



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

“ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE LÍQUENES  
(*Cup lichen*) Y MUSGO (*Bryophyta sp*) UTILIZADOS COMO  
BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AIRE”

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera en Medio  
Ambiente

**Autora:**

Caiza Montaguano Stephanie Dayanna

**Tutor:**

Ing. Chasi Vizuete Wilman Paolo M.Sc.

LATACUNGA-ECUADOR  
Septiembre 2020

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Stephanie Dayanna Caiza Montaguano, con cédula de ciudadanía No. 1721610895 declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “Análisis de la información científica de líquenes (*cup lichen*) y musgo (*bryophyta sp*) utilizados como bioindicadores de calidad de aire”, siendo el Ingeniero MSc. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 18 septiembre de 2020

Stephanie Dayanna Caiza Montaguano  
C.C. 1721610895

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CAIZA MONTAGUANO STEPHANIE DAYANNA**, identificada con cédula de ciudadanía **1721610895**, de estado civil soltera y con domicilio en Machachi, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. M.B.A. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** – **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de Investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

### **Historial académico. -**

Fecha inicio: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Fecha finalización: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de julio de 2020

Tutor. - Ing. MSc. Wilman Paolo Chasi Vizueté

Tema: “Análisis de la información científica de líquenes (*cup lichen*) y musgo (*bryophyta sp*) utilizados como bioindicadores de calidad de aire.”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 18 días del mes de septiembre del 2020.

Stephanie Dayanna Caiza Montaguano

**LA CEDENTE**

Ing. M.B.A. Cristian Tinajero Jiménez

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

**“ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE LÍQUENES (*Cup lichen*) Y MUSGO (*Bryophyta sp*) UTILIZADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AIRE”**, de Stephanie Dayanna Caiza Montaguano, de la carrera Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 18 septiembre de 2020

Ing. MSc. Wilman Paolo Chasi Vizuet  
**TUTOR DEL PROYECTO**  
C.C. 050240972-5

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Caiza Montaguano Stephanie Dayanna, con el título del Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE LÍQUENES (*Cup lichen*) Y MUSGO (*Bryophyta sp*) UTILIZADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AIRE”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 18 septiembre de 2020

Ing. MSc. Patricio Clavijo Cevallos  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**  
CC: 050144458-2

Ing. Mg. José Agreda Oña  
**LECTOR 2**  
CC: 040133210-1

Ing. Mg. José Andrade Valencia  
**LECTOR 3**  
CC: 050252448-1

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme la sabiduría, responsabilidad y fortaleza a lo largo de mi ciclo estudiantil.

A mis padres por estar a mi lado y siempre apoyarme en los momentos más cruciales en mi formación universitaria.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mis docentes y personal administrativo por brindarme su ayuda y apoyo, en especial a mi Tutor Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite por brindarme el apoyo y su conocimiento para desarrollar mi proyecto de investigación.

**Stephanie Dayanna Caiza Montaguano**



## **DEDICATORIA**

De manera especial a mis padres Fabián y Magdalena que con su gran esfuerzo logre cada una de las metas planteadas a lo largo de mi vida y que a pesar de la distancia siempre se encuentran a mi lado pendientes siempre de mi bienestar.

A mi tía Lili que desde el cielo junto a Dios me ayudo a lograr cada meta y sé que desde allí está orgullosa de mi triunfo.

A toda mi familia que me han brindado amor, comprensión y ánimo en los momentos más difíciles durante mi vida universitaria.

**Caiza Montaguano Stephanie Dayanna**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**TÍTULO: “ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE LÍQUENES (*Cup lichen*) Y MUSGO (*Bryophyta sp*) UTILIZADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AIRE.”**

**AUTORA:** Caiza Montaguano Stephanie Dayanna

**RESUMEN**

En la actualidad, la contaminación del aire ha sido identificada como uno de los principales problemas ambientales más significativos, en especial en las zonas urbanas debido al incremento de emisiones de CO<sub>2</sub> producto de la combustión vehicular y de la producción industrial, así como la expansión urbana de las ciudades con su crecimiento poblacional lo que ha afectado en la calidad de aire conllevando esto al deterioro de la salud de los habitantes de las zonas poblacionales. El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal analizar la información científica reciente del uso de líquenes y musgo como bioindicadores de calidad de aire. La metodología empleada fue analítica y descriptiva, para el desarrollo de esta investigación se consideró 20 bases científicas, distribuidas de la siguiente manera; 16 estudios de cinco revistas indexadas de alto impacto regional y cuatro proyectos investigativos de instituciones de educación superior considerados como de medio impacto regional durante los años 2015-2020, con esta información se elaboró una lista de control para determinar si los resultados de los estudios seleccionados fueron positivos o negativos. Se realizó una sistematización de la información mediante una base de datos dividida en alto y medio impacto regional. Se diseñó un cuadro comparativo, donde se identificaron las semejanzas y diferencias de los estudios realizados en el lapso del tiempo estimado, de esta manera tener una información de alta relevancia científica. Los resultados analizados de las bases científicas seleccionadas más sobresalientes se pudo apreciar que con el monitoreo pasivo, se identificaron las primeras briofitas con potencial bioacumulador son *Tortella humilis*, *Tortula sp* y *Pottiaceae*, de la misma manera los líquenes saxícolas revelaron que la especie más sensible es *Aspicilia sp*, así mismo, los líquenes epifitos se ven afectados directamente por la contaminación atmosférica por NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> e indirectamente por parámetros climáticos, por otro lado el uso de musgos es considerada como una alternativa a los tipos de monitoreo tradicionales, para evitar la extracción del musgo nativo de los sitios de monitoreo se planteó en su lugar el cultivo in vitro del musgo y su posterior exposición en los sitios de monitoreo. Con los resultados descritos en las investigaciones analizadas se demostró que el uso de líquenes y musgos como bioindicadores proporcionan información útil.

**Palabras Claves:** Ambiente, bioindicadores, calidad del aire, contaminación, líquenes, musgo.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL**  
**RESOURCES**

**THEME: "ANALYSIS OF THE SCIENTIFIC INFORMATION OF LIQUEN (*Cup lichen*) AND MOSS (*Bryophyta sp*) USED AS BIOINDICATORS OF AIR QUALITY."**

**AUTHOR:** Caiza Montaguano Stephanie Dayanna

**ABSTRACT**

At present, air pollution has been identified as one of the most significant environmental problems, especially in urban areas due to the increase in CO<sub>2</sub> emissions from vehicular combustion and industrial production, as well as urban expansion of the cities with their population growth, which has affected air quality, leading to the health deterioration of the inhabitants in the population areas. The main objective of this research project was to analyze recent scientific information on the use of lichens and moss as bioindicators of air quality. The methodology used was analytical and descriptive, for the development of this research, 20 scientific bases were considered, distributed as follows; 16 studies of five indexed journals of high regional impact and four research projects of higher education institutions considered as having a medium regional impact during the years 2015-2020, with this information a checklist was prepared to determine if the results of the selected studies they were positive or negative. A systematization of the information was carried out through a database divided into high and medium regional impact. A comparative table was designed, where the similarities and differences of the studies carried out in the estimated time period were identified, in this way to have information of high scientific relevance. The results analyzed from the most outstanding selected scientific bases could be seen that with passive monitoring, the first bryophytes with bio accumulative potential were identified are *Tortella humilis*, *Tortula sp* and *Pottiaceae*, in the same way the saxicola lichens revealed that the most sensitive species is *Aspicilia sp*, likewise, epiphytic lichens are directly affected by atmospheric pollution by NO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> and indirectly by climatic parameters, on the other hand the use of mosses is considered as an alternative to traditional types of monitoring, to avoid extraction instead of the native moss from the monitoring sites, the in vitro culture of the moss and its subsequent exposure at the monitoring sites was proposed. With the results described in the researchers analyzed, it was shown that the use of lichens and mosses as bioindicators provide useful information.

**Keywords:** Environment, bioindicators, air quality, pollution, lichens, moss.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR ....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVOS .....	5
6.1. General .....	5
6.2. Específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	7
8.1. Aire.....	7
8.1.1. <i>Definición</i> .....	7
8.1.2. <i>Composición del aire</i> .....	7
8.2. Calidad de aire.....	7
8.3. Contaminación Ambiental.....	8

8.3.1.	<i>Definición</i> .....	8
8.4.	Contaminación del aire .....	8
8.4.1.	<i>Definición</i> .....	8
8.4.2.	<i>Principales contaminantes del aire</i> .....	9
8.4.3.	<i>Efectos de contaminación atmosférica en la salud</i> .....	10
8.4.4.	<i>Impactos de la contaminación atmosférica en la naturaleza</i> .....	10
8.5.	Bioindicación .....	10
8.5.1.	<i>Bioindicadores atmosféricos</i> .....	11
8.5.2.	<i>Importancia de los bioindicadores</i> .....	11
8.5.3.	<i>Ventajas y desventajas de aplicación de bioindicadores</i> .....	12
8.5.4.	<i>Tipo de bioindicadores</i> .....	12
8.5.4.1.	Según la forma de respuesta a los estímulos. ....	12
8.5.4.2.	Según el poder cuantificar las respuestas. ....	13
8.5.5.	<i>Requisitos que deben cumplir los bioindicadores</i> .....	13
8.6.	Briofitas .....	13
8.6.1.	<i>Musgo</i> .....	13
8.6.2.	<i>Líquenes</i> .....	14
8.6.3.	<i>Uso de briofitas como bioindicadores</i> .....	14
8.6.4.	<i>Líquenes como bioindicadores</i> .....	14
8.6.4.1.	Técnica de bioindicación con líquenes (Índice de pureza atmosférica). ....	15
8.6.4.2.	Fórmula IPA. ....	16
8.6.5.	<i>Musgo como bioindicadores</i> .....	16
8.6.5.1.	Técnica analítica de espectroscopia de absorción atómica. ...	17
8.6.5.2.	Técnica analítica de cromatografía gaseosa. ....	17
9.	PREGUNTA CIENTÍFICA .....	17

10.	METODOLOGÍA .....	18
10.1.	Métodos, técnicas e instrumentos .....	18
10.1.1.	<i>Investigación descriptiva</i> .....	18
10.1.2.	<i>Investigación Bibliográfica</i> .....	18
10.1.3.	<i>Método inductivo</i> .....	18
10.1.4.	<i>Instrumentos</i> .....	18
10.2.	Metodología aplicada en la investigación.....	19
10.2.1.	<i>Unidad de estudio</i> .....	19
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	20
11.1.	Lista de control .....	20
11.2.	Base de datos .....	23
11.3.	Cuadro comparativo.....	26
11.4.	Estado actual de la información.....	28
12.	IMPACTOS .....	34
12.1.	Científico .....	34
12.2.	Académico .....	34
12.3.	Ambiental.....	34
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
13.1.	Conclusiones.....	35
13.2.	Recomendaciones .....	35
14.	BIBLIOGRAFÍA .....	36
	ANEXOS .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios .....	4
Tabla 2 Actividades y sistema de tareas .....	6
Tabla 3 Lista de control.....	20
Tabla 4 Base de datos rango 1.....	23
Tabla 5 Base de datos rango 2.....	25
Tabla 6 Cuadro comparativo .....	27

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“Análisis de la información científica de líquenes (*Cup lichen*) y musgo (*Bryophyta sp*) utilizados como bioindicadores de calidad de aire.”

**Fecha de inicio:** Septiembre 2019.

**Fecha de finalización:** Septiembre 2020.

**Lugar de ejecución:** Universidad Técnica de Cotopaxi

### **Facultad que auspicia**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

### **Carrera que auspicia:**

Carrera de Medio Ambiente.

### **Proyecto de investigación vinculado:**

Determinación de los contaminantes producto de la combustión del Parque Automotor a gasolina en el casco urbano de la Ciudad de Latacunga.

### **Equipo de Trabajo:**

Tutor de Titulación: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizúete Mg.

