicos como bioindicadores

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

La calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- La calidad del aire determinado mediante los índices de diversidad específica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena.
- La calidad del aire determinado mediante el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena.

## **2.5. Identificación de variables**

Variable 1: Indicadores biológicos

Variable 2: Contaminación del aire

## 2.6. Definición operativa de variables e indicadores

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>
Indicadores biológicos	Se identifican los líquenes y se realiza el cálculo de la diversidad e IPA.	Diversidad específica	Simpson Shannon Margalef	Cuantitativa
		Índice de Pureza atmosférica	Sumatoria de la frecuencia de líquenes	Cuantitativa
Calidad de aire	Se encuentra determinado por la medición de 3 contaminantes.	Dióxido de nitrógeno	Ug/m3	Cuantitativa
		Dióxido de azufre	Ug/m3	Cuantitativa
		Monóxido de carbono	Ug/m3	Cuantitativa

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ámbito temporal y espacial**

El ámbito temporal se encuentra determinado por el tiempo de desarrollo del proyecto hasta la sustentación de la tesis con el estimado de 8 meses.

El ámbito espacial está conformado por el distrito de Yauli de la provincia y departamento de Huancavelica.

#### **3.2. Tipo de investigación**

Investigación aplicada, cuando la investigación se orienta a conseguir un nuevo conocimiento destinado que permita soluciones de problemas prácticos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017).

#### **3.3. Nivel de investigación**

Relacional, los factores asociados a los factores de riesgo, en la cual se analiza el grado de relación entre variables (Vocación estadística, 2017).

#### **3.4. Método de investigación**

##### **3.4.1. Método general**

Método científico, es el conjunto de etapas y reglas que señalan el procedimiento para llevar a cabo una investigación cuyos resultados sean aceptados como válidos para la comunidad científica (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017).

### **3.4.2. Método específico**

Hipotético deductivo, es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017).

### **3.5. Diseño de investigación**

explicativo, se utiliza para explorar la causa y efecto de una variable que en este caso es el análisis de líquenes con la calidad del aire (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017).

### **3.6. Población, muestra y muestreo**

#### **3.6.1. Población**

Parques de la zona urbana de Yauli, ya que aquí se puede encontrar árboles, jardines y prados la cual se puede acudir para la recreación o el descanso.

#### **3.6.2. Muestra**

La muestra se encontrará conformada por 5 zonas de muestreo de la zona urbana de Yauli.

#### **3.6.3. Muestreo**

Muestreo no probabilístico, técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017).

### **3.7. Técnicas e instrumentos para recolección de datos**

#### **3.7.1. Técnicas**

La observación

Fichaje

### **3.7.2. Instrumentos**

Fichas de recolección de datos

Rejilla

Lupas

Informe de monitoreo

Natusfera software

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento de datos se realizó mediante la identificación de muestras en los diferentes puntos de muestreo en las zonas de estudio ya elegidas, y con la ayuda de una lupa y una rejilla 0,50 m x 0,10 m para su mejor visualización se tomaron las fotos correspondientes de cada muestra encontrada y se procedió subir las fotografías a la aplicación Natusfera para poder identificar la especie a cuál corresponde.

El análisis descriptivo según Valderrama (2002), se realiza con el objetivo de organizar, sintetizar, observar y presentar las características de la investigación más relevantes, pero para ello se deben definir el diseño del experimento de la investigación y la calidad de datos que se obtuvieron en la recolección de la información. Por lo general en este análisis descriptivo se presentan los resultados en tablas o gráfico de frecuencia a fin de darle un mejor entendimiento a los resultados.

En la investigación, a partir de los datos obtenidos del instrumento se realizará un análisis descriptivo el cual consta de realizar tablas y figuras en un programa estadístico, mediante ello se tendrá un conjunto de resultados los cuales se interpretarán de acuerdo a las preguntas referidas en el cuestionario aplicado.

Respecto al análisis inferencial Valderrama (2002), menciona que la prueba de hipótesis generalmente está definida por el comportamiento de las variables, se analiza la normalidad que presentan los datos para que se pueda aplicar el estadístico a fin de contrastar la hipótesis que se plantea en la investigación.

En la investigación se tendrá un análisis inferencial el cual consta de dos procesos, lo primero que se realizara es la prueba de normalidad para las variables y dimensiones indicadas, a partir de ello se procederá a realizar el análisis de correlación que poseen ambas variables conjuntamente con las dimensiones, y el estudio con la prueba T de Student

## **CAPÍTULO IV**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis de la información**

Se realizó el análisis a nivel de campo y laboratorio de las muestras de agua de los 7 puntos de muestreo identificados en el río disparate desde Sacsamarca a Huancavelica de donde se obtuvo la siguiente información plasmada en las tablas y figuras que se muestran a continuación.

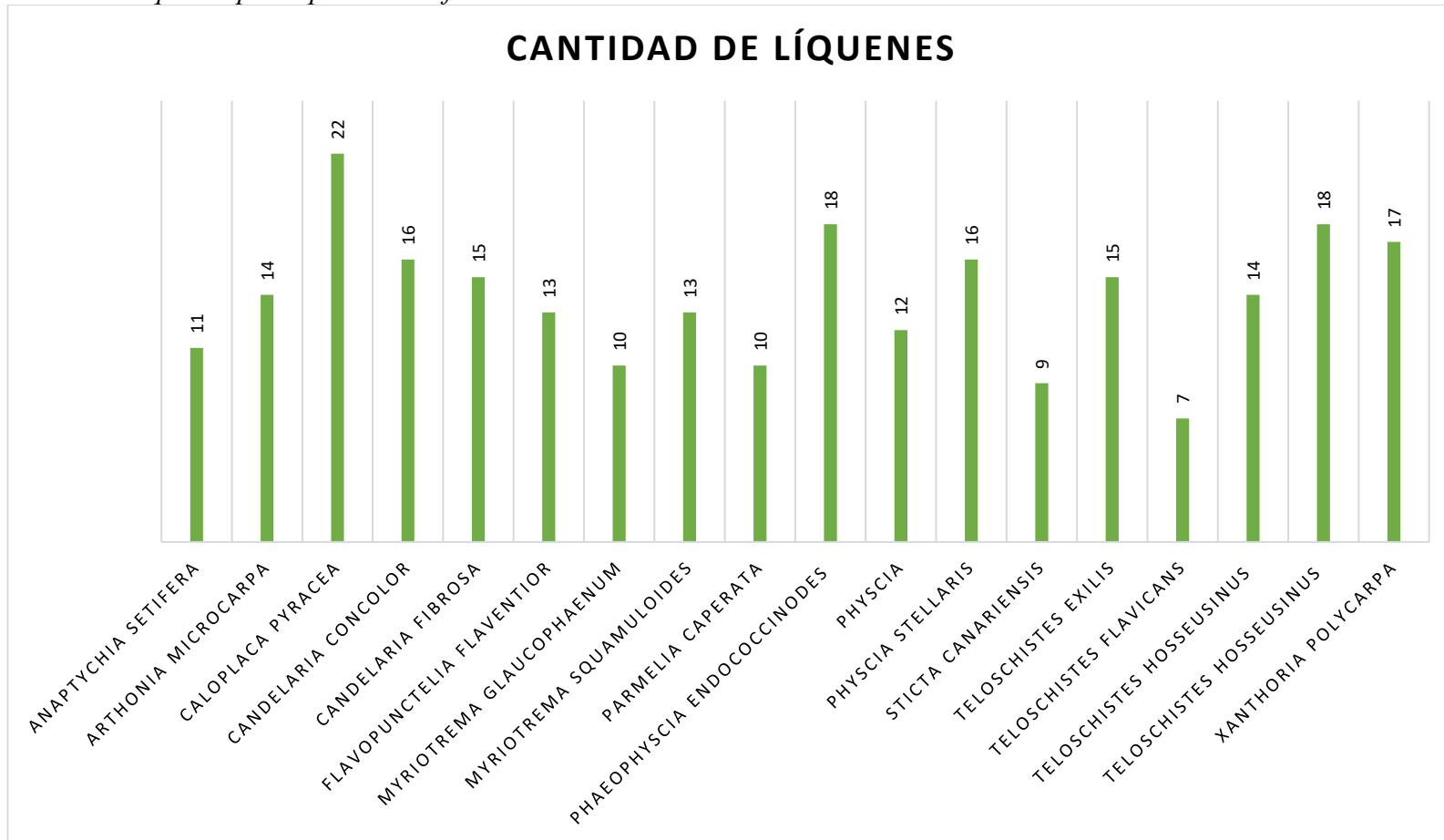
##### **4.1.1. Resultados de indicadores biológicos**

