



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**

**Sede Ibarra**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

**TEMA:**

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LÍQUENES EN EL ÁREA ANTROPIZADA Y ÁREA DE  
VEGETACIÓN NATURAL,

COMO INDICADORES DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA PARA EL SECTOR DE  
PERUGACHI CANTÓN

OTAVALO.”

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERA EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODESARROLLO**

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:**

Línea 03. Conservación de la biodiversidad.

Sublínea: Estudio, conservación y manejo de la biodiversidad.

**AUTOR:** Estefany Carolina Quelal Narváez.

**ASESOR:** Mgs. María Fernanda López Flores.

Ibarra, 2020.



Ibarra, 06 de marzo del 2020.

Mgs. María Fernanda López Flores.

ASESORA

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f).....  

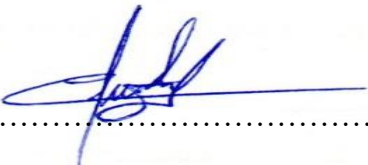

Mgs. María Fernanda López Flores.

C.C. 1002509600.




## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f).....  


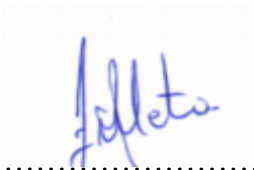
*Mgs. María Fernanda López Flores.*

*C.C.: 1002509600.*

(f).....  


*Mgs. Paola Alexandra Chávez Guerrero.*

*C.C.: 1002744090.*

(f).....  


*Ph. D. César Alonso Zuleta Padilla.*

*C.C.: 1001037546.*



## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Estefany Carolina Quelal Narváez, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 06 de marzo del 2020.

f): ...  .....

Estefany Carolina Quelal Narváez.

C.C.: 100358587-2.



## AUTORÍA

Yo, Estefany Carolina Quelal Narvález, portador de la cédula de ciudadanía N°100358587-2, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f):  .....

Estefany Carolina Quelal Narvález.

C.C.: 100358587-2



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Estefany Carolina Quelal Narváez, con C.C.: 100358587-2, autor del trabajo de grado intitulado: “Estudio comparativo de líquenes en el área antropizada y área de vegetación natural, como indicadores de la calidad atmosférica para el sector de Perugachi cantón Otavalo.” previo a la obtención del título profesional de Ingeniera en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales “ECAA”.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 06 de marzo del 2020.

f): .....  .....

Estefany Carolina Quelal Narváez.

C.C.: 100358587-2



## DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: **“Estudio comparativo de líquenes en el área antropizada y área de vegetación natural, como indicadores de la calidad atmosférica para el sector de Perugachi cantón Otavalo.”**, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 17 de enero de 2020.

Para constancia firma:

f): .....  .....

Estefany Carolina Quelal Narváz  
C.C: 1003585872.  
Ingeniería en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo.

Ibarra, 06 de marzo del 2020



## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada:

A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir y permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado que nunca hay que darse por vencida y que todo esfuerzo es al final recompensa

A mis padres Oscar y Diana quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido culminar con éxito esta gran etapa de mi vida, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, perseverancia y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi querida abuelita Rosita; a mis hermanos Oscar e Ivanna por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Este triunfo quiero dedicar también a todos mis queridos ingenieros que a lo largo de mi carrera universitaria supieron brindarme consejos, valores y conocimientos que me van ayudar a ser una excelente profesional.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, especialmente a Alan por apoyarme cuando más lo necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.



## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia agradezco a Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos en los que más lo necesitaba y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres Oscar y Diana, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación; y sobre todo gracias por su amor, sacrificio, constancia y dedicación que me dieron día tras día para llegar a ser lo que soy ahora.

A mi amada abuelita Rosita por ser mi segunda madre, por estar siempre en los momentos más importantes de mi vida, por ser un ejemplo de mujer valiente y luchadora y sobre todo por ser ese pilar fundamental en mi vida y en la de toda mi familia. Gracias por tu amor incondicional y por llevarme en tus oraciones porque estoy segura que siempre lo haces.

De igual manera a mis hermanos Oscar e Ivanna que con su amor me han enseñado a salir adelante. Gracias por ser mis compañeros de vida, pero sobre todo gracias por estar en otro momento tan importante de mi vida. A toda mi familia en general, gracias por todos sus consejos y por haber estado conmigo en el transcurso de esta etapa de mi vida.

Además, quiero expresar mi gratitud a Alan, por estar conmigo en cada una de las etapas de la realización de mi tesis, por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas y sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

Y finalmente a mi asesora de tesis la. Mgs. María Fernanda López por haberme ayudado de una forma desinteresada en todo momento, por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado que esta investigación finalice con éxito.