Lectores del Proyecto de Investigación:

Lector 1: M.Sc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos

Lector 2: Ing. José Luis Agreda Oña Mg.

Lector 3: Ing. José Antonio Andrade Valencia Mg.

Estudiante: Stephanie Dayanna Caiza Montaguano.

### **Área de Conocimiento:**

Área: Servicios



Sub área: Protección del Medio Ambiente y control de la contaminación atmosférica y del agua.

**Línea de investigación:**

Energías Alternativas y Renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Manejo y Conservación del Recurso Aire.

**Línea de vinculación**

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano y social.

**2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Debido a la problemática que acarrea la contaminación del aire que repercute en el estilo de vida de los seres humanos es necesario analizar mediante la investigación de la información científica reciente sobre el uso de líquenes y musgo como bioindicadores de la calidad de aire en especial en zonas urbanas tomando en consideración que son lugares que han sufrido cambios como: excesivo uso vehicular, crecimiento poblacional, incremento de la producción industrial con tecnologías obsoletas generando consecuencias negativas que han ido degenerando la calidad de aire a lo largo de los años.

La metodología empleada para el desarrollo de la investigación fue descriptiva, analítica y bibliográfica usando 20 bases científicas de revistas como Scopus, Redalyc y libros virtuales como unidad de análisis durante el desarrollo de la investigación, mediante la sistematización de dicha información se consideró el papel fundamental del uso de organismos vivos usados como bioindicadores de calidad de aire.

**Palabras claves:** Bioindicadores, calidad de aire, líquenes, musgo, organismos vivos, urbe.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El aire que se respira tiene una relación directa con la calidad de vida que se tiene, por consiguiente, los estudios investigativos sobre calidad de aire son de vital importancia, debido a que la calidad de aire ha disminuido por la constante emisión de contaminación que existe por causa de gases generados por la diferentes actividades que realiza el hombre, una de ellas es el incremento del flujo vehicular, quema de madera, incremento de producción industrial, uso de tecnologías obsoletas en la producción, entre otras.

La contaminación del aire se ha convertido en un tema de preocupación, sobre todo en los sectores urbanos, en donde se considera una amenaza para el ser humano causando graves problemas a la salud. Esto permite sugerir una nueva alternativa de monitoreo de calidad de aire con un costo más bajo, por lo cual se pretende realizar un análisis de estudios recientes sobre la importancia del uso de organismos vivos como líquenes y musgo que, al depender de fuentes de nutrientes aéreas, se encuentran expuestos a contaminantes presentes en la atmósfera. Dentro de los diferentes recursos empleados los líquenes y el musgo han sido utilizados, desde hace años, como una técnica de monitoreo, es decir, de control temporal de las emisiones de contaminantes emanados a la atmósfera.

Por lo cual se necesita generar una sistematización de información científica para ser utilizada como una línea base que pueda fortalecer futuras investigaciones relacionadas con el tema, recopilando investigaciones que puedan verificar que el uso de estos organismos juega un papel primordial para determinar la calidad de aire en una urbe.

El presente proyecto de investigación pretende analizar la información científica reciente que pueda sustentar futuras investigaciones, sobre el papel fundamental del uso de líquenes y musgo como bioindicadores de calidad de aire causada en su mayoría en zonas urbanas, además proporciona una vinculación entre la sociedad y el estado actual de la contaminación que se ha ido presentado durante el paso de los años y como se ha ido fortaleciendo el uso de organismos vivos como una técnica eficiente de monitoreo de calidad ambiental.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

**Tabla 1**

*Beneficiarios*

<b>Directos</b>		<b>Indirectos</b>	
<b>Estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Carrera Ingeniería en Medio Ambiente</b>		<b>Provincia de Cotopaxi</b>	
<b>Hombres</b>	221	<b>Hombres</b>	198.625
<b>Mujeres</b>	300	<b>Mujeres</b>	210.580
<b>Total</b>	521 estudiantes	<b>Total</b>	409.205 habitantes

Fuente: (Secretaría Facultad CAREN, 2019) e (INEC, 2010)

Elaborado por: Caiza Stephanie, 2020.

#### 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La calidad de aire actualmente es uno de los problemas ambientales más severos e importantes a nivel mundial:

Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre, la contaminación tiene muchos factores, entre ellas la tecnología elegida para las inversiones cuantiosas, por ejemplo, en los procesos industriales; el diseño de los productos y sus envases, la falta de reglamentación o su aplicación deficiente y el desconocimiento de los efectos de la contaminación, a nivel mundial la emisión de los diferentes contaminantes en su mayoría de las industrias aumento alrededor de 130%, considerando como responsables a China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón del 58.4% del CO<sub>2</sub> emitido a nivel mundial por el consumo y quema de combustibles fósiles. (PNUD, 2017, pág. 3)

En el Ecuador, la contaminación del aire se origina por deficiencias de algunos aspectos relacionados con la planificación territorial de los asentamientos humanos, las industrias, la utilización de tecnologías obsoletas en las actividades productivas y de transporte,

mala calidad de los combustibles, explotaciones mineras a cielo abierto, entre otras. Por esta razón la utilización de bioindicadores es un método que complementa la evaluación de calidad de aire (Segura, 2013, págs. 15-17).

“Más del 80% de las personas que viven en áreas urbanas que monitorean la contaminación del aire están expuestas a niveles de calidad del aire que exceden los límites de la OMS” (OMS, 2016), es decir, que en dichas zonas son de mayor riesgo debido a que existe un alto crecimiento de población, incremento del uso de vehículos, entre otras lo que produce una elevada emisión de contaminantes a la atmósfera, aunque en algunas ciudades existen redes de monitoreo de calidad de aire se carece de estudios direccionados a este tema.

Aunque existe mucha información dispersa referida al uso de musgo y líquenes como bioindicadores de calidad de aire, se ha podido constatar que no se tiene un libre acceso para los estudiantes e incluso para la comunidad científica, por consiguiente, a lo largo de los años dicha temática ha ido creciente a pasos muy lentos dentro del campo investigativo.

En la presente investigación se pretende recopilar y analizar la información bibliográfica para comprender el papel fundamental de los líquenes y musgo como bioindicador de calidad de aire.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. General**

- Analizar la información científica reciente del uso de líquenes y musgos como bioindicadores de calidad de aire.

### **6.2. Específicos**

- Examinar y sistematizar las bases de revistas científicas y bibliográficas que contenga la información correspondiente al uso de líquenes y musgo como bioindicadores de calidad de aire.
- Redactar el estado actual de la utilización de líquenes y musgo como bioindicadores de calidad de aire.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 2**

*Actividades y sistema de tareas*

OBEJTIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO	MEDIO DE VERIFICACION
<ul style="list-style-type: none"> <li>Examinar y sistematizar las bases de revistas científicas y bibliográficas que contenga la información correspondiente al uso de líquenes y musgo como bioindicadores de calidad de aire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda de artículos científicos de la temática en revistas indexadas</li> <li>Creación de una base de datos bibliográfica.</li> <li>Diseño de un cuadro comparativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de artículos y libros buscados encontrados.</li> <li>Bibliografía actualizada y relevante.</li> <li>Comparación cualitativa de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lista de control de 20 artículos y libros virtuales.</li> <li>Base de datos.</li> <li>Cuadro comparativo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Redactar el estado actual de la utilización de líquenes y musgo como bioindicadores de calidad de aire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda de los parámetros de escritura para revisión bibliográfica</li> <li>Redacción del estado actual de la investigación con el bibliográfico sistematizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructura de la revisión bibliográfica.</li> <li>Estado actual de la investigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formato para la redacción de revisión bibliográfica.</li> <li>Proyecto de investigación para revisión (Review).</li> </ul>

Elaborado por: Caiza Stephanie,2020.

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1. Aire**

#### **8.1.1. Definición**

El aire es una mezcla de gases que forman la atmósfera, es por ello que se encuentra en todas partes. Sus componentes principales son el nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, neón, helio, entre otros. Todos ellos de gran importancia y necesarios para que los seres vivos realicen funciones vitales. (CONANP, 2017, pág. 1)

#### **8.1.2. Composición del aire**

Cuando se habla de la contaminación del aire, se hace referencia a la alteración de su composición natural. El aire que se respira está compuesto, principalmente, por los gases de nitrógeno 78,08%, oxígeno 20,95%, dióxido de carbono 0,03%, y otros gases raros 0,94%, estos son helio, neón, argón, kriptón, xenón y radón, y, además, la atmósfera contiene cantidades mínimas de metano, polvo, cenizas volcánicas y vapor de agua. (Gómez D. , 2013, pág. 37)

### **8.2. Calidad de aire**

Uno de los principales retos que se enfrentaron para mejorar los problemas ambientales es la disminución de contaminantes en el aire. Para entender esta problemática y actuar al respecto, hay que tomar en cuenta que la mezcla de gases que constituye el aire tiene una composición específica y que cualquier modificación. Los principales contaminantes que se emiten al aire por acciones humanas son el óxido de azufre (SO<sub>2</sub>), varios óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), dióxido y monóxido de carbono (CO<sub>2</sub> y CO), algunas sustancias orgánicas, amoníaco (NH<sub>3</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>). El daño que pueden provocar al ambiente, así como la toxicidad de estas sustancias, están relacionados con su reactividad y con los productos que se forman cuando reaccionan (Sosa, 2011, pág. 37).

“La importancia del aire para la vida se puede resumir en que el aire está compuesto de oxígeno necesario para la respiración, proceso mediante el cual muchos seres vivos obtienen energía, y es así que requerimos aire para sobrevivir” (Oxford University Press, 2010).

Es la presencia habitual, en la atmósfera, de sustancias resultantes de la actividad humana o de procesos naturales, en concentración suficiente, durante un tiempo suficiente y en circunstancias tales como para afectar el confort, la salud o el bienestar de personas o el ambiente. (OMS, 2011)

### **8.3. Contaminación Ambiental**

#### **8.3.1. Definición**

Presencia de sustancias nocivas, perjudiciales o molestas en un recurso natural como el aire, el agua y los suelos, sin que el medio los pueda absorber o regenerar por sí mismo, y colocadas allí por la acción del hombre, o por los procesos naturales temporales, en tal calidad y cantidad que pueden interferir la salud y el bienestar de los hombres, los animales y a las plantas. Desde el punto de vista de salud pública, la contaminación del medio ambiente es tratada cuando puede afectar la salud y la calidad de vida de las personas que viven y trabajan cerca o en lugares focos de contaminación. (Fraume, 2008, pág. 116)

### **8.4. Contaminación del aire**

#### **8.4.1. Definición**

Es cualquier cambio en el equilibrio de estos componentes, lo cual altera las propiedades físicas y químicas del aire, es decir, cualquier cambio en la naturaleza del aire que genera se denomina contaminación, este cambio lo genera un agente externo no natural como la combustión empleada para obtener calor, generar energía eléctrica o movimiento, ya que emite gases contaminantes, siendo este uno de los principales. (Romero & Muñoz, 2006, pág. 72)

#### 8.4.2. Principales contaminantes del aire

Los contaminantes se clasifican en:

##### Por su origen

- **Contaminantes primarios:** “son emitidos a la atmósfera como resultado de un proceso natural o antropogénico. Estos contaminantes están presentes en la atmósfera en su mayor parte fueron emitidos, por ejemplo, el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)” (Pousa & Xoán, 2010).
- **Contaminantes secundarios:** “se originan en el aire por reacciones químicas entre dos o más contaminantes primarios, o entre contaminantes primarios y constituyentes naturales de la atmósfera” (Encinas, 211, pág. 17).

##### Por su estado físico

- **Gases:** “incluyen también a los vapores, una vez difundidos no tienden a depositarse, sino que permanecen en la atmósfera, transformándose en compuestos más simples o más complejos” (Pousa & Xoán, 2010).
- **Partículas:** “también conocidas como partículas suspendidas, aeropartículas, material particulado y aerosoles, que son algunos de los términos utilizados para nombrar una mezcla de compuestos microscópicos o muy pequeños en forma de líquidos y sólidos suspendidos en el aire” (Mejía & Páramo, 2011, pág. 13).