Para identificar los indicadores biológicos en la zona de estudio primero se realizó el conteo de especies de líquenes indicadores de calidad de aire tal como se muestra a continuación:

**Tabla 3***Conteo de especies*

Especie	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total
<i>Anaptychia setifera</i>	1	2	3	5	0	11
<i>Arthonia microcarpa</i>	2	1	5	1	5	14
<i>Caloplaca pyracea</i>	4	9	5	2	2	22
<i>Candelaria concolor</i>	2	1	3	6	4	16
<i>Candelaria fibrosa</i>	3	3	1	2	6	15
<i>Flavopunctelia flaventior</i>	5	2	1	2	3	13
<i>Myriotrema glaucophaenum</i>	1	2	2	4	1	10
<i>Myriotrema squamuloides</i>	1	1	4	3	4	13
<i>Parmelia caperata</i>	0	1	6	1	2	10
<i>Phaeophyscia endococcinodes</i>	3	5	2	6	2	18
<i>Physcia</i>	2	2	1	5	2	12
<i>Physcia stellaris</i>	6	2	3	2	3	16
<i>Sticta canariensis</i>	0	4	2	1	2	9
<i>Teloschistes exilis</i>	4	1	2	1	7	15
<i>Teloschistes flavicans</i>	3	3	0	1	0	7
<i>Teloschistes hosseusinus</i>	5	5	1	0	3	14
<i>Teloschistes hosseusinus</i>	4	2	8	4	0	18
<i>Xanthoria polycarpa</i>	5	1	5	2	4	17

**Figura 6**  
*Conteo de líquenes por especie identificados*



Análisis:

Como se puede apreciar en la tabla y figura se contó con un total de 250 especies de líquenes indicadores de los cuales tuvo una mayor presencia la especie *Caloplaca pyracea* con un total de 22 unidades, así mismo la especie *Phaeophyscia endococcinodes* con un total de 18 unidades, en menor proporción se encontró a la especie *Teloschistes hosseusinus* con una cantidad de 7 unidades y la especie *Sticta canariensis* con un total de 9 unidades, así mismo la especie indicadoras de una calidad buena de aire como la *Candelaria fibrosa* obtuvo un valor de 16 así como la especie *Physcia Stellaris* con un valor de 16.

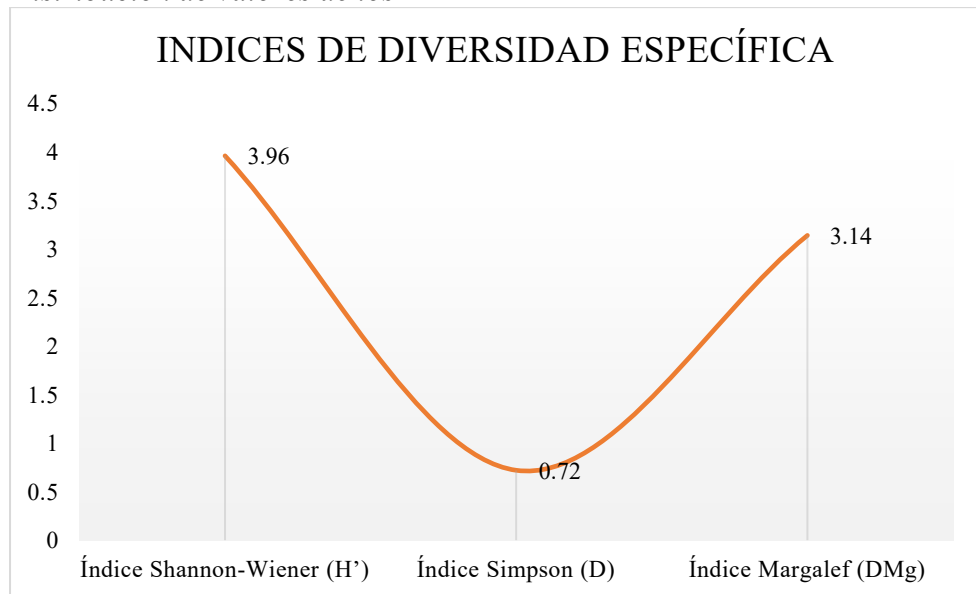
#### 4.1.2. Resultados del índice de diversidad específica

A partir del conteo de las especies de líquenes se realizó el análisis de la diversidad específica de acuerdo a los siguientes indicadores obteniendo los resultados mostrados:

**Tabla 4**  
*Índices de diversidad específica*

Índice	Valor
Índice Shannon-Wiener ( $H'$ )	3.96
Índice Simpson (D)	0.72
Índice Margalef ( $D_{Mg}$ )	3.14

**Figura 7**  
*Distribución de valores de los IDE*



**Análisis:**

Como se puede apreciar en la tabla y figura mostrados se puede apreciar los valores obtenidos de los índices de diversidad específica en la zona de estudio donde hubo un promedio en el índice de Shannon-Wiener (H') de 3.96 lo que conlleva a indicar que la zona cuenta con una alta diversidad de especies de líquenes, así mismo el índice Simpson (D) que nos arroja un valor de 0.72 nos indica que hay una alta diversidad de especies distribuidas de forma similar en cada una de las zonas de estudio, finalmente el índice de Margalef (DMg) nos muestra un valor de 3.14 lo cual nos conlleva a señalar que existe una alta riqueza de especies de líquenes.