Gracias infinitas a todos.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTO .....	ix
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I.....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO II .....	5
OBJETIVOS .....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO III .....	6
ESTADO DEL ARTE.....	6
3.1. Calidad del Aire.....	6
3.2. Contaminación Atmosférica. ....	6
3.3. Causas de la Contaminación Atmosféricas. ....	7
3.4. Consecuencias de la Contaminación Atmosférica. ....	7
3.5. Cementeras como fuente de contaminación atmosférica. ....	8
3.6. Bioindicadores de la contaminación atmosférica. ....	8

3.7. Líquenes como bioindicadores ambientales.....	9
3.8. Morfología de los líquenes. ....	10
3.9. Formas de Crecimiento. ....	11
3.10. Tipos de Sustrato.....	12
3.11. Reproducción. ....	13
3.12. Interacción de los Líquenes con el Medio. ....	13
3.13. Cuantificación Liquélica. ....	14
3.14. Efectos de la contaminación sobre los líquenes.....	14
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>16</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
4.1. Materiales.....	17
4.2. Métodos. ....	18
4.2.1. Metodología para la fase de campo.....	18
4.2.2. Metodología para la fase de Laboratorio.....	20
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>27</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>27</b>
5.1. Fase de Campo. ....	27
5.1.1. Descripción general de la zona de estudio. ....	27
5.1.2. Tipo de Suelo.....	27
5.1.3. Vegetación.....	28

5.1.4. Altitud. ....	29
5.1.5. Clima. ....	29
5.1.6. Puntos de Muestreo. ....	29
5.1.7. Transectos. ....	32
5.1.8. Selección de Árboles. ....	32
5.1.9. Colecta. ....	35
5.1.10. Transporte. ....	40
5.2. Fase de Laboratorio. ....	41
5.2.1. Identificación Taxonómica. ....	41
5.2.2. Pruebas Químicas Generales. ....	64
5.2.3. Cuantificación líquénica. ....	67
5.3. Catálogo de Líquenes. ....	72
5.4. Socialización. ....	91
CAPÍTULO VI. ....	100
CONCLUSIONES. ....	100
CAPÍTULO VII. ....	101
RECOMENDACIONES. ....	101
CAPÍTULO VIII. ....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	102
ANEXOS. ....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Determinación de la calidad atmosférica basada en la presencia o ausencia de los diferentes tipos de líquenes .....	10
Tabla 2. Cobertura Vegetal de la Parroquia de San José de Quichinche.....	28
Tabla 3. Factores Climáticos de la Parroquia.....	29
Tabla 4. Datos obtenidos en el transecto 1 del área de vegetación natural para la selección de árboles.....	32
Tabla 5. Datos obtenidos en el transecto 2 del área de vegetación natural para la selección.....	32
Tabla 6. Datos obtenidos en el transecto 1 del área antropizada para la selección de árboles.....	33
Tabla 7. Datos obtenidos en el transecto 2 del área antropizada para la selección de árboles.....	34
Tabla 8. Datos obtenidos del número de individuos encontrados en el transecto 1 del área de vegetación natural. ....	35
Tabla 9. Datos obtenidos del número de individuos encontrados en el transecto 2 del área de vegetación natural. ....	35
Tabla 10. Datos obtenidos del número de individuos encontrados en el transecto 1 del área antropizada. ....	37
Tabla 11. Datos obtenidos del número de individuos encontrados en el transecto 2 del área antropizada. ....	37
Tabla 12. Número de especies liquénicas transportadas por cada uno de los transecto del área de vegetación natural.....	40
Tabla 13. Número de especies liquénicas transportadas por cada uno de los transecto del área antropizada. ....	41
Tabla 14. Número de familias y especies de cada una de las áreas de estudio. ....	41
Tabla 15. Listado de especies y familias colectadas en campo. ....	43
Tabla 16. Listado del número de individuos colectados por especie en el área de vegetación natural.....	44
Tabla 17. Listado del número de individuos colectados por especie en el área antropizada.....	45
Tabla 18. Identificación del color de cada una de las especies liquénicas recolectas en campo en el área de vegetación natural. ....	46