##### Por su composición química

- **Orgánicos:** “son definidos como compuestos que tienen uno o más átomos de carbono en su estructura y que liberan vapores bajo condiciones normales de presión y temperatura 25 °C y 1 atm” (Briones, y otros, 2016, pág. 71).
- **Inorgánicos:** “son aquellos que no contienen compuestos con carbono, que presenta riesgo para las personas por producir cáncer de pulmón” (Pousa & Xoán, 2010).



#### **8.4.3. Efectos de contaminación atmosférica en la salud**

La exposición a altos niveles de contaminación del aire puede causar una variedad de resultados adversos a la salud. La contaminación del aire puede aumentar el riesgo de infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón. Tanto la exposición a corto como a largo plazo a los contaminantes del aire se ha asociado con impactos adversos en la salud. Los impactos más severos afectan a las personas que ya están enfermas. Los niños, los ancianos y los pobres son más susceptibles. Los contaminantes más nocivos para la salud, estrechamente asociados con la mortalidad prematura excesiva, son partículas finas PM<sub>2,5</sub> que penetran profundamente en los conductos pulmonares. (OPS, 2018)

#### **8.4.4. Impactos de la contaminación atmosférica en la naturaleza**

- **La reducción de la capa de ozono.** – “La contaminación ambiental ha causado y sigue causando la reducción de la cantidad de la capa de ozono, al haber menos ozono en nuestra atmósfera, la cantidad de rayos ultravioleta que llegan al planeta va en aumento” (Castillo & Roldán, 2005).
- **El efecto invernadero.** – “Se conoce como efecto invernadero al causante del aumento en la temperatura del planeta lo que causa el cambio climático” (Oyarzun & Higuera, 2013).
- **Aumento de la temperatura.** – “Es consecuencia del uso creciente del petróleo y sus derivados, la destrucción de los bosques por la tala de árboles sin previsiones y por la contaminación de ecosistemas acuáticos” (UNESCO, 2017).

#### **8.5. Bioindicación**

La bioindicación ha sido una constante a lo largo de la historia de la humanidad, esto se evidencia en todas las etapas de desarrollo de la cultura humana, la cual ha recurrido a la utilización de elementos del ambiente como indicadores de la existencia de recursos vitales para la supervivencia. (Morales, 2011, pág. 3)

### 8.5.1. *Bioindicadores atmosféricos*

Un bioindicador o indicador biológico se define como organismo cuyas funciones vitales se relacionan con efectos medioambientales ya sean naturales o antropogénicos, de tal forma que pueden ser utilizados para señalar la presencia de alguno de estos factores. Los bioindicadores ambientales pueden responder a contaminaciones ambientales mediante los cambios fisiológicos y morfológicos o a través de su capacidad de acumulación. En el caso de los bioindicadores de contaminación atmosférica, su utilidad radica en medir directamente el impacto de los contaminantes sobre organismos vivos principalmente los vegetales. (Riquelme, 2008, págs. 3-4)

La capacidad de respuesta de los bioindicadores depende principalmente de los siguientes factores:

- **Composición genética del organismo.** – “Puede favorecer o no a la adaptación a los cambios, y, por tanto, la manifestación de respuestas fácil y rápidamente visibles” (Capó Marti, 2007, pág. 140).
- **Estado de desarrollo.** – “Existen etapas en el ciclo vital que son más influyentes, por ejemplo, los individuos juveniles suelen ser más sensibles, mientras que los adultos suelen ser más resistentes” (Capó Marti, 2007, pág. 141).
- **Condiciones ambientales.** – “Los estímulos pueden ser infinitamente variados y sus efectos no siempre son aditivos, sino que puede haber sinergismos o efectos potenciadores de unas condiciones frente a otras” (Ochoa & Cueva, 2015, págs. 2-5).

### 8.5.2. *Importancia de los bioindicadores*

Es importante porque se le puede realizar directa o indirectamente o a través de modelos, de la misma manera se requiere de métodos complementarios, es decir, la utilización de bioindicadores ayudan a conocer el grado de contaminación y permiten obtener un análisis apropiado sobre alteraciones ambientales. (Gómez H. , 2010, págs. 45-47)

### 8.5.3. *Ventajas y desventajas de aplicación de bioindicadores*

La monitorización de la calidad de aire por medio de bioindicadores es un método sencillo y de bajo presupuesto. Esto no quiere decir que otros métodos más caros sean innecesarios, ya que, si bien la biomonitorización nos puede suministrar información rápida fácilmente, no tendremos la concentración de contaminantes ni los picos de contaminación que éstos puedan tener durante el día. (Quispe & Ñique, 2017)

“Esto ha llevado a los investigadores a utilizar los líquenes en una variedad de formas para proporcionar medidas semi cuantitativas de niveles de contaminación del aire” (Rubiano Olaya & Chaparro de Valencia, 2006).

### 8.5.4. *Tipo de bioindicadores*

Los bioindicadores pueden clasificarse atendiendo a diferentes criterios:

#### 8.5.4.1. Según la forma de respuesta a los estímulos.

- **Detectores:** “bioindicadores que viven naturalmente en un área y que muestran respuestas tales como cambios de vitalidad, mortalidad, capacidad reproductora, abundancia, etc., ante los cambios ambientales que se produzcan en su entorno” (González, Guitérrez, Marquéz , Alfonso de Cristo , & Piña, 2019).
- **Explotadores:** “bioindicadores cuya presencia indica la probabilidad elevada de que exista una perturbación. Con frecuencia son organismos que, de forma más o menos repentina, se hacen muy abundantes en un lugar, casi siempre debido a la falta de competidores” (González , Vallarino, Pérez, & Low, 2017).
- **Centinelas:** “bioindicadores sensibles o muy sensibles, que se introducen artificialmente en un medio y funcionan como alarmas, porque detectan rápidamente los cambios. Se utilizan fundamentalmente para detectar contaminantes” (Cambón, 2018).
- **Acumuladores:** “bioindicadores que por lo general son resistente a ciertos compuestos al ser capaces de absorberlos y acumularlos en cantidades medibles” (Osuna & Páez, 2011).

#### 8.5.4.2. Según el poder cuantificar las respuestas.

- **Bioindicadores en sentido estricto:** “son aquellos, que, con su presencia o ausencia y abundancia, indican los efectos de un factor ambiental de forma cualitativa; pueden ser tanto positivos, por su presencia y abundancia, como negativos, por su ausencia” (Capó Marti, 2007).
- **Biomonitores:** “son especies que indican la presencia de contaminantes o perturbaciones no sólo de forma cualitativa, sino también de forma cuantitativa, porque sus reacciones son de alguna manera proporcionales al grado de contaminación o perturbación” (Capó Marti, 2007).

#### 8.5.5. *Requisitos que deben cumplir los bioindicadores*

Para que el bioindicador sea eficiente, debe cumplir con los siguientes requisitos

(Capó Marti, 2007):

- Ciclo de vida largo talo perenne,
- Reacciones de tolerancia o evitación,
- Escasa movilidad,
- Biomasa suficiente,

### 8.6. Briofitas

Las briofitas o plantas no vasculares, agrupa a plantas que tienen un tamaño pequeño, con estructuras más sencillas que las plantas vasculares y carecen de sistema de conducción desarrollado. Son considerados organismos poiquilohídricos, ya que son incapaces de regular la pérdida de agua y dependen de los niveles de humedad del medio. (Motito & Rivera, 2016)

#### 8.6.1. *Musgo*

Los musgos son plantas verdes de pequeño tamaño, que viven sobre el suelo o los troncos de los árboles, especialmente en lugares húmedos. Viven en zonas palustres de pH ácido denominadas turberas, tremedales o trampales. Una de las características físicas de las hojas es la gran capacidad que tienen para absorber y almacenar agua. (Clemente, 2016)

### **8.6.2. Líquenes**

El término líquen significa “musgo de árbol”, uno de los rasgos más interesantes y distintivos es que son organismos formados de la asociación simbiótica de un hongo con un organismo fotobiontico, ya sea un alga, cianobacterias o ambas, incluso se ha descubierto la presencia de una levadura dentro de esta asociación. (Spribille, y otros, 2016)

### **8.6.3. Uso de briofitas como bioindicadores**

Existen bioindicadores, que caracterizan de una manera rápida, económica y eficiente la calidad del aire; entre estos se encuentran los líquenes y musgos:

Por lo tanto, los bioindicadores pueden ser útiles, de modo complementario o alternativo a los métodos fisicoquímicos, para establecer los riesgos de la contaminación atmosférica sobre organismos vivos y el ecosistema en general. El uso de bioindicadores se ha ido desarrollando en varios países del mundo y con el propósito de utilizarlos como una herramienta rutinaria de diagnóstico, monitoreo y gestión de la calidad del aire en entidades ambientales. Los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire, están siendo objeto de estudio a nivel mundial, causando un gran impacto en la investigación moderna. (González, Pérez, Navarro, & Flores, 2016)

### **8.6.4. Líquenes como bioindicadores**

Existen diferentes razones por las cuales los líquenes están siendo utilizados con tanto éxito en este campo:

Son ubicuos y actualmente se encuentran en aumento en muchos centros urbanos, sobre todo en países desarrollados, gracias a la disminución en la concentración de dióxido de azufre en la atmósfera de las ciudades, no poseen una cutícula protectora y absorben nutrientes y contaminantes a través de gran parte de su superficie, su naturaleza simbiótica, ya que, si cualquiera de los simbioses se ve afectado por algo, ambos organismos mueren, son relativamente

longevos, permaneciendo expuestos al efecto nocivo por largos períodos, por lo que proporcionan una imagen de estados crónicos y no de variaciones puntuales del medio ambiente, son organismos perennes que pueden ser muestreados durante todo el año. (Hawksworth, Iturriaga, & Crespo, 2010)

Una de las alternativas para la evaluación del aire es la aplicación de organismos vivos tales como líquenes, ya que los métodos convencionales para la evaluación tales como filtros de aire y colectores de deposición requieren altos costos para la implementación, operación y mantenimiento. Por ser un indicador biológico de los efectos contaminantes del aire y su diversidad, se está convirtiendo en rutina en varios países, ya que es rápido en las predicciones de la salud humana y lo económico que puede salir un estudio con estos organismos. (Estrabau, Fillipinis, Soria, Schelotto, & Rodriguez, 2011)

#### **8.6.4.1. Técnica de bioindicación con líquenes (Índice de pureza atmosférica).**

El IPA considera la comunidad de líquenes y musgo al igual que la presencia y distribución de sus especies en una región que presente zonas específicas:

Los métodos de trabajo desarrollados al utilizar los líquenes u musgo 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 de líquenes y musgo, valorando no sólo su presencia en el territorio, sino también su abundancia. (Rubiano Olaya & Chaparro de Valencia, 2006)

#### 8.6.4.2.Fórmula IPA.

El Índice de Pureza Atmosférica IPA para cada lugar de muestreo, utilizando la siguiente fórmula:

$$IPA_j = \sum Q_i F_i$$

En donde:

**IPA<sub>j</sub>** = Índice de Pureza Atmosférica de la estación j.

**F<sub>i</sub>** = Grado de frecuencia más grado de cobertura, más el número de los árboles examinados cubiertos por la especie en cuestión. El valor f se modifica de estación a estación.