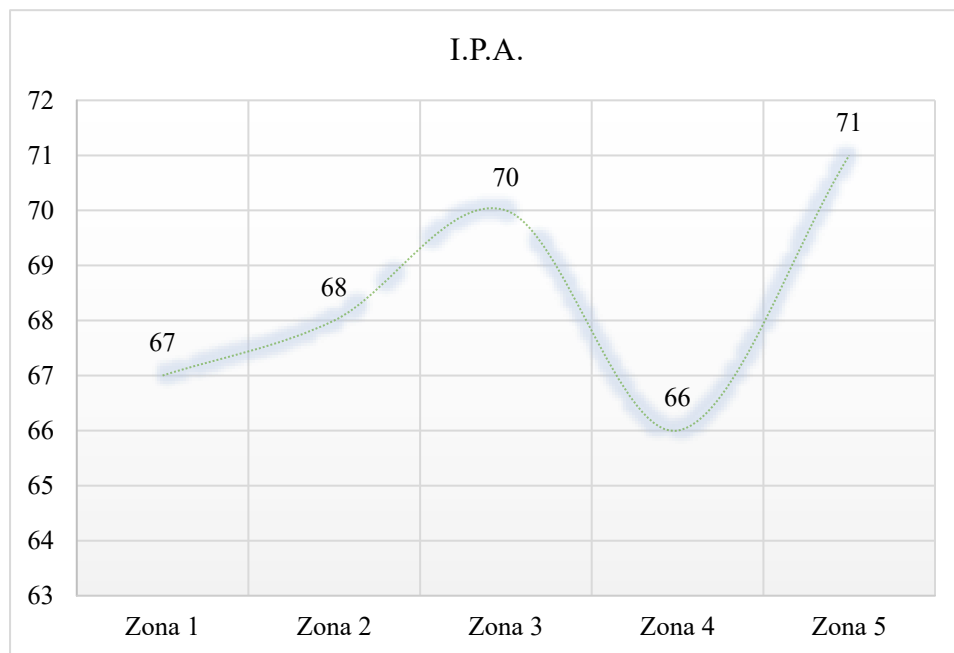
#### **4.1.3. Resultados del Índice de Pureza Atmosférica (IPA)**

Para identificar el Índice de Pureza Atmosférica se realizó la agrupación del total de especies de líquenes lo cual nos ayuda a determinar calidad de aire tal como se muestra a continuación:

**Tabla 5**  
*Resultados del IPA*

Zona de estudio	IPA
Zona 1	67
Zona 2	68
Zona 3	70
Zona 4	66
Zona 5	71
Promedio	68

**Figura 8**  
*Distribución del IPA*



Análisis:

Como se aprecia en la tabla y figura de los valores obtenidos para el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) en donde se evidencian valores mínimos de 66 y valores máximos de 71 los cuales se encuentran en el rango de 66 a 72 lo que conlleva a indicar que existe una calidad de aire alta.

#### 4.1.4. Resultados de la calidad del aire

Para el análisis de la calidad del aire se realizó el estudio de 4 contaminantes que se compararon con los ECA's para aire tal como se muestran en las siguientes tablas y figuras:

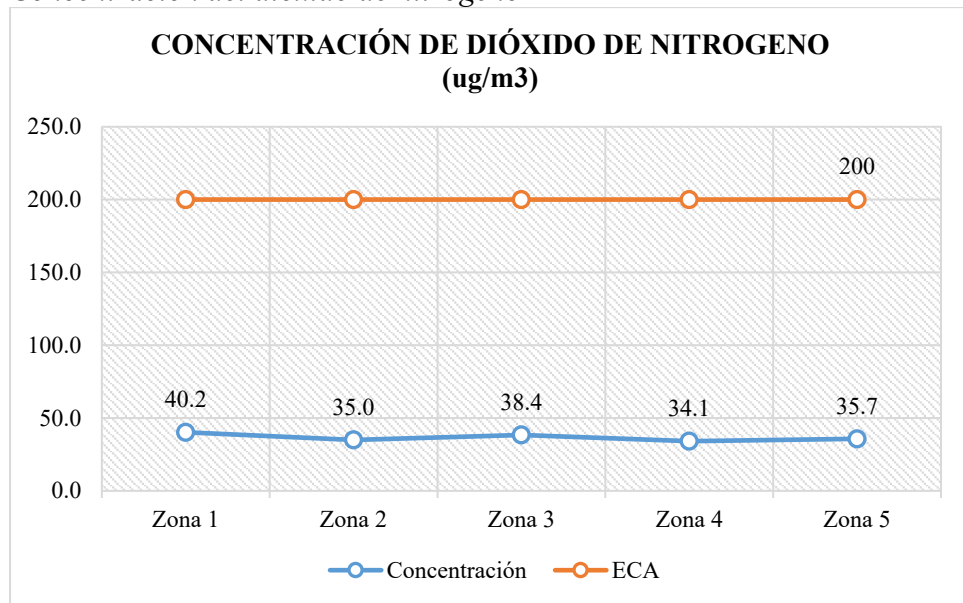
**Tabla 6**  
*Resultados de la calidad del aire*

Zona de estudio	Dióxido de Nitrógeno	Dióxido de Azufre	Monóxido de Carbono
Zona 1	40.2	9.54	350
Zona 2	35.0	7.82	410
Zona 3	38.4	8.11	390
Zona 4	34.1	8.56	360
Zona 5	35.7	9.12	340
Promedio	36.7	8.63	370

Análisis:

Se puede apreciar en la tabla que los valores obtenidos para el dióxido de nitrógeno tienen un promedio de 36.7 ug/m<sup>3</sup>, así mismo el dióxido de azufre obtuvo un promedio de 8.63 ug/m<sup>3</sup> y finalmente el monóxido de carbono tuvo un valor promedio de 370 ug/m<sup>3</sup>.

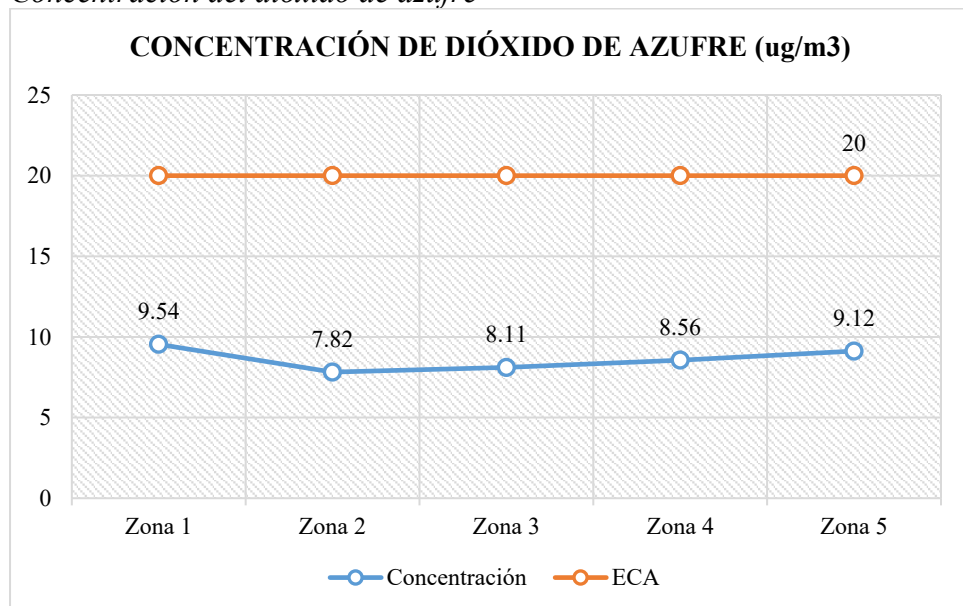
**Figura 9**  
*Concentración del dióxido de nitrógeno*