Tabla 19. Identificación del color de cada una de las especies liquénicas recolectas en campo en el área de antropizada.....	51
Tabla 20. Porcentaje de clorofila presentes en cada una de las especies liquénicas recolectas en el área de vegetación natural. ....	52
Tabla 21. Porcentaje de clorofila presentes en cada una de las especies liquénicas recolectas en el área antropizada. ....	53
Tabla 22. Comparación de los porcentajes de clorofila del área de vegetación natural y el área antropizada. ....	54
Tabla 23. Tamaño promedio de las especies liquénicas recolectas en el área de vegetación natural.....	55
Tabla 24. Tamaño promedio de las especies liquénicas recolectas en el área de antropizada.....	56
Tabla 25. Tipo de talo de las especies liquénicas recolectas en el área de vegetación natural.....	56
Tabla 26. Tipo de talo de las especies liquénicas recolectas en el área de antropizada.....	62
Tabla 27. Resultados obtenidos de la prueba química de hidróxido de potasio.....	64
Tabla 28. Resultados obtenidos de la prueba química de luz ultravioleta.....	66
Tabla 29. Resultados obtenidos de la frecuencia relativa simple y de la frecuencia relativa porcentual del área de vegetación natural. ....	67
Tabla 30. Resultados obtenidos de la frecuencia relativa simple y de la frecuencia relativa porcentual del área antropizada.....	67
Tabla 31. Factor de tolerancia de las especies liquénicas recolectadas en campo. ....	69
Tabla 32. Cálculos del IPA.....	70
Tabla 33. Categorías IPA(Índice de Pureza Atmosférica). ....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación de la investigación, en la Parroquia San José de Quichinche, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura.....	16
Figura 2. Mapa de Ubicación del área de vegetación Natural, Comunidad Perugachi, Parroquia San José de Quichinche, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura. ....	30
Figura 3. Mapa de Ubicación del área antropizada, Comunidad Perugachi, Parroquia San José de Quichinche, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura .....	31
Figura 4. Número de individuos colectados en el área de vegetación .....	36
Figura 5. Número de individuos colectados en el área antropizada.....	39
Figura 6. Número de individuos colectados en el área de vegetación natural y el área antropizada. ....	39
Figura 7. Número de individuos en el área de vegetación natural.....	44
Figura 8. Número de individuos en el área antropizada.....	45
Figura 9. Representación gráfica del porcentaje del tipo de talo de las especies liquénicas presentes en el área de vegetación natural. ....	61
Figura 10. Representación gráfica del porcentaje del tipo de talo de las especies liquénicas presentes en el área antropizada.....	63
Figura 11. Representación gráfica del factor de tolerancia de las especies liquénicas recolectadas en campo. ....	69
Figura 12. Representación gráfica del Índice de Pureza Atmosférica por cada área de estudio.....	71
Figura 13. Representación gráfica de las comodidades necesarias que brinda el lugar en donde se desarrolló la exposición. ....	91
Figura 14. Representación gráfica del material audiovisual utilizado en la exposición. ....	92
Figura 15. Representación gráfica del dominio del tema por parte del expositor.....	93
Figura 16. Representación gráfica del manejo del auditorio por parte del expositor. ....	94
Figura 17. Representación gráfica de la facilidad de expresión por parte del expositor. ...	95
Figura 18. Representación gráfica de la relevancia que tiene el tema investigado para la sociedad. ....	96

Figura 19. Representación gráfica sobre si la investigación posee perspectiva para estudios posteriores. ....	97
Figura 20. Representación gráfica acerca si el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio. ....	98
Figura 21. Representación gráfica acerca de si los objetivos planteados expuestos en la investigación, se cumplieron. ....	99

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medición de los transectos (50x2) m.....	108
Anexo 2. Medición del DAP para la selección de los árboles.....	108
Anexo 3. Elaboración de la rejilla para el inventario de las especies liquénicas. ....	109
Anexo 4. Colocación de la rejilla en cada uno de los árboles. ....	109
Anexo 5. Identificación taxonómica de las diferentes muestras colectadas en campo. ....	110
Anexo 6. Especie <i>Ramalina leptocarpha tuck</i> observada desde el estereoscopio. ....	110
Anexo 7. Medición del tamaño de la especie <i>Cora pavonia</i> .....	111
Anexo 8. Medición del porcentaje de Clorofila de la especie <i>Parmelia caperata</i> . ....	111
Anexo 9. Prueba de Química de Luz Ultravioleta de la especie <i>Teloschistes exilis</i> . ....	112
Anexo 10. Prueba de Química de Luz Ultravioleta de la especie <i>Parmelia Caperata</i> . ....	112
Anexo 11. Formato Planilla de campo. ....	113
Anexo 12. Invitación a la socialización. ....	114
Anexo 13. Registro de asistencia de la socialización. ....	115
Anexo 14. Registro fotográfico del proceso de socialización. ....	116
Anexo 15. Formato de la encuesta para la socialización de la investigación. ....	117

## **RESUMEN**

Los líquenes son bioindicadores de la contaminación atmosférica ya que poseen diversos mecanismos que les permiten absorber el agua y diferentes nutrientes de la atmósfera que están mezclados con diversos contaminante.

La aplicación de bioindicadores para percibir la contaminación atmosférica tiene varios beneficios como son la fácil aplicación, los resultados rápidos y debido a que son organismos relativamente longevos pueden permanecer expuestos a diferentes contaminantes por largos periodos facilitando la obtención de información acumulativa, completa y diferenciada gracias a su capacidad de respuesta frente a las perturbaciones del medio.

Mediante la presente investigación se pretendió crear protocolos de manejo y empleo de líquenes como bioindicadores para detectar la contaminación