**Q<sub>i</sub>** = Factor de tolerancia de la especie i, que se determina analizando el número de especies acompañantes como promedio en todas las estaciones. El valor de Q resulta ser una constante para cada especie, en el área de investigación, siendo inversamente proporcional a la contaminación. (Canseco, Anze, & Franken, 2006)

#### 8.6.5. *Musgo como bioindicadores*

Se utilizan como bioindicadores pues poseen propiedades que las hacen adecuados para el seguimiento de los contaminantes del aire. Los contaminantes del aire se depositan en musgos en solución acuosa, en forma gaseosa o adherida a partículas. La acumulación de contaminantes en los musgos se produce a través de mecanismos diferentes: como atrapamiento en la superficie de las células, incorporación en las paredes exteriores de las células a través de procesos de intercambio de iones, y metabolismo controlado en las células. (Poikolainen, 2008)

Los musgos empezaron a estudiarse como bioindicadores más tarde que los líquenes por Rühling y Tyler en 1968 en Suecia, su estudio y uso se limita mayormente a la monitorización de las deposiciones atmosféricas de metales pesados que se acumulan en estos organismos. Estos estudios de monitorización permiten saber el impacto ecológico que producen los metales pesados sobre entornos que pueden ser de pequeño o gran tamaño. (Hernández, 2018)

#### **8.6.5.1. Técnica analítica de espectroscopia de absorción atómica.**

Es una técnica para la cuantificación de la deposición metálica (Pb y Cd), extremadamente sensible, y específica debido a que las líneas de absorción atómica son considerablemente estrechas y las energías de transición electrónica son únicas para cada elemento, en términos generales, el funcionamiento es el siguiente: el haz emitido por la fuente atraviesa el sistema de atomización que contiene la muestra en estado de gas atómico, ésta llega al monocromador que elimina la radiación que no interesa para el estudio, pasando así al revelador o detector de la radiación absorbida, que luego es procesada y amplificada, dando como resultado una lectura de salida. (Gallegos, Vega, & Noriega, 2012)

#### **8.6.5.2. Técnica analítica de cromatografía gaseosa.**

Técnica analítica para la cuantificación de la deposición de compuestos orgánicos, es útil en la separación, identificación y cuantificación de los compuestos de una mezcla se fundamenta en la diferencia de velocidades de migración de sus compuestos individuales al ser arrastrados por un gas inerte a través de un tubo relleno de un material adecuado que soporta un medio líquido fijo o estacionario. (Montoya & Páez, 2012)

### **9. PREGUNTA CIENTÍFICA**

¿Se puede verificar mediante el análisis de la información científica la capacidad de los líquenes y musgos como bioindicadores de parámetros de calidad de aire?

Sí, es posible verificar mediante el análisis científico de la información la importancia del uso de líquenes y musgos considerados como organismos vivos que tienen la capacidad de bioindicación de calidad de aire, se verificó mediante el análisis de los 20 artículos de alto y medio impacto científico seleccionados dentro del período 2015-2020, donde se observó que tanto los líquenes y musgos brindan información completa sobre los parámetros de calidad de aire, debido a que estos organismos vivos se encuentran expuestos a todos los



contaminantes que existen en la atmosfera, además cada autor resalta de manera enfática que los resultados brindan información cualitativa valiosa y que la ausencia de estos se puede considerar como un efecto principal de contaminación.

Sin embargo, como lo sugieren Barbosa y Carvalho (2016), “se deben producir nuevas investigaciones sobre bioindicación, aumentando así el conocimiento y ampliar el uso de líquenes y musgo como bioindicadores de calidad.

## **10. METODOLOGÍA**

### **10.1. Métodos, técnicas e instrumentos**

#### ***10.1.1. Investigación descriptiva***

La investigación descriptiva se utilizó para la obtención de las bases de conocimiento necesarias y la noción del estado actual del problema identificado y la importancia del uso de líquenes y musgo como bioindicadores de calidad de aire.

#### ***10.1.2. Investigación Bibliográfica***

Este tipo de investigación se utilizó para el análisis de la información recopilada en el apartado de fundamentación teórica, facilitando la identificación del problema de estudio y estableciendo conocimientos necesarios para la ejecución del presente estudio.

#### ***10.1.3. Método inductivo***

Permitió generar conocimientos científicos del papel esencial que cumplen el uso de líquenes y musgos para determinar si en un lugar determinado existe contaminación y como esto ayuda a establecer la calidad de aire. Los resultados obtenidos permitieron determinar que los líquenes y musgo se puede utilizar para indicar la calidad de aire.

#### ***10.1.4. Instrumentos***

Para la recopilación de información sobre el tema a tratar, como instrumento se utilizaron bases científicas online como, bibliotecas virtuales y bases datos científicos.

## **10.2. Metodología aplicada en la investigación**

La metodología empleada fue analítica y descriptiva, para el desarrollo de esta investigación se consideró 20 bases científicas, distribuidas de la siguiente manera; 16 estudios de cinco revistas indexadas de alto impacto regional y cuatro proyectos investigativos de instituciones de educación superior considerados como de medio impacto regional durante los años 2015-2020, para cumplir cada una de las actividades relacionadas con el logro de los objetivos se realizó un análisis exhaustivo de la información más sobresaliente durante los cinco años establecidos.

### ***10.2.1. Unidad de estudio***

El número establecido fue de 20 bases científicas clasificadas según el año de publicación, título y revista científica donde se publicaron cada uno de estas, esto ayudó a sistematizar la información y jerarquizar según rangos asignados a continuación.

Para el cumplimiento del primer objetivo se indagó en revistas indexadas en bases de alto y bajo impacto regional, para tener artículos de revistas se pasó a la inscripción en los diferentes portales webs científicos, después se elaboró una lista de control para determinar si los resultados de los estudios seleccionados fueron positivos o negativos para verificar mediante el análisis de la información científica la importancia del uso de líquenes y musgos como bioindicadores de calidad.

Con la ayuda de Excel se pudo jerarquizar las 20 bases científicas seleccionadas, donde se dividió por dos rangos significativos, en el primero se ubicó a todos aquellos artículos científicos publicados en revistas de alto impacto regional dentro de la comunidad científica, mientras tanto en el rango 2 se los jerarquizó a los proyectos de investigación de diferentes universidades tanto nacionales e internacionales como de medio impacto, se analizó de forma cualitativamente si los estudios son considerados como efectivos y que tan viables son dentro de una investigación.

Con la ayuda de un cuadro comparativo se pretendió seleccionar una base científica más sobresaliente por año para relacionar las diferencias y semejanzas, permitió observar cómo se encuentra el estado actual de la información, es decir, a pesar del paso de los años se ha producido algún cambio referido a investigaciones relacionadas.

Para el cumplimiento del último objetivo se redactó el estado actual de la información, aunque existen estudios relacionados con el tema se pudo apreciar que no hay un libre acceso a información más amplia y de rango científico más veraz debido a que en su mayoría son de paga, pese a esto se pudo verificar mediante el análisis de la información científica del uso de líquenes y musgos como bioindicadores es fiable y de alto estand científico.

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 11.1. Lista de control

Para tener una información con mayor relevancia científica se creó una lista de control donde se analizó si las investigaciones desarrolladas a lo largo del límite de tiempo planteado arrojaron resultados positivos o negativos que ayudó a verificar la pregunta científica que se planteó en el presente proyecto de investigación.

**Tabla 3**

*Lista de control*

Año Publicación	N°	Título	Aspectos a Evaluar	
			Positivos	Negativos
2008	1	Biomonitoreo de contaminantes, mediante el uso de briofitas como muestreadores biológicos.	X	
2015	2	Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en ambientes urbanos y rurales: Experiencias de transferencia.	X	

<b>2015</b>	3	Líquenes como bioindicadores de contaminación en São Gabriel – RS (Líquenes como bioindicadores da poluição em São Gabriel – RS)	X
	4	Cambios en la composición de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Loja (Ecuador)	X
<b>2016</b>	5	Estudio de la distribución de metales pesados en la atmósfera de la ciudad de Guanajuato: uso de especies de líquenes saxícolas como bioindicadores	X
	6	Análisis cientométrico del uso de briofitos como bioindicadores (Análise cienciométrica da utilização de briófitas como bioindicadores)	X
	7	Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de Guatemala	X
	8	Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba.	X
<b>2017</b>	9	Evaluación de la contaminación atmosférica por metales en musgos trasplantados en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca	X
	10	Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas	X
	11	Comparación histórica de calidad del aire del sector Las Ferias- Bogotá D.C. por medio de indicadores biológicos (líquenes)	X

<b>2017</b>	12	Uso de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire: estado de la Ciudad Universitaria (Madrid, España)	X
	13	Empleo de bioindicadores para determinar la calidad del aire en la ciudad de Tarija en puntos de muestreo de red Mónica	X
	14	Musgos como bioindicadores de metales pesados en el medio ambiente (Musgos como bioindicadores de metales pesados no ambiente)	X
	15	Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en el pasivo ambiental minero Santo Toribio, Áncash, Perú	X
<b>2018</b>	16	Primeros datos de bioacumulación de metales pesados en briofitas	X
	17	Los briofitos como bioindicadores de la calidad del aire en la vegetación del Jardín Botánico municipal de Bauru-SP (Briófitas como bioindicadoras da qualidade do ar na vegetação do Jardim Botânico municipal de Bauru-SP)	X
	18	Estudio comparativo de la presencia de metales pesados utilizando líquenes epífitos corticícolas en la ciudad de Talca, Región del Maule, Chile	X
	19	Monitoreo biológico: líquenes como bioindicadores de la calidad del aire para el desarrollo de energía geotérmica.	X

<b>2020</b>	20	Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en el corregimiento de Cabrera-Pasto
-------------	----	--

Elaborado por: Caiza Stephanie, 2020.

Con la elaboración de la lista de control se pudo establecer que todas las investigaciones desarrolladas dentro del límite de tiempo establecido han obtenido resultados positivos que permitieron verificar la capacidad de bioindicación que tienen dichos organismos vivos, pero a su vez enmarca que por falta de información de libre acceso que sirve como línea base para generar investigaciones recientemente no se han podido establecer estudios relacionados.

### 11.2. Base de datos

La información se jerarquizó dividiendo en 2 rangos con referencia a bases científicas de alto, medio impacto, donde para el rango 1 o de alto impacto regional se ubicaron todos aquellos artículos encontrados en las revistas como Scielo, Redalyc, Acta Nova Boliviana, para el rango 2 o medio impacto se ubicaron los libros virtuales y todos los proyectos de investigación de diferentes instituciones de grado superior nacionales e internacionales.

#### Tabla 4

*Base de datos rango 1*

<b>Año</b>	<b>Título</b>	<b>Revista</b>	<b>Autores</b>	<b>Idioma</b>
<b>20</b>	Cambios en la composición de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Loja (Ecuador).	Scielo	Diego Ochoa y Anabel Cueva	Español
<b>15</b>	Líquens como bioindicadores da poluição em São Gabriel – RS	Anais do Salão Internacional de Ensino.	Ehidy Peña, Geferson Metz	Portugués

2015	Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en ambientes urbanos y rurales: Experiencias de transferencia	Revistas Ciencias Agrarias	Rosanna Nora y Feldman Susana	Español
	Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba	Scielo	Nathalie Gonzales, Marcos Luján,	Español
2016	Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala	Dialnet	Gretchen Cohn-Berger y Maura Quezada	Español
2016	Análise Cienciométrica da Utilização de Briófitas como Bioindicadores	Revista del Departamento de Biología Santa Cruz de Sul	Fernando da Silva Barbosa, María Adriana	Portugués
	Study of the Distribution of Heavy Metals in the Atmosphere of the Guanajuato City: Use of Saxicolous Lichen Species as Bioindicators	Redalyc	Ana Zamor, Raúl Miranda y María Puy	Inglés
2017	Musgos como bioindicadores de metais pesados no ambiente	Acta Biomédica Brasilencia	Eliane Ferreira, Michele Aparecida dos Santos	Portugués
2017	Uso de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire: estado de la Ciudad Universitaria (Madrid, España)	Revistas Científicas Complutenses	Alberto Fontecha y Ana Rosa Burgaz	Español
	Empleo de bioindicadores para determinar la calidad del aire en la ciudad de Tarija en puntos de muestreo de red Mónica.	Scielo	Oscar Cruz	Español
2018	Primeros datos de bioacumulación de metales pesados en briofitas	Redalyc	Valentina Toledo Bruzual, Diana María Hernández de Szczurek	Español
	Briófitas como bioindicadoras da qualidade do ar na vegetação do Jardim Botânico municipal de Bauru-SP	UniSanta BioScience	Álison Luís Cara, Bruna Beatriz Giovana Paiva	Portugués

	Estudio comparativo de la presencia de metales pesados utilizando líquenes epífitos corticícolas en la ciudad de Talca, Región del Maule, Chile	Scielo	Jaime Tapia e Iris Pereira	Español
<b>2018</b>	Monitoreo biológico: líquenes como bioindicadores de la calidad del aire para el desarrollo de energía geotérmica	The Biologist	Diego Valdivia & José Iannacone	Español
	Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en el pasivo ambiental Minero Santo Toribio, Áncash, Perú	The Biologist	Diego Valdivia & Ángel Ramírez	Español
<b>2020</b>	Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en el corregimiento de Cabrera-Pasto	Scielo	Leidy Andrea Novoa Reina Yaqueline Acosta López	Español

Elaborado por: Caiza Stephanie, 2020.