Análisis:

En la figura se evidencia para el estudio de la concentración de nitrógeno un valor mínimo de 35.0 ug/m<sup>3</sup> y un valor máximo de 40.2 ug/m<sup>3</sup>, que en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para aire no superan el valor de 200 ug/m<sup>3</sup>.

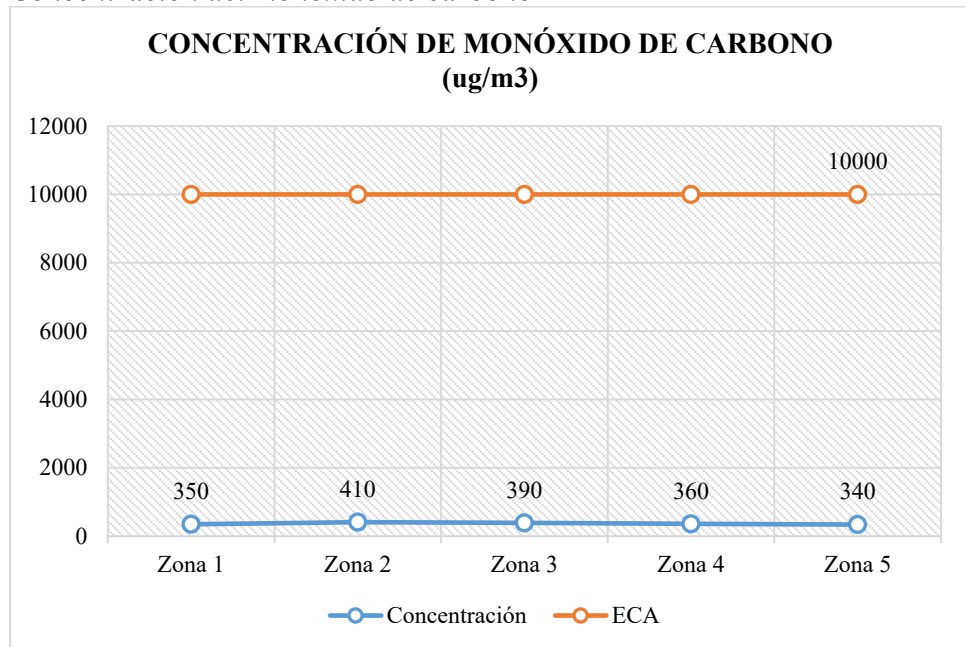
**Figura 10**  
*Concentración del dióxido de azufre*



Análisis:

En la figura se evidencia para el estudio de la concentración de azufre un valor mínimo de 7.82 ug/m<sup>3</sup> y un valor máximo de 9.54 ug/m<sup>3</sup>, que en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para aire no superan el valor de 20 ug/m<sup>3</sup>.

**Figura 11**  
*Concentración del monóxido de carbono*



Análisis:

En la figura se evidencia para el estudio de la concentración de nitrógeno un valor mínimo de 340 ug/m<sup>3</sup> y un valor máximo de 410 ug/m<sup>3</sup>, que en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para aire no superan el valor de 1000 ug/m<sup>3</sup>.

## 4.2. Prueba de hipótesis

### 4.2.1. Proceso de prueba de normalidad

La variable, así como las dimensiones de estudio atravesaron por la prueba de normalidad que se midió por medio del estadístico Shapiro-Wilk, para ello, se planteó la siguiente premisa estadística:

Ho: La distribución de datos es normal ( $p > 0.05$ )

Ha: La distribución de datos no es normal ( $p < 0.05$ )

**Tabla 7**

*Prueba de normalidad de las variables y dimensiones de estudio*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Indicadores biológicos	,911	5	,098
Diversidad específica	,902	5	,059
Índice de Pureza Atmosférica	,945	5	,081

Nota: Datos compilados del programa SPSS v.25

Interpretación:

De la tabla se evidencia que los valores en la significancia tanto para las variables como dimensiones son mayores a 0.05 lo que nos conlleva a indicar que la distribución de datos es normal, identificando así la aplicación de la prueba paramétrica T de Student.

### 4.2.2. Prueba de hipótesis general

#### A. Planteamiento de hipótesis

Ho: “La calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica, es mala”.

Ha: “La calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena”.

## B. Prueba paramétrica

Considerando la premisa se procedió a efectuar la prueba de hipótesis mediante la prueba T de Student, obteniendo los siguientes datos:

**Tabla 8**

*Prueba estadística no paramétrica para la hipótesis general*

N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para $\mu$	Valor T	Valor p
7	16.32	2.29	4.59	82.14	-2.98	0.000

Nota: Procesado mediante el programa SPSS v. 25

## C. Decisión estadística

En función a lo obtenido se indica que se acepta la hipótesis alterna planteada con la premisa de “La calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena”, corroborado con una significancia menor al 0.05 y un valor T de -2.98.

### 4.2.3. Prueba de hipótesis específica 1

#### A. Planteamiento de hipótesis

Ho: “La calidad del aire determinado mediante los índices de diversidad específica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es mala”.

Ha: “La calidad del aire determinado mediante los índices de diversidad específica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena”.

#### B. Prueba paramétrica

Considerando la premisa se procedió a efectuar la prueba de hipótesis mediante la prueba T de Student, obteniendo los siguientes datos:

**Tabla 9***Prueba estadística no paramétrica para la hipótesis específica 1*

N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para $\mu$	Valor T	Valor p
5	3.02	1.95	8.14	79.54	-2.88	0.001

Nota: Procesado mediante el programa SPSS v. 25

**C. Decisión estadística**

En función a lo obtenido se indica que se acepta la hipótesis alterna planteada con la premisa de “La calidad del aire determinado mediante los índices de diversidad específica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena”, corroborado con una significancia menor al 0.05 y un valor T de -2.88.

**4.2.4. Prueba de hipótesis específica 2****A. Planteamiento de hipótesis**

Ho: “La calidad del aire determinado mediante el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es mala”.

Ha: “La calidad del aire determinado mediante el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena”.