La base de datos de rango 1 permitió jerarquizar la información de alta importancia científica donde se pudo detallar que la mayoría de estudios relacionados sobre el uso organismos vivos como bioindicadores de calidad de aire se realizaron en su mayoría fuera de nuestro territorio lo cual permitió analizar que en Ecuador no existe información reciente sobre el uso de esta técnica como indicador de calidad pese a que es considerada como fiable, eficaz y de bajo costo.

### Tabla 5

#### Base de datos rango 2

Año	Título	Universidad	Autores	Idioma
<b>2008</b>	Biomonitoreo de contaminantes, mediante el uso de briofitas como muestreadores biológicos, para el aire de la ciudad de Quito.	Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)	María de los Angeles García Chávez	Español



2017	Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca en el año 2017	Universidad Antonio Guillermo Urrelo (Cajamarca)	Bach. Marcia Ximena Ambrosio Mantilla y Bach. Bruno Bringas Becerra	Español
	Comparación histórica de calidad del aire del sector Las Ferias-Bogotá D.C. por medio de indicadores biológicos (líquenes)	Universidad Militar Nueva Granada (Bogotá)	Egna Vanessa Figueroa	Español
	Evaluación de la contaminación atmosférica por metales en musgos trasplantados en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca	Universidad Autónoma del Estado de México	María de los Angeles García Chávez	Español

Elaborado por: Caiza Stephanie, 2020.

Con la jerarquización de rango 2 se observó que existen proyectos investigativos relacionados al tema pero considerados que tienen resultados antiguos debido a que no se encontraron investigaciones de años recientes, esto permitió asegurar que por a la falta de acceso libre a la información en línea no permite el desarrollo de investigaciones pese que a lo largo del intervalo de tiempo determinado se ha verificado que el uso de líquenes y musgo tienen capacidad de bioindicar la calidad de aire dentro de una urbe.

### 11.3. Cuadro comparativo

Para la construcción del cuadro comparativo se tuvo en cuenta las diferencias y semejanzas, además se tomó en cuenta el artículo más sobresaliente de cada año así poder realizar una comparación de la bibliografía usada para el desarrollo de cada una de estas.

**Tabla 6***Cuadro comparativo*

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2020</b>
<b>T Í T U L O S</b>	Cambios en la composición de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Loja (Ecuador).	Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba	Musgos como bioindicadores de metales pesados en el medio ambiente.	Primeros datos de bioacumulación de metales pesados en briofitas.	Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en el corregimiento de Cabrera-Pasto.
<b>S E M E J A N Z A S</b>	Líquenes epífitos usados como bioindicadores de contaminación atmosférica. Líquenes considerados como excelentes indicadores biológicos.	Líquenes epífitos usados como bioindicadores por medio del Índice de Pureza Atmosférica. Consideradas especies con alto confiabilidad de bioindicación.	Organismos vivos usados como bioindicadores de contaminación atmosférica. Organismos con alta sensibilidad a sustancias contaminantes.	Briofitas como bioindicadores de calidad de aire. Briofitas eficaces como indicadores de calidad de aire en una urbe.	Líquenes utilizados para medir el índice de calidad mediante la metodología IPA. Líquenes poseen excelentes características de bioindicación.
<b>D I F E R E N C I A S</b>	El foco investigación Se basó en los parques alrededor de la urbe, dando como resultado mayor de calidad por ausencia de flujo vehicular.	Líquenes afectados directamente por contaminantes como: NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> e indirectamente por las condiciones climatológicas.	Estudio basado en las bases de bioindicación de contaminación atmosférica con la utilización de musgos con alta tasa de toxicidad de metales pesados.	Se comprobó que las briofitas no solo pueden bioindicar la contaminación sino también como bioamulador de contaminantes nocivos como los metales pesados.	Dicha investigación se basó en la observación directa en campo y el en crecimiento de líquenes a lo largo del área de estudio.

Elaborado por: Caiza Stephanie, 2020.

En dicho cuadro se empleó la metodología de comparación cualitativa entre las semejanzas y diferencias, se planteó la elección de un solo artículo por año

debido a la relevancia científica para sustentar la información sobre la importancia del uso de líquenes y musgo como bioindicador de calidad de aire, donde cada autor menciona de manera enfática que estos organismos vivos tienen un rango de eficacia excelente, confiable y viable.

#### **11.4. Estado actual de la información**

Se considera que cualquier actividad antropogénica puede generar contaminación al medio ambiente, en los estudios analizados en su gran mayoría se han centrado como foco de investigación en las grandes ciudades debido al incremento de emisión de gases nocivos, debido al aumento del tráfico vehicular e industrias que utilizan tecnologías obsoletas para su producción. Por ello a lo largo de los años se ha implementado el uso de organismos vivos que permiten determinar de manera cuantitativa – cualitativa la calidad de aire de una zona determinada, tomando en consideración que dichos organismos se ven afectados si la concentración de algún contaminante incrementa desmesuradamente en su entorno, aunque no todos los organismos vivos debido a su genética y morfología soportan sus nuevas características en su entorno y como resultado a ello van desapareciendo. Estos seres vivos se los ha denominado como bioindicadores y su empleo constituye un método que reporta grandes ventajas, como su costo reducido, fácil acceso a los materiales a emplearse y reconocido a nivel internacional.

Actualmente los organismos vivos más utilizados son los líquenes y recientemente la implementación de musgo para determinar las anomalías en cuanto a calidad de aire de una zona a determinar, algunos estudios han ido desarrollando dicha metodología que han dado un resultado positivo, con ello se puede especular que dichos bioindicadores son de vital importancia dentro de un lugar para determinar si el aire que nos rodea es de calidad o presenta algún tipo de anomalías, además cabe resaltar que en algunas investigaciones caracterizan a dichos bioindicadores especiales para detectar tipos de contaminantes como: metales pesados y BTX, a continuación se presentan dichas investigaciones más relevantes que afirman la importancia del uso de líquenes y musgo como bioindicadores para determinar la calidad de aire de cualquier zona determinada;

Por, **Barbosa y Santos Carvalho.** (2016), en su artículo: Análisis cientométrico del uso de briofitos como bioindicadores (Análise cientométrica da utilização de briófitas como bioindicadores), mencionaron que, dichos estudios relacionados tienen alto porcentaje (76.87%) que se concentraron en los últimos 10 años (2001 a 2011), que es una técnica de monitoreo llamativos y muy utilizada, pero recomiendan el incremento de estudios sobre los bioindicadores de calidad de aire y en especial la expansión a nivel internacional de uso de dicha técnica, siguiendo con **Cara, Giménez y Azebedo.** (2018), en el artículo: Los briófitos como bioindicadores de la calidad del aire en la vegetación del Jardín Botánico Municipal de Bauru-SP (Briófitas como bioindicadoras da qualidade do ar na vegetação do Jardim Botânico Municipal de Bauru-SP), afirman que, dichos organismos vivos que poseen clorofila se encuentran relacionados con la función de bioindicadores de la calidad del aire y que pueden llegar a controlar la erosión del suelo, de igual manera **Toledo, Hernández, Urbina y otros.** (2018) en su investigación: Primeros datos de bioacumulación de metales pesados en briofitas, demostraron que, la capacidad de las briofitas autóctonas mediante el estudio de la bioacumulación de metales pesados, a través del monitoreo pasivo, donde se demostraron las primeras briofitas *Tortella humilis* y la *Tortula* sp. como potenciales bioacumuladores de Zn, así como la *Pottiaceae* sp. de bioacumular Zn y Cd.

Por parte de **Noriega.** (2008) en el informe: Biomonitorio de contaminantes, mediante el uso de briofitas como muestreadores biológicos para el aire de la Ciudad de Quito, cuantificaron que, la deposición metálica, BTX en el musgo, empleando la técnica analítica conocida como cromatografía gaseosa y la técnica analítica de espectroscopia de absorción atómica, para un relace sobre la investigación sobre estos organismos vivos, por su parte **Motito y Rivera.** (2016) en su libro: Briofitas, menciona que, son un grupo de plantas con mayor sensibilidad a la contaminación atmosférica debido a la facilidad de acumular sustancias tóxicas del medio ya que sus hojas no poseen una capa epidérmica diferenciada ni cutícula, sino que generalmente consta de un solo estrato de células expuestas directamente al aire lo que permite la absorción de agentes contaminantes, además, **Loaiza y Alvarado.** (2016), en su proyecto de

investigación: Detección de la contaminación atmosférica por metales pesados mediante el uso de epífitos (bromelias, briofitos y líquenes) en diferentes zonas de la ciudad de Loja, determinaron que, los niveles de contaminación del aire por metales pesados. Elaboraron un mapa de isocontaminación en base al índice de pureza atmosférica que permitió determinar focos de contaminación en la ciudad. Determinaron una mayor concentración de metales pesados (plomo, cadmio, zinc) en las zonas céntricas de la ciudad.

Por otro lado, en la utilización de líquenes como bioindicadores **Ochoa y Cueva.** (2015), en su estudio: Cambios en la composición de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Loja (Ecuador), determinaron que, los niveles de contaminación con el Índice de Pureza Atmosférica (IPA), se establecieron puntos de monitoreo a lo largo de los parques de la dicha ciudad. Los resultados obtenidos en este estudio fueron directamente proporcionales entre mayor flujo vehicular e incremento poblacional menor calidad de aire, además los investigadores mencionaron que los líquenes epífitos pueden llegar a ser excelentes indicadores biológicos para detectar la contaminación del aire en la ciudad.

Según **Valdivia y Ramírez.** (2018) en el estudio: Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en el pasivo ambiental minero Santo Toribio Ancash, Perú, mencionaron que , el índice de Pureza Atmosférica (IPA) se calcula mediante la identificación de 42 especies de líquenes distribuidos en 15 familias y 27 géneros, siendo valores más bajos de riqueza de especies e IPA y altas concentraciones de metales pesados se encontraron en la zona pasivo, reflejando así los altos niveles de contaminación atmosférica y la eficacia del empleo de líquenes como bioindicadores de contaminación.

De igual forma en la investigación: Monitoreo biológico de líquenes como bioindicadores de la calidad del aire para el desarrollo de energía geotérmica desarrollada por **Valdivia y Iannacone.** (2018) demostraron que, la energía geotérmica es catalogada como una energía limpia, pero aun así no está exenta de producir alteraciones en el ecosistema, siendo uno de los principales impactos generados la descarga de emisiones de gases de efecto invernadero hacia la

atmósfera, también **Zamor, Miranda y Puy.** (2016) en su estudio: Distribución de metales pesados en la atmósfera de la ciudad de Guanajuato, uso de especies de líquenes saxícolas como bioindicadores, revelaron que, el líquen más sensible fue la *Aspicilia* sp, con los niveles más altos de Pb y que también tiene importantes contribuciones para la comprensión de los patrones de deposición de metales pesados y que pueden utilizarse para su posible identificación de zonas de riesgo. El uso de líquenes saxícolas ofrece un enfoque rentable para el monitoreo de la contaminación por metales pesados en la atmósfera y pueden utilizarse con eficacia en la vigilancia de la calidad del aire.

Así mismo **Peña y Metz.** (2015) en el artículo: Líquenes como bioindicadores de contaminación en São Gabriel – RS (Líquenes como bioindicadores da poluição em São Gabriel – RS) mencionaron que, la diversidad de líquenes contra gases contaminantes tiene relación con la calidad del aire y los contaminantes presentes a través de la existencia o ausencia de líquenes en ambos ambientes, del mismo modo **Pioli, Nora y Feldman.** (2015) durante su análisis: Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en ambientes urbanos y rurales; Experiencias de transferencia, afirman que, es factible caracterizar los ambientes a través de la cobertura, abundancia y frecuencia de diferentes especies liquénicas y así realizar un diagnóstico sobre el nivel de contaminación del aire en zonas rurales y urbanas, incluso **Cohn-Berger y Quezada.** (2015) en la investigación; Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala, evidenciaron que, los líquenes pueden complementar mediciones fisicoquímicas de contaminación atmosférica, especialmente donde no existe ninguna red de monitoreo por lo cual no presenta ninguna limitación alguna para la aplicación de esta técnica en futuras investigaciones, por su parte **Vargas, Pérez y Navarro.** (2016) en su investigación: Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba, comprobaron que, los líquenes epífitos se ven afectados directamente por la contaminación atmosférica por NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> e indirectamente por parámetros climáticos, además identificaron especies más tolerantes y las más sensibles a la contaminación global, así mismo **Cruz.** (2017) en su análisis: Empleo de bioindicadores para

determinar la calidad del aire en la ciudad de Tarija en puntos de muestreo de Red Mónica, consideraron que, el uso de líquenes es una alternativa económica y fácil de emplear en relación a los procesos de monitoreo tradicionales, de la misma manera **Fontecha y Burgaz.** (2017) en su artículo: Uso de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire: estado de la Ciudad Universitaria (Madrid, España), registraron que, con los taxones de líquenes epífitos en la Ciudad Universitaria se puede determinar el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) y valor de diversidad liquénica, también **Tapia y Pereira.** (2018) en la investigación: Estudio comparativo de la presencia de metales pesados utilizando líquenes epífitos corticícolas en la ciudad de Talca, Región del Maule, Chile, determinaron que, mediante una comparación de muestras de concentraciones de Cu, Cr, Fe, Pb y Zn tomadas en el año 1999 y en 2018, presentaron una alteración muy notoria e el índice de contaminación por metales pesados y que la especie más eficaz para realizar dichos estudios es la especie fruticosa.

Así mismo, **Reina y Acosta.** (2020) en su síntesis: Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en el corregimiento de Cabrera-Pasto, identificaron que, los líquenes pueden ayudar al ecosistema como bioindicadores del índice de pureza ambiental y que el problema principal de contaminación son en las zonas urbanas a nivel mundial por el exceso de crecimiento poblacional y uso de vehículos exagerado, de igual manera en el trabajo investigativo: Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca en el año 2017, **Ambrosio.** (2017) evidencio que, los organismos vivos como los líquenes usados como bioindicadores son alternativas menos costosas para el monitoreo de gases contaminantes ya que se considera como un sistema de monitoreo básico, por añadidura en el trabajo investigativo: Comparación histórica de calidad del aire del sector Las Ferias- Bogotá D.C. por medio de indicadores biológicos (líquenes) **Figueroa** (2017) determinó que, con la ayuda de una comparación histórica se evidenció que el problema de contaminación atmosférica ha crecido de manera muy crónica en especial en zonas urbanas debido al mala de distribución territorial y crecimiento poblacional.

Por otro lado, el musgo utilizado como bioindicador **García, Gómez, Vergara y otros.** (2016) en su artículo: Musgos cultivados, indicadores ambientales de contaminación atmosférica, presento que, el uso de musgos es considerada como una alternativa a los tipos de monitoreo tradicionales, evitando la extracción del musgo nativo de los sitios de monitoreo; en su lugar planteo el cultivo in vitro del musgo y su posterior exposición en los sitios de monitoreo. Con esto aseguraron la obtención de musgo no contaminado para su posterior exposición a la contaminación atmosférica.

De la misma manera en el artículo: Musgos como bioindicadores de metales pesados en el medio ambiente (Musgos como bioindicadores de metais pesados no ambiente), **Souza, Nobrega y Pontes** (2017), determinaron que, los efectos de la contaminación de los recursos naturales por trazas metálicas en el medio ambiente, se detectaron por la aplicación de musgos como bioindicadores.

Por consiguiente, con el análisis de la información científica se pudo verificar que el uso de líquenes y musgo como bioindicadores de calidad de aire, es considerada como un metodología viable y menos costosa en comparación a las metodologías tradicionales, además se considera a Ecuador como pionero en realizar dichos estudios por lo cual esta técnica no es aplicada de manera concurrencia, en cuanto a las limitaciones que se pudieron apreciar en las diferentes investigaciones analizadas fueron en su mayoría la falta de espacios verdes en las urbes lo que impide la anidación de los organismos vivos, pocos estudios relacionados con el tema y que los datos obtenidos no puedan ser comparados debido a que no existen redes de monitoreo cercanos, los autores mencionados anteriormente en sus estudios proponen mayor énfasis en el estudio de calidad de aire tomando en consideración que esto prima la estabilidad y desarrollo del ser humano en una zona determinada.

De este modo, se considera que el uso de organismos vivos como los líquenes y musgo, tienen un papel fundamental en el estudio de calidad de aire, los bioindicadores de contaminación mejor documentados, se encuentran los líquenes epífitos y el musgo común, que son aquellos que se encuentran adheridos a la corteza de los árboles. Los organismos vivos usados como



bioindicadores en todos las investigaciones analizadas arrojaron resultados positivos, donde indican que esta metodología se puede usar no solo como bioindicador de contaminación sino también como bioacumulador, es decir, que debido a la morfología y estructura de estos se puede determinar qué tipo de contaminantes se encuentra en la atmosfera, con la ayuda de técnicas desarrolladas en un laboratorio, a su vez los autores mencionan que es una técnica fácil y de costo menor.

## **12. IMPACTOS**

### **12.1. Científico**

El proyecto tiene un aporte como base científica para generar una búsqueda más eficaz sobre el análisis de la información científica del uso de líquenes y musgos como bioindicadores de calidad de aire y que esto servirá como apoyo para previas consultas que fomenten investigaciones futuras.

### **12.2. Académico**

La Investigación brinda un aporte a nivel de estudiantes universitarios, donde los alumnos podrán desarrollar actividades relacionadas con el tema tratado referido a diferentes disciplinas para titulación relacionadas a las Ciencias Ambientales.

### **12.3. Ambiental**

El proyecto investigativo tiene un aporte ambiental dando a conocer el uso de organismos vivos como bioindicadores, a pesar que no pueden dar resultados cuantitativos exactos como las metodologías físico-químicas, tanto los líquenes y musgos aportan con información integrada de la calidad de aire debido a que se encuentran expuestos a todos los contaminantes, también estos organismos vivos cubren una zona más extensa y pueden llegar indicar el desarrollo de la contaminación con el paso del tiempo, para resumir brindan información cualitativa valiosa y su ausencia puede ser considerada como un efecto notorio de contaminación. De la misma manera pretende que sea considerada como una nueva metodología de monitoreo de calidad de aire dentro de una zona determinada, por lo cual impulsa a realizar futuras investigaciones que aporten con datos significativos que den a conocer si el aire que se respira es adecuado.

## **13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **13.1. Conclusiones**

- Se ha demostrado en el análisis de la información reciente que el uso de líquenes y musgo como bioindicadores proporcionan información útil, confiable y novedosa sobre la calidad de aire y tipos de contaminantes.
- Los bioindicadores más usados es las investigaciones son los organismos epifitos, debido a sus características fisiológicas y su dependencia de fuentes áreas de nutrientes que los exponen a los contaminantes de su entorno, esto hace que el uso sea indispensable y eficaz para determinar la calidad de aire de una zona determinada.
- Se verificó con las 20 bases científicas seleccionadas durante los años 2015 – 2020 en su mayoría arrojaron resultados positivos que enmarcaron la importancia del uso de líquenes y musgos como bioindicadores de calidad de aire.
- Mediante la verificación científica se demostró que los líquenes y musgo considerados son un bioindicador de calidad de aire eficaz, además que pueden ser usados como bioacumuladores, cuyos datos pueden ser comparados con los niveles máximos permisibles de contaminación atmosférica.

### **13.2. Recomendaciones**

- Se recomienda generar una línea de investigación en la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente sobre el uso de líquenes y musgos como bioindicadores de calidad de aire.
- En virtud de los resultados para una información más amplia se podría incrementar el rango de búsqueda, ya que existen estudios relacionados al tema de años anteriores.
- Es necesario que existan proyectos experimentales relacionados al tema, puesto que la contaminación atmosférica sigue avanzando a pasos agigantados y se necesita tener datos más actualizados.
- Es primordial que los criterios de búsqueda se lo caractericen también con otros usos, como bioacumulador y biomonitor, puesto que, estos organismos vivos son capaces de acumular una cantidad significativa de contaminantes.

#### 14. BIBLIOGRAFÍA

- Ambrosio, M. (2017). *Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca en el año 2017.*
- Barbosa, F., & Santos Carvalho, M. (2016). Análisis cientométrico del uso de briofitos como bioindicadores (Análise Cienciométrica da Utilização de Briófitas como Bioindicadores). *Revista del Departamento de Biología Santa Cruz de Sul.* Obtenido de <https://online.unisc.br/seer/index.php/cadpesquisa/article/view/4596>
- Briones, R., Ríos, E., Calderón, L., Bravo, A., Gómez, C., & Ocegüera, E. (2016). *Compuestos contaminantes de la atmósfera.*
- Cambón, A. (octubre de 2018). *Indicadores.* Recuperado el 14 de julio de 2020, de [https://www.uv.mx/personal/lbotello/files/2018/10/INDICADORES\\_A.pdf](https://www.uv.mx/personal/lbotello/files/2018/10/INDICADORES_A.pdf)
- Canseco, A., Anze, R., & Franken, M. (2006). *Comunidades de líquenes: Indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia, ACTA NOVA.*
- Capó Marti, M. (2007). *Principios de Ecotoxicología.* Tebar.
- Cara, A., Gimenez, B., & Azevedo, G. (2018). Los briófitos como bioindicadores de la calidad del aire en la vegetación del Jardín Botánico municipal de Bauru-SP ( Briófitas como bioindicadoras da qualidade do ar na vegetação do Jardim Botânico municipal de Bauru-SP). *UniSanta BioScience.* Obtenido de <https://periodicos.unisanta.br/index.php/bio/article/view/1164>
- Castillo, F., & Roldán, M. e. (2005). *Bioteología Ambiental.* Tebar.
- Clemente, A. (30 de junio de 2016). *Repositorio Universidad de Alcalá.* Recuperado el 03 de agosto de 2020, de Algas, helechos y musgos en dermofarmacia: [https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/27122/TFG\\_Clemente\\_Delgado\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/27122/TFG_Clemente_Delgado_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Cohn-Berger , G., & Quezada, M. (2015). Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala. *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5607516>
- CONANP. (2017). *El aire: elemento de vida en la Tierra*. Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de <https://www.gob.mx/conanp/articulos/el-aire-elemento-de-vida-en-la-tierra>
- Cruz, O. (2017). Empleo de bioindicadores para determinar la calidad del aire en la ciudad de Tarija en puntos de muestreo de red Monica. *Scielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892018000100004](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100004)
- Encinas, M. (211). *Medio ambiente y contaminación. Principios Básicos*.
- Estrabau, C., Fillipinis, E., Soria, J., Schelotto, G., & Rodriguez, J. (2011). Air quality monitoring system using lichens as bioindicators in central Argentina. *Environ Monit Assess*, 375-383.
- Figuroa, V. (2017). *Comparación histórica de calidad del aire del sector Las Ferias- Bogotá D.C. por medio de indicadores biológicos (líquenes)*.
- Fontecha, A., & Burgaz, A. (2017). Uso de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire: estado de la Ciudad Universitaria (Madrid, España). *Revistas Científicas Complutenses*. Obtenido de <https://revistas.ucm.es/index.php/BOCM/article/view/61368>
- Fraume, N. (2008). *Diccionario Ambiental*. Kimpres Ltda.
- Gallegos, W., Vega, M., & Noriega, P. (2012). Espectrofotometría de absorción atómica con llama y su aplicación para la determinación de plomo y control de productos cosméticos. *La Granja, Revista de Ciencias de la Vida*, 19 - 20. Recuperado el 15 de julio de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047399003.pdf>
- García, M., Gómez, A., Vergara, N., Ortega, G., & Barrera, C. (2016). Musgos cultivados, indicadores ambientales de contaminación atmosférica. *Revista*

*Mexicana de Agrosistemas.* Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68675/2016-Musgos+cultivados.pdf?sequence=1>

Gómez , H. (2010). *Evaluación de la contaminación atmosférica empleando el líquen Parmotrema sancti-angeli.*

Gómez, D. (2013). *Evaluación del impacto ambiental.* Mundipresa.