**B. Prueba paramétrica**

Considerando la premisa se procedió a efectuar la prueba de hipótesis mediante la prueba T de Student, obteniendo los siguientes datos:

**Tabla 10***Prueba estadística no paramétrica para la hipótesis específica 2*

N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para $\mu$	Valor T	Valor p
5	67.98	24.11	12.98	89.10	-3.09	0.000

Nota: Procesado mediante el programa SPSS v. 25

### C. Decisión estadística

En función a lo obtenido se indica que se acepta la hipótesis alterna planteada con la premisa de “La calidad del aire determinado mediante el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena”, corroborado con una significancia menor al 0.05 y un valor T de -3.09.

## 4.3. Discusión de resultados

La presente investigación tuvo como objetivo identificar la calidad del aire en el distrito de Yauli, Huancavelica, mediante el uso de indicadores biológicos, específicamente líquenes. Para ello, se analizaron los índices de diversidad específica y el Índice de Pureza Atmosférica (IPA). Los resultados obtenidos respaldaron la hipótesis alterna planteada, indicando que la calidad del aire en la zona de estudio era buena.

Los hallazgos de este estudio revelaron la presencia de 250 especies de líquenes indicadores en el distrito de Yauli. Se observó una mayor abundancia de *Caloplaca pyracea* (22 unidades) y *Phaeophyscia endococcinodes* (18 unidades), mientras que especies como *Teloschistes hosseusinus* (7 unidades) y *Sticta canariensis* (9 unidades) se encontraron en menor proporción. La especie *Candelaria fibrosa*, indicadora de buena calidad de aire, también estuvo presente con 16 unidades. Esta riqueza y abundancia de especies de líquenes sugieren una buena calidad del aire, lo cual es congruente con lo expuesto por Mares (2017), quien destacó que los líquenes poseen las características de buenos bioindicadores y su utilidad y fiabilidad han sido demostradas en un elevado número de trabajos científicos. En su revisión bibliográfica, Mares (2017) concluyó que la presencia y diversidad de líquenes son clave para evaluar la calidad del aire.

Similarmente, Rubiano y Chaparro (2016), en su estudio para delimitar áreas de isocontaminación atmosférica, afirmaron que los métodos ecológicos que emplean líquenes como bioindicadores de contaminación tienden a relacionar la presencia o ausencia de especies, su número, frecuencia de aparición, cobertura y los síntomas de daños con el grado de calidad del aire. La identificación de 250 especies en Yauli y la distribución observada en esta investigación se alinean con la premisa de que una mayor diversidad y abundancia de líquenes epífitos sugieren un ambiente con menor impacto de contaminantes atmosféricos.

Los índices de diversidad específica calculados en el presente estudio fortalecieron la conclusión sobre la buena calidad del aire en Yauli. El índice de Shannon-Wiener (H') arrojó un promedio de 3.96, lo que indicó una alta diversidad de especies de líquenes. Por su parte, el índice de Simpson (D), con un valor de 0.72, sugirió una alta diversidad de especies distribuidas de forma similar en las zonas de estudio. Finalmente, el índice de Margalef (DMg), con un valor de 3.14, evidenció una alta riqueza de especies de líquenes.

Estos resultados guardan estrecha relación con las metodologías y conclusiones de estudios previos. Bocanegra y otros (2022), en su investigación sobre bioindicadores en la Universidad de los Llanos, Villavicencio, utilizaron el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) para considerar la presencia y distribución de las comunidades de líquenes y briófitos, reflejando la riqueza o escasez de la vegetación epífita. La alta diversidad y riqueza de especies de líquenes encontradas en Yauli, según los índices de Shannon-Wiener y Margalef, son consistentes con ambientes menos perturbados por la contaminación, donde la vegetación epífita puede prosperar.

Asimismo, Gonzales, Luján, Navarro y Flores (2016), en su estudio en Cochabamba, comprobaron que los líquenes epífitos se ven afectados directamente por la contaminación atmosférica, lo que sugiere que una alta

diversidad líquénica es un indicio de baja contaminación. Los valores elevados de los índices de diversidad en Yauli refuerzan la idea de una calidad del aire favorable, lo cual se contrapone a las zonas con alta intensidad de tráfico vehicular y presencia de ladrilleras mencionadas por Gonzales et al. (2016) donde se observó una distribución líquénica afectada.

En cuanto al Índice de Pureza Atmosférica (IPA), los valores obtenidos en Yauli oscilaron entre 66 y 71, lo que se ubicó dentro del rango de 66 a 72, indicativo de una calidad de aire alta. Este hallazgo se trianguló de manera consistente con diversos antecedentes que emplearon el IPA como una herramienta fundamental en la evaluación de la calidad del aire.

Bocanegra y otros (2022), al igual que este estudio, aplicaron el IPA para determinar el grado de sensibilidad de los líquenes a la emanación de gases tóxicos, estableciendo una relación entre la distribución de las comunidades líquénicas y los niveles de contaminación. La alta calidad del aire inferida por el IPA en Yauli sugiere una situación opuesta a las zonas con mayor concentración de contaminantes que Bocanegra et al. (2022) identificaron.

Gonzales, Luján, Navarro y Flores (2016) también utilizaron el método del IPA en Cochabamba, encontrando que la distribución líquénica variaba según las concentraciones de contaminantes específicos. En su estudio, las zonas con mayor contaminación vehicular presentaban menor diversidad líquénica y, presumiblemente, valores de IPA más bajos. Los altos valores de IPA en Yauli sugieren una menor influencia de estos contaminantes, validando la metodología y la interpretación de los resultados en función de la presencia de líquenes.

A nivel nacional, Quispe, Ñique y Chuquilin (2018) en Tingo María, Perú, determinaron el IPA para diferentes zonas, identificando que solo una zona presentó un nivel de contaminación bajo o sin contaminación (IPA promedio de 25.1), mientras que las demás exhibieron niveles moderados

(IPA de 17.5, 18.4 y 19). La comparación de estos valores con los obtenidos en Yauli (entre 66 y 71) resalta la superior calidad del aire en el área de este estudio, posicionándola en un rango significativamente mejor en términos de pureza atmosférica.

De igual forma, Ambrosio y Bringas (2017) en Cajamarca, demostraron una clara correlación inversa entre el flujo vehicular y el IPA, donde zonas con mayor tráfico vehicular presentaban menor IPA (13.8) y aquellas con menor tráfico exhibían un IPA mayor (64.1). Los altos valores de IPA en Yauli se alinean con esta observación, sugiriendo una menor influencia de la contaminación vehicular en la calidad del aire del distrito.

Finalmente, la aceptación de las hipótesis alternas, respaldadas por una significancia menor a 0.05 y valores T negativos para cada objetivo específico, reforzó la conclusión de que la calidad del aire determinada por los indicadores biológicos, los índices de diversidad específica y el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena. Estos resultados no solo confirman la validez de los líquenes como bioindicadores, sino que también proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y políticas de conservación ambiental en la región.