González , C., Vallarino, A., Pérez, J., & Low, M. (Noviembre de 2017). *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental.* El Colegio de la Frontera Sur. Recuperado el 14 de julio de 2020, de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>

González, L., Guitérrez, O., Marquéz , L., Alfonso de Cristo , T., & Piña, J. (2019). Caracterización de tres bioindicadores de contaminación por metales pesados. *Scielo*, 3-18.

González, N., Pérez, M., Navarro, G., & Flores, R. (2016). Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba. *Acta nova*, 455-482.

Hawksworth, D., Iturriaga, T., & Crespo, A. (2010). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamerica de Micología [en línea]*. Recuperado el 03 de julio de 2020, de *Líquenes como bioindicadores:* [//www.reviberoammicol.com/2005-22/071082.pdf](http://www.reviberoammicol.com/2005-22/071082.pdf)

Hernández, V. (2018). Musgos y líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica. *Trabajo de fin de grado: Musgos y líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica.*

INEC. (18 de noviembre de 2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.* Recuperado el 27 de agosto de 2020, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manual-lateral/Resultados-provinciales/cotopaxi.pdf>

- Käffer, M., Azevedo, S., Alves, C., Camejo, V., Fachel, J., & Ferrão, V. (2011). *Corticolous lichens as environmental indicators in urban areas in southern Brazil, Ecological Indicators*.
- Lijteroff, R., Lima, L., & Prieri, B. (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Contaminación Ambiental*, 111 - 120.
- Loaiza, T., & Alvarado, Y. (2016). *Detección de la contaminación atmosférica por metales pesados mediante el uso de epifitos (bromelias, briofitos y líquenes) en diferentes zonas de la ciudad de Loja*. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/16167>
- Mejía, G., & Páramo, V. (2011). *Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM<sub>2.5</sub>*.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan Nacional de Calidad de Aire. República del Ecuador*. Quito.
- Montoya, S., & Páez, C. (2012). *Biblioteca Digital de la Universidad Tecnológica de Pereira*. Recuperado el 15 de julio de 2020, de <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisd/textoyanexos/66028423M798.pdf>
- Morales, N. (2011). *¿Qué es un bioindicador?* Recuperado el 14 de julio de 2020, de Biblioteca Digital Universidad de Chile: <http://bdigital.unal.edu.co/10195/1/naferedivarmoralessalinas.2011.pdf>
- Motito, A., & Rivera, Y. (2016). *Briofitas*.
- Noriega, P. (2008). *Biomonitoreo de contaminantes, mediante el uso de briofitas como muestreadores biológicos para el aire de la Ciudad de Quito*. Ediciones Abya-Yala. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6095/1/Biomonitoreo%20de%20contaminantes%20mediante%20el%20uso%20de%20briofitas%20como%20muestreadores%20biologicos%20para%20el%20aire%20de%20la%20Ciudad%20de%20Quito.pdf>

- Ochoa, D., & Cueva, A. (2015). Cambios en la composición de líquenes epifitos relacionados con la calidad de aire en la ciudad de Loja. *Scielo*, 2-5. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322015000200008&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322015000200008&script=sci_abstract&tlng=pt)
- OMS. (2011). *Calidad del aire y salud*. Recuperado el 14 de julio de 2020, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es>
- OMS. (12 de mayo de 2016). Los niveles de contaminación del aire aumentan en muchas de las ciudades más pobres del mundo. Recuperado el 03 de agosto de 2020, de *Contaminación del aire urbano: riesgos y alternativas*: <https://www.who.int/en/news-room/detail/12-05-2016-air-pollution-levels-rising-in-many-of-the-world-s-poorest-cities>
- OPS. (2018). *Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda*. Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14454:ambient-and-household-air-pollution-and-health-frequently-asked-questions&Itemid=72243&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14454:ambient-and-household-air-pollution-and-health-frequently-asked-questions&Itemid=72243&lang=es)
- Osuna, C., & Páez, F. (2011). Biomonitores de la contaminación costera con referencia a las costas mexicanas: una revisión. *Scielo*, 2-5.
- Oxford University Press. (2010). Importancia del aire para los seres vivos. Párrafo 2. Recuperado el 2020 de julio de 14, de <http://librodigital.oupe.es/oxed/alumno/ciencias-de-la-naturaleza-1-eso-mec-proyecto-adarve/ebook/5-10-1-importancia-del-aire-para-los-seres-vivos.html>
- Oyarzun, O., & Higuera, P. (marzo de 2013). *Minerales, metales, compuestos químicos, y seres vivos*. Obtenido de [http://pendientedemigracion.ucm.es/info/crismine/Geologia\\_Minas/Mineria\\_toxicidad.htm](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/crismine/Geologia_Minas/Mineria_toxicidad.htm)
- Peña Cañón, E., & Fernando Metz, G. (2015). Líquenes como bioindicadores de contaminación en São Gabriel - RS. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*. Obtenido de

[https://www.google.com/search?ei=k1FIX\\_OsC6785gKFt47AAw&q=Líquenes+como+bioindicadores+da+polui%C3%A7%C3%A3o+em+S%C3%A3o+Gabriel+%E2%80%93+RS&oq=Líquenes+como+bioindicadores+da+polui%C3%A7%C3%A3o+em+S%C3%A3o+Gabriel+%E2%80%93+RS&gs\\_lcp=CgZwc3ktYWIQA1DThAVY0](https://www.google.com/search?ei=k1FIX_OsC6785gKFt47AAw&q=Líquenes+como+bioindicadores+da+polui%C3%A7%C3%A3o+em+S%C3%A3o+Gabriel+%E2%80%93+RS&oq=Líquenes+como+bioindicadores+da+polui%C3%A7%C3%A3o+em+S%C3%A3o+Gabriel+%E2%80%93+RS&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQA1DThAVY0)

Pioli, A., Nora, R., & Feldman, S. (2015). Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en ambientes urbanos y rurales: Experiencias de transferencia. *Revista de Ciencias Agrarias*. Obtenido de <https://fcagr.unr.edu.ar/?p=6278>

PNUD. (2017). *Logros del pasado y oportunidades futuras*. Recuperado el 15 de julio de 2020, de <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/Ozone%20and%20Climate/30%20years%20of%20the%20Montreal%20Protocol%20-%20Spanish.pdf>

Poikolainen, J. (2008). *Epiphytic lichens and tree bark as biomonitors for air pollutants*.

Pousa, L., & Xoán, M. (2010). *Gestión Medio Ambiental*. Colombia U.

Quispe, K., Ñique, M., & Chuquilin, E. (2014). Líquenes como bioindicadores de la calidad de aire en la ciudad del Tingo, María, Perú. *Scielo*.

Quispe, K., & Ñique, M. (2017). *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María, Perú*.

Reina, L., & Acosta, Y. (2020). Líquenes como bioindicadores de calidad de aire en el corregimiento de Cabrera-Pasto. *Scielo*. Obtenido de <http://editorial.umariana.edu.co/revistas/index.php/BoletinInformativoCEI/article/>

Riquelme, F. (2008). *Evaluación del uso de líquenes como indicadores biológicos de contaminación atmosférica en la Quebrada de la Plata, Región Metropolitana*. Recuperado el 03 de julio de 2020, de Evaluación del uso de



líquenes como indicadores biológicos de contaminación atmosférica en la Quebrada de la Plata, Región Metropolitana.

Romero, O., & Muñoz, D. (2006). *Introducción a la Ingeniería. Un enfoque industrial*. Thomson. Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0026-17422015000500044&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422015000500044&lng=es&tlng=es).

Rubiano Olaya, L., & Chaparro de Valencia, M. (2006). *Delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la universidad nacional de Colombia mediante el análisis de bioindicadores (líquenes epífitos)*.

Secretaria Facultad CAREN. (2019). *Piktochart*. Recuperado el 27 de agosto de 2020, de <https://create.piktochart.com/output/38484059-promocion-carrera-19>

Segura, S. (2013). *Repositorio Universidad Central del Ecuador*. Recuperado el 03 de 07 de 2020, de Caracterización de la contaminación atmosférica en sies parques recreacionales del Distrito Metropolitano de Quito mediante el uso de Bioindicadores: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/678/1/T-UCE-0012-145.pdf>

Sosa, M. (2011). *Química I*. Pearson Educación.

Souza, E., Nobrega, A., & Pontes, S. (2017). *Musgos como bioindicadores de metales pesados en el medio ambiente*.

Spribille, T., Tuovinen, V., Resl, P., Vanderpool, D., Wolinski, H., Aime, M., & Mayrhofer, H. (2016). *Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens*. Science.

Tapia, J., & Pereira, I. (2018). Estudio comparativo de la presencia de metales pesados utilizando líquenes epífitos corticícolas en la ciudad de Talca, Región del Maule, Chile. *Scielo*. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-66432018000100494](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432018000100494)

- Toledo , V., Hernández , D., Urbina, C., & Creazzola, F. (2018). Primeros datos de bioacumulación de metales pesados en briofitas. *Scielo*. Obtenido de [https://www.google.com/search?ei=Q1NIX-SCOOyO5wKU2qnQCQ&q=Primeros+datos+de+bioacumulaci%C3%B3n+de+metales+pesados+en+briofitas&oq=Primeros+datos+de+bioacumulaci%C3%B3n+de+metales+pesados+en+briofitas&gs\\_lcp=CgZwc3ktYWlQA1CSmgJYkpoCYNKdAmgBcAB4AIABowKIAaM](https://www.google.com/search?ei=Q1NIX-SCOOyO5wKU2qnQCQ&q=Primeros+datos+de+bioacumulaci%C3%B3n+de+metales+pesados+en+briofitas&oq=Primeros+datos+de+bioacumulaci%C3%B3n+de+metales+pesados+en+briofitas&gs_lcp=CgZwc3ktYWlQA1CSmgJYkpoCYNKdAmgBcAB4AIABowKIAaM)
- UNESCO. (2017). *Cátedra UNESCO para la sostenibilidad*. Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de <http://unescochair.esci.es/>
- Valdivia , D., & Ramírez, A. (2018). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en el pasivo ambiental minero Santo Toribio Ancash, Perú. *The Biologist (Lima)*. Obtenido de <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/223>
- Valdivia, D., & Iannacone, J. (2018). Monitoreo biológico: líquenes como bioindicadores de la calidad del aire para el desarrollo de energía geotérmica. *The Biologist (Lima)*. Obtenido de <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/232>
- Vargas, N., Pérez, M., & Navarro, G. (2016). Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba. *Scielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892016000200006](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892016000200006)
- Zamor, A., Miranda, R., & Puy, M. (2016). Estudio de la distribución de metales pesados en la atmosfera de la ciudad de Guanajuato: uso de especies de líquenes saxícolas como bioindicadores. *Scielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432017000100111](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432017000100111)

# ANEXOS

## Anexo No. 1. Aval de traducción



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Centro  
de  
Idiomas

### CENTRO DE IDIOMAS

#### AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por la señorita Egresada de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **CAIZA MONTAGUANO STEPHANIE DAYANNA**, cuyo título versa **"ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE LÍQUENES (*Cup Lichen*) Y MUSGO (*Bryophyta sp*) UTILIZADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AIRE"**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

MSc. Diana Karina Taipe V.  
C.C. 1720080934  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**



CENTRO  
DE IDIOMAS

**Anexo No. 2. Hoja de vida del tutor****WILMAN PAOLO CHASI VIZUETE****HOJA DE VIDA****1. DATOS PERSONALES**

Nombres y apellidos: Wilman Paolo Chasi Vizuite

Cedula de ciudadanía: 050240972-5

Fecha de nacimiento: 05 de agosto de 1979

Domicilio: Parroquia Guaytacama (Barrio Centro, Calle Sucre)

Números telefónicos: Convencional 032690063 Celular: 0984203033

E-mail: [paolochv@yahoo.com.mx](mailto:paolochv@yahoo.com.mx) / [wilman.chasi@utc.edu.ec](mailto:wilman.chasi@utc.edu.ec)

Lugar de trabajo: Universidad Técnica de Cotopaxi (Campus Salache)

Dirección de trabajo: Cantón Latacunga, Parroquia Eloy Alfaro, Sector Salache

Teléfono del trabajo: 032266164

E-mail del trabajo: [care@utc.edu.ec](mailto:care@utc.edu.ec)**2. ESTUDIOS REALIZADOS**

Instrucción primaria: Escuela “Simón Bolívar”

Instrucción secundaria: Instituto Tecnológico “Vicente León”. Latacunga / Cotopaxi.

Título: Bachiller en Ciencias Físico Matemáticas

Instrucción superior: Universidad Técnica Cotopaxi. Latacunga / Cotopaxi.

Titulo tercer nivel: Ingeniero Agrónomo

Instrucción superior: Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE. Sangolquí / Pichincha

Titulo cuarto nivel: Magister en Agricultura Sostenible



### 3. EXPERIENCIA LABORAL

#### 3.1. Experiencia Profesional

- Asistente Técnico Nutrición y Fertilización SIERRAFLOR Cía. Ltda.
- Jefe de Finca FLORICESA Florícolas del Centro S.A

#### 3.2. Experiencia en Docencia universitaria

- Docente Ocasional Tiempo Completo. Universidad Técnica de Cotopaxi.

##### 3.2.1 Experiencia profesional en el campo del conocimiento.

- Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Carrera de Ingeniería Agronómica, Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Ambiental. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Dirección de proyectos de vinculación. Dirección de Vinculación con la Sociedad. Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### 3.3. Experiencia en funciones de gestión académica

- Comisionado de Vinculación social de La Carrera de Ingeniería ambiental. Universidad Técnica de Cotopaxi. Periodo octubre 2016 – hasta la actualidad.

### 4. CURSOS DE CAPACITACION PROFESIONAL

N.-	NOMBRES: CAPACITACIÓN / PERFECCIONAMIENTO	NOMBRE CAPACITADOR / INSTITUCIÓN	AÑO
1	Seminario Manejo y Conservación de Suelos	Universidad Técnica de Cotopaxi	2014
2	II Simposio de Fisiología Vegetal	Colegio de Ciencias e Ingeniería y el Departamento de Ingeniería en Agroempresas de la Universidad San Francisco de Quito	2014

3	Taller de Calidad Ambiental del Agua y Meteorología GADPC - INAMHI	Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotopaxi  La dirección de Gestión Ambiental y El INAMHI	2015
4	Diseño Experimental	Dirección de Investigación –UTC	2015
	Sistemas de Información Geográfica SIG VIRTUAL	Dirección de Investigación –UTC	2015
5	Curso de Agricultura Orgánica	Lamierdadevaca.com	2016
6	Congreso Internacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Un Nuevo Reto Para la conservación Ambiental	Universidad Técnica de Cotopaxi  CECATERE	2017
7	Congreso Internacional en Producción Agropecuaria	Universidad Técnica de Ambato	2017
8	Los Recursos Hídricos de la Provincia de Cotopaxi	Universidad Técnica de Cotopaxi	2018

##### 5. CURSOS DE CAPACITACION PERFECCIONAMIENTO DOCENTE

N.-	NOMBRES: CAPACITACIÓN / PERFECCIONAMIENTO	NOMBRE CAPACITADOR / INSTITUCIÓN	AÑO
1	I Seminario Regional “Perspectivas de la Universidad Ecuatoriana”	Universidad Técnica de Cotopaxi	2014
2	Taller de transparencia, Participación Ciudadana, Control Social y Lucha Contra la Corrupción	Función de Transparencia y Control Social	2014
3	Gestión Pública, Desarrollo Local y Descentralizada.” Conocimiento en la practica	Misión Técnica Internacional de Capacitación	2015

<b>4</b>	I Encuentro de Educación Intercultural Bilingüe	Universidad Técnica de Cotopaxi	2015
<b>5</b>	Seminario Educación Superior Agropecuaria y Recursos Naturales	Universidad Técnica de Cotopaxi	2016
<b>6</b>	Seminario Internacional de Educación Inicial “Primeros pasos para un aprendizaje de calidad”	Universidad Técnica de Cotopaxi	2016

#### **6. SEMINARIOS DICTADOS**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Institución</b>	<b>Año</b>	<b>Duración en Horas</b>
<b>1</b>	Regeneración Y Conservación De Suelos Agrícolas Para La Producción Sostenible De Alimentos	Universidad Técnica De Cotopaxi	2018	40

#### **7. PROYECTOS REALIZADOS**

Tipo: Vinculación

Tema: Estrategias de sensibilización y conservación ambiental en sectores priorizados de la Provincia de Cotopaxi.

Estado: En ejecución

Tipo: Vinculación

Tema: Restauración forestal con especies nativas en las comunidades y parroquias de la provincia de la provincia de Cotopaxi Estrategias de sensibilización y conservación ambiental en sectores priorizados de la provincia de Cotopaxi.

Estado: En ejecución



## 8. ARTICULOS PUBLICADOS (PRODUCCION CIENTIFICA)

- CONTEMPORARY RESEARCHS ON AGRICULTURAL PESTICIDES: CHALLENGES FOR THE FUTURE Publicado en Avid Science Book (Pesticides) Chapter 3. ISBN 978-93-86337-19-1
- MORFOLOGÍA, FENOLOGÍA, NUTRIENTES Y RENDIMIENTO DE SEIS ACCESIONES DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz and Pav (MASHUA) Publicado en Tropical and Subtropical Agroecosystems, 21 N° 1 (2018) ISSN :1870-0462
- EVALUACION DE ENMIENDAS ORGANICAS EN TRES CULTIVOS DE SISTEMAS AGRICOLAS URBANOS Aceptado en Tropical and Subtropical Agroecosystems, 22 N° 1 (2019) ISSN :1870-0462
- COMPORTAMIENTO AGRONOMICO Y COMPOSICIÓN QUIMICA DEL PASTO TANZANIA Y BRACHIARIA BRIZANTHA EN EL CAMPO EXPERIEMENTAL LA PLAYITA UTC – LA MANA Publicado en libro de resúmenes del Congreso Internacional de Sociedad en Armonía con la Naturaleza, marzo del 26 al 28 del 2014. ISBN 978-9942-932-12-9

## 9. PONENCIAS

- PONENCIA: Agroecología base fundamental para el fortalecimiento de un nuevo modelo alimentario  
 EVENTO: Seminario Internacional de Agroecología y soberanía Alimentaria 2014  
 LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador
- PONENCIA: La Investigación agrícola en el Contexto Ecuatoriano  
 EVENTO: Segundas Jornadas Científicas 2015  
 LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador
- PONENCIA: Agricultura urbana un nuevo paradigma para la Producción de alimentos  
 EVENTO: Misión Técnica Internacional De Capacitación Sobre Gestión Pública, Desarrollo Local y Descentralización 2015.

- PONENCIA: Una Agricultura Diferente  
 EVENTO: Actualización de Conocimientos Docentes de la facultad CAREN 2017  
 LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador
- PONENCIA: Modelos agrícolas sostenibles y Regenerativos para la producción de alimentos y mitigación del Cambio climático  
 EVENTO: Congreso Internacional de Medio ambiente y Recursos Naturales 2017  
 LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador
- PONENCIA: Evaluación de Enmiendas Orgánicas en tres cultivos de sistemas agrícolas Urbanos  
 EVENTO: I Congreso Internacional en Producción Agropecuaria  
 LUGAR: Universidad Técnica de Ambato – Ecuador
- PONENCIA: Evaluación de Enmiendas Orgánicas en tres cultivos de sistemas agrícolas Urbanos  
 EVENTO: Congreso Internacional de Investigación Científica UTC 2018  
 LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador

#### **10. REFERENCIAS PERSONALES**

- Doctor Franklin Tapia Defaz. RECTOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA.
- Doctor Robin Tapia Tapia. COMISARIO PROVINCIAL DE SALUD DE COTOPAXI.
- Licenciado Olmedo Iza SUBSECRETARIO DE LA DEMARCACION HIDROGRAFICA DE LA CUENCA DEL PASTAZA
- Doctor Edison Samaniego VICERECTOR ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA.

### Anexo No. 3. Hoja de vida proponente del trabajo investigativo

#### **Stephanie Dayanna Caiza Montaguano**

**Dirección:** Fernández Salvador y Los Cipreses, Barrio Potreros Altos, Machachi.

**Teléfonos de contacto:** Fijo: 02-2315519

**Celular:** 0995526837

**Correo electrónico:** stephanie.caiza0895@utc.edu.ec



#### **1. PERFIL**

Soy una persona altamente responsable, creativa, con iniciativa y puntualidad; encuentro facilidad para trabajar en equipo, me adapto a condiciones de alta presión, así como a resolver problemas eficientemente y lograr las metas de productividad trazadas.

#### **2. FORMACIÓN ACADÉMICA**

Educación Básica: Jardín de Infantes “Consejo Provincial de Pichincha”.

Educación Primaria: Escuela Fiscal “Consejo Provincial de Pichincha”.

Educación Secundaria: Academia Militar “Miguel Iturralde”.

Título: Bachiller en Ciencias Generales

#### **3. FORMACIÓN PROFESIONAL**

Educación Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Carrera: Ingeniería de Medio Ambiente.

#### **4. EXPERIENCIA LABORAL**

##### **4.1. Practicas Pre profesionales:**

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mejía.

Departamento de Gestión Ambiental y Riesgos.

#### **5. APTITUDES INFORMÁTICAS**

- Word.
- Excel.
- PowerPoint.

## **6. IDIOMAS**

Idioma: inglés – B1. Suficiencia en inglés, avalado por la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **7. CAPACITACIONES**

- III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible, Latacunga – Ecuador.
- Capacitación a los Sujetos de Control en Planes de Manejo Ambiental, Planes de Acción, Planes de Emergencia, Informes de Cumplimiento y Auditorias en el Cantón de Latacunga, Enfocado a la Educación sobre los Problemas de Cambio Climático, Cuenca – Ecuador.
- IV Congreso Medio Ambiente y Desarrollo: “Ingeniería Ambiental Avances y Desafíos de la Conservación y Sostenibilidad en el Ecuador”, Latacunga – Ecuador.
- Taller Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental, Latacunga – Ecuador.
- Congreso Internacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Latacunga – Ecuador.
- “Diseño, Construcción y Gestión de Rellenos Sanitarios” Alcaldía de Mejía.