## Conclusiones

- La calidad del aire en el distrito de Yauli, Huancavelica, fue determinada como buena, según el análisis de indicadores biológicos, que se basa en la identificación de un total de 250 especies de líquenes indicadores, con una notable presencia de *Caloplaca pyracea* y *Phaeophyscia endococcinodes*, además de la existencia de *Candelaria fibrosa*, una especie conocida por indicar una buena calidad del aire, así mismo con la aceptación de la hipótesis alterna general (con una significancia menor a 0.05 y un valor T de -2.98) valida esta conclusión global.
- Los índices de diversidad específica confirmaron una buena calidad del aire en el distrito de Yauli, Huancavelica, caracterizada por una alta diversidad y riqueza de especies de líquenes, ya que los valores obtenidos para el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (promedio de 3.96), el índice de Simpson ( $D$ ) (0.72) y el índice de Margalef ( $DMg$ ) (3.14) indicaron una comunidad de líquenes diversa y equitativamente distribuida, y la validación estadística de esta conclusión (significancia menor a 0.05 y un valor T de -2.88) respalda firmemente la calidad del aire basada en estos parámetros.
- El Índice de Pureza Atmosférica (IPA) corroboró una alta calidad del aire en el distrito de Yauli, Huancavelica, ya que los valores de IPA registrados, que oscilaron entre 66 y 71, se situaron dentro del rango indicativo de una calidad de aire alta, y con la aceptación de la hipótesis alterna correspondiente (significancia menor a 0.05 y un valor T de -3.09) consolida este resultado.

## Recomendaciones

- Para la Municipalidad Distrital de Yauli, implementar políticas de monitoreo y conservación proactivas, mediante un programa de monitoreo continuo y sistemático de la calidad del aire utilizando bioindicadores como los líquenes, complementado con mediciones fisicoquímicas cuando sea posible.
- A la Dirección Regional de Salud (DIRESA), tomar en cuenta la actual buena calidad del aire para educar a la población sobre la importancia de los líquenes como bioindicadores y los beneficios de un ambiente limpio, desarrollando programas educativos y talleres dirigidos a la comunidad, destacando cómo las acciones cotidianas (manejo de residuos, uso de transporte, quema de biomasa) impactan la calidad del aire.
- A las universidades y centros educativos, integrar la metodología de la bioindicación en sus currículos de ciencias ambientales y biológicas, promoviendo proyectos de investigación locales que profundicen en la ecofisiología de las especies de líquenes de Yauli y su respuesta a potenciales cambios ambientales.

## Referencias bibliográficas

- Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes. (2020). Monóxido de carbono. *Gobierno de España*.
- Acosta, B. (21 de Enero de 2021). Qué son los líquenes y sus tipos. *Ecología verde*.
- Agencia de protección del medio ambiente de EE.UU. (2016). Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs). *EPA*.
- Ahmadjian, V., & Hale, M. (1973). *The Lichens*. London.
- 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. *Repositorio de la universidad de Cajamarca*.
- Amo de Paz, G., & Brugaz, A. (2009). Líquenes epifíticos del Hayedo de Montejo de la Sierra Madrid. *Madrid : Editorial Complutense*.
- Área de sostenibilidad medioambiental. (2014). Xantoria; Evernia. *Ayuntamiento de Málaga*.
- Arndt, U., & Schweizer, B. (1991). The Use of Bioindicators for Environmental Monitoring in Tropical and Subtropical Countries. *H. Ellenberg, Biological Monitoring: Signals from the Environment*, pp. 158 - 206.
- Bardelás, A. (2017). Desarrollo y puesta a prueba de un nuevo método para utilizar líquenes como bioindicadores de contaminación. *Memoria de Licenciatura en Ecología Urbana*.
- Barreno, E. (2016). Simbiogenesis como proceso evolutivo en líquenes coexistencia e interacciones entre hongos, microalgas, bacterias. *ICBIBE*, 1.
- Bocanegra, M., Cano, Y., Herrera, A., Nieto, M., Lombo, Y., Rincón, Y., . . . Medina, M. (2022). Briofitos y líquenes como bioindicadores de

- contaminación del aire en sede Barcelona y sede San Antonio de la universidad de los Llanos Villavicencio, Meta . *Universidad de Barcelona*.
- Calidad ambiental. (2014). Principales contaminantes del aire. *Intendencia Montevideo*.
- Coperacion Suiza y programa regional aire limpio. (21 de Marzo de 2012). RPP. *Revelan que pollerías contaminan el aire*.
- Coutiño, B., & Montañez, A. (2000). Los líquenes . *Ciencias 59*.
- Environment Agency. (2008). Science report: Review and implementation study of biomonitoring for assessment of air quality outcomes. . *Bristol: Environmental Agency*.
- Facultad de medicina. (2015). La contaminación del aire y los problemas respiratorios. *SciELO*.
- Fernández, S., & Terrón, A. (203). Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de La Robla (León). *Ecocistemas, revista científica y tecnica de ecologia y medio ambiente*.
- Figuroa, V., & Méndez, A. (2015). Evaluación de la calidad del aire en 8 zonas de la ciudad de Bogotá utilizando los líquenes como bioindicadores. *Universidad de la Salle - Bogotá*.
- Futuro sostenible . (2020). Principales contaminantes del aire . *Área metropolitana valle de aburrá*.
- García, J., Sarmiento, L., Rodríguez, M., & Porras, L. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta. *UCCiencia*.
- García, J., Sarmiento, L., Rodríguez, M., & Porras, L. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *Universidad La Gran Colombia*.

- Garrau, C. (2015). Importancia de los bioindicadores. *Experimental community biosensing*.
- Gómez, A. (2017). Por qué son buenos bioindicadores. *Liquencity*.
- 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. *SciELO*.
- Greco, S. (2015). Contaminación por automóviles . *CONICET*.
- Hawksworth, D., Iturriaga, T., & Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Iboamericana de micología*.
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2017). Clasificación de investigaciones. *Universidad de Lima*.
- IDEAM. (2017). Contaminación atmosférica. *IDEAM*.
- Inche, J. (2001). Estimación de emisiones en vehículos en circulación. *SISBIB UNMSM*, 11-16.
- Instituto nacional de ecología. (2007). Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas. . *Instituto nacional de ecología*.
- Izquierdo, A. (2015). *El mundo de los líquenes: Naturaleza y utilización de unos organismos únicos*. España.
- Karatygin, V., Snigirevskaya, S., & Vikulin, V. (2009). The Most Ancient Terrestrial Lichen *Winfrenatia reticulata*: A New Find and New Interpretation. *Paleontological Journal* .
- La cámara de comercio de Lima . (20 de Julio de 2021). Perú tiene 13 mil pollerías que demandan 2.9 de papa al día . *Perú tiene 13 mil pollerías que demandan 2.9 de papa al día* .

- Lijteroff, R., Lima, L., & Prieri, B. (2015). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *SciELO*.
- Mares, I. (2017). Líquenes como bioindicadores de calidad de aire. *Repositorio de la universidad complutense*.
- MINAM. (2010). Ley que regula el contenido de azufre en el combustible diésel; Ley N° 28694. *El peruano*.
- MINAM. (2016). Contaminación y calidad ambiental. *MINAM*.
- MINAM. (2017). Decreto supremo N° 306 - 2017 - MINAM. *El peruano*.
- Minaya, M. (2018). Caracterización de líquenes cortícolas en la quebrada de plancha, Isla - Comas . *Repositorio UNCP*.
- MINEM. (2021). Decreto Supremo que establece medidas relacionadas al contenido de azufre en el Diesel, Gasolina y Gasohol para su comercialización y uso y simplifican el número de Gasolinas y Gasohol; D.S. N° 014 - 2021 - EM. *El peruano* .
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2008). Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares – Decreto Supremo N° 025 - 2008 - MTC. *MTC*.
- Mora, J., Sibaja, J., & Borbón, H. (2021). Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad físicoquímica del agua de lluvia y de niebla. *Tecnología en marcha*, 2-8.
- MPH. (12 de Agosto de 2021). Ingnaguracion de la cochera municipal. *Ingnaguracion de la cochera municipal*.
- National Geographic. (2019). Cuidando el medio ambiente. *National Geographic*.
- Organismo Panamericana de la Salud. (2015). Calidad de aire. *OPS*.
- Perez, G. (28 de Julio de 2021). *Fundación aquae* . Obtenido de Fundación aquae : <https://www.fundacionaquae.org/liquenes/>

- Perez, S. (2012). Liqueenes. *Liquencity*.
- Purvis, W. (2000). The natural history museum. *Natural History Museum*.
- Puy, M., & Ordaz, V. (2017). Los líquenes. *Universidad de Guanajuato*.
- Quispe, K., Ñique, M., & Chuquilin, E. (2018). Líquenes como bioindicadores de la calidad de aire en la ciudad de Tingo Maria. *ISSNN*.
- Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes. (2020). Óxidos de nitrógeno. *Gobierno de España*.
- Rodríguez, E., Ramírez, Á., Alvétez, E., Pollack, L., Leiva, S., & Aguirre, R. (2017). Catálogo de la líquenobiota de la región La Libertad, Perú. *SciELO*.
- Rubiano, L., & Chaparro, M. (2016). Delimitación de Áreas de IsoContaminación Atmosférica en el Campus de la Universidad Nacional de Colombia mediante Análisis de Bioindicadores. *SciELO*.
- Rubiano, L., & Chaparro, M. (2016). Delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la universidad nacional de colombia mediante el análisis de boindicadores (Líquenes epífitos). *Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá*.
- Ruiz, L. (6 de Noviembre de 2016). *Psicología y mente*. Obtenido de Psicología y mente: <https://psicologiaymente.com/miscelanea/prueba-chi-cuadrado>
- Santoni, C., & Lijteroff, R. (2006). EValuación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores. *SciELO*, 4-8.
- Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. (16 de Junio de 2018). Contaminación atmosférica. *Contaminación atmosférica*.
- Sujetoviené, G., & Galinyté, V. (2016). . Effects of the urban environmental condition on the physiology of lichen and moss. *Atmospheric Pollution Research*.

UNAM. (26 de Enero de 2015). *Construmática*. Obtenido de Construmática:

<http://www.cch->

[naucalpan.unam.mx/pd/mdexperimentales/md9/pdf%20listos/Glosario.pdf](http://www.cch-naucalpan.unam.mx/pd/mdexperimentales/md9/pdf%20listos/Glosario.pdf)

Vaillant, D. (2014). Los líquenes, una alternativa para el control de fitopatógenos.

*Fitosanidad*.

Vocación estadística . (23 de Octubre de 2017). *Vocación estadística* . Obtenido de

Vocación

estadística

:

<http://vocacionxestadistica.blogspot.com/2017/10/criterio-2-el-nivel-de-investigacion.html>

## **Anexos**

**Anexo 1**  
**Matriz de Consistencia**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES E INDICADORES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuál es calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la calidad del aire determinado mediante los índices de diversidad específica en el distrito de Yauli, Huancavelica?</li> <li>• ¿Cuál es la calidad del aire determinado mediante el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Identificar calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la calidad del aire determinado mediante los índices de diversidad específica en el distrito de Yauli, Huancavelica.</li> <li>• Identificar la calidad del aire determinado mediante el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La calidad del aire determinado mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La calidad del aire determinado mediante los índices de diversidad específica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena.</li> <li>• La calidad del aire determinado mediante el índice de pureza atmosférica en el distrito de Yauli, Huancavelica, es buena.</li> </ul>	<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Indicadores biológicos</p> <p><b>Variables Independiente:</b></p> <p>Calidad de aire</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Investigación aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>Investigación relacional</p> <p><b>Método General:</b></p> <p>Método científico</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>Descriptivo Relacional</p> <p><b>Población:</b></p> <p>Árboles que se encuentran en la zona urbana de Yauli.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>Se seleccionó 7 zonas de estudio</p> <p><b>Muestreo:</b></p> <p>No probabilístico por conveniencia</p> <p><b>Técnicas:</b></p> <p>Observación directa</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Microscopio</p>

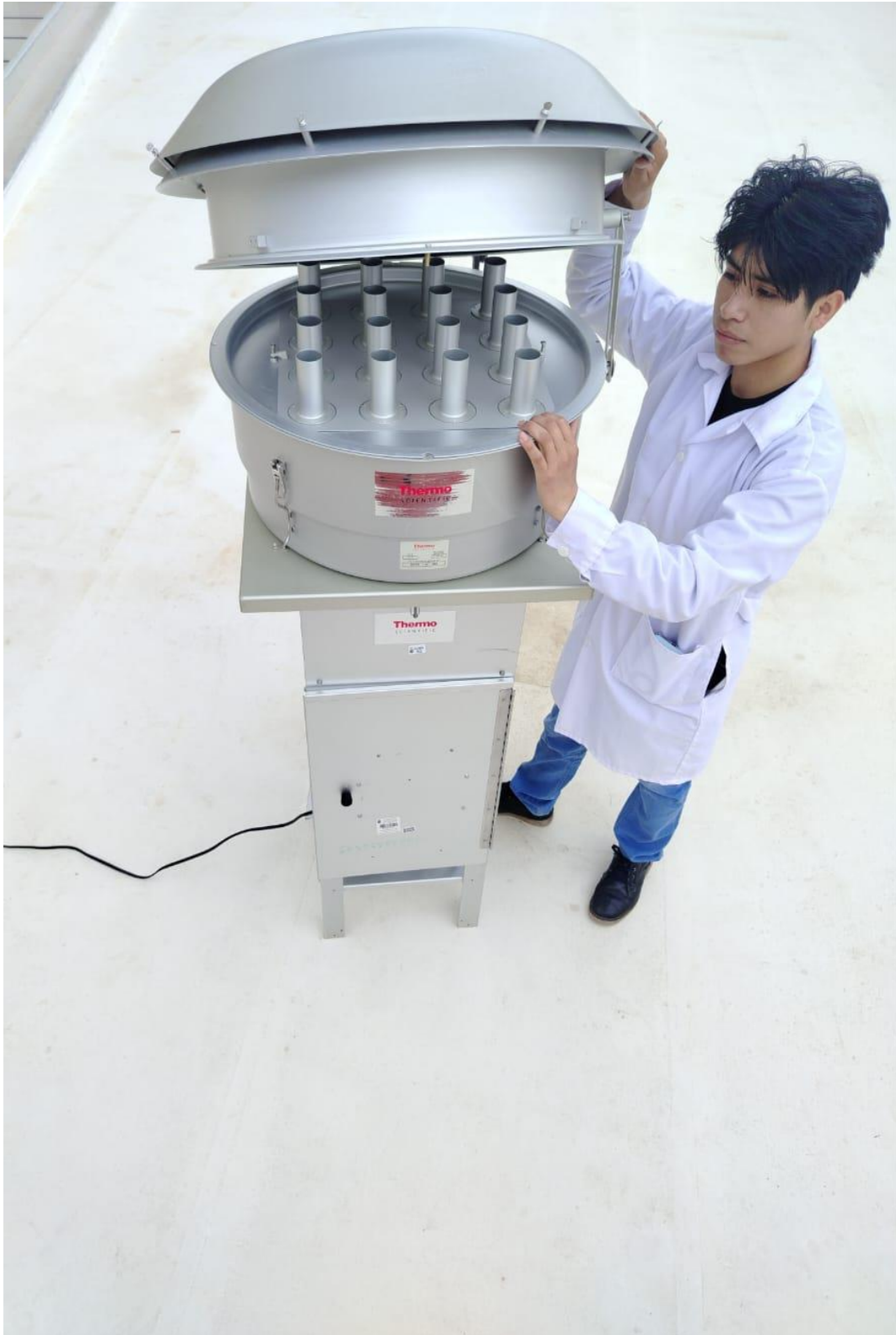
## Anexo 2

### Panel fotográfico

**Fotografía 1.** Preparación del cabezal de muestreo en equipo Hi-Vol Thermo Scientific para la captura de material particulado en el distrito de Yauli



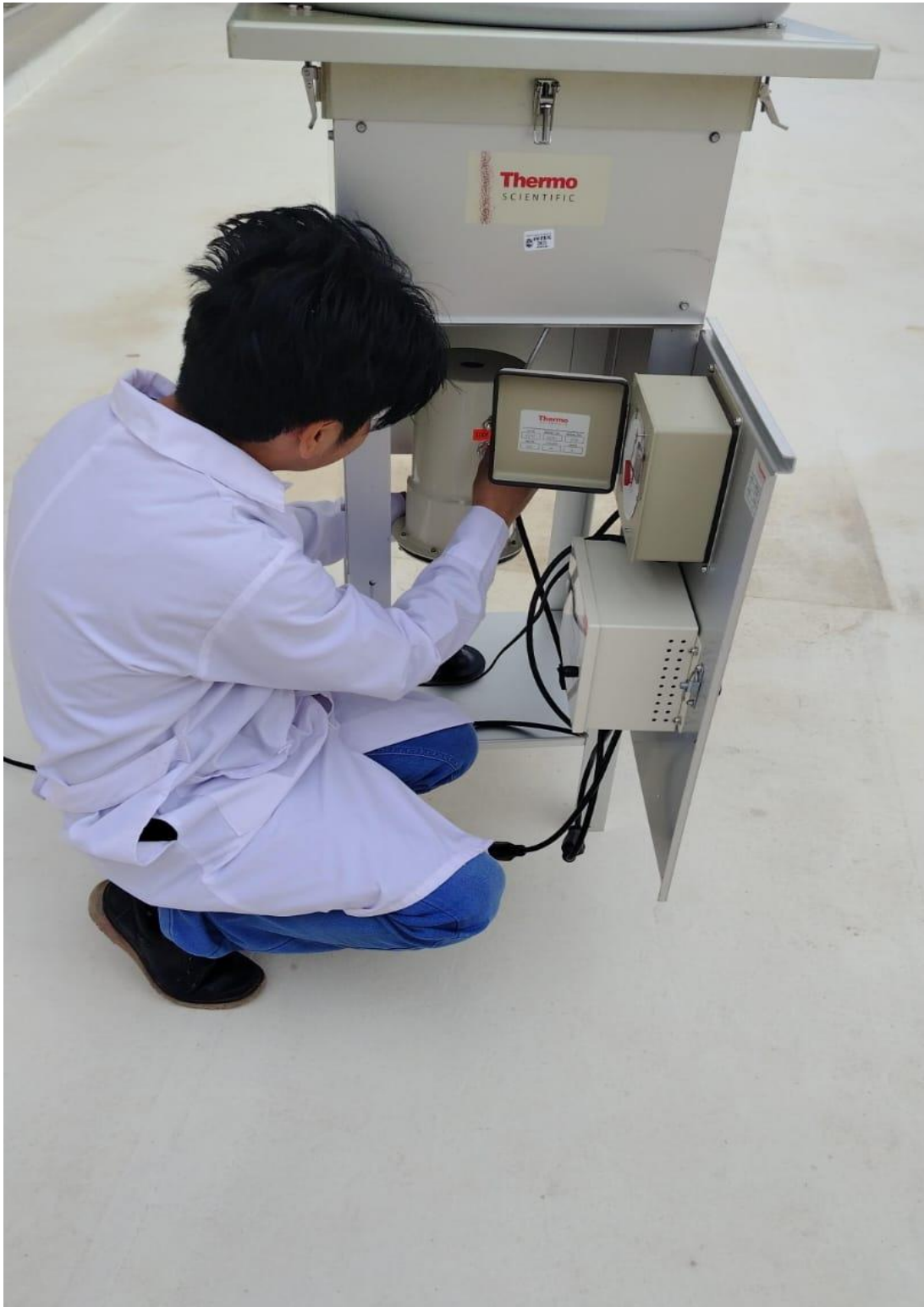
**Fotografía 2.** Exhibición del sistema de toberas de impacto del muestreador Hi-Vol, componente crítico para la recolección selectiva de partículas atmosféricas en Yauli.



**Fotografía 3.** Programación en el panel de control del muestreador Hi-Vol para el monitoreo atmosférico



**Fotografía 4.** Inspección de las conexiones internas y del motor de succión para asegurar la continuidad operativa durante las 24 horas de muestreo ambiental.



**Fotografía 5.** Puesta en marcha del muestreador de alto volumen (Hi-Vol) para la obtención de muestras de material particulado representativas





Firmado digitalmente por SANCHEZ  
ARAUJO Victor Guillermo FAU  
20168014962 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 13.04.2026 09:47:28 -05:00

# Análisis de la calidad del aire mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavelica.docx

 Universidad Nacional de Huancavelica

## Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27981:577341257

Fecha de entrega

11 abr 2026, 6:42 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 abr 2026, 7:15 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Análisis de la calidad del aire mediante indicadores biológicos en el distrito de Yauli, Huancavel....docx

Tamaño del archivo

1.1 MB

89 páginas

15.437 palabras

85.321 caracteres




# 29% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 22%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 21%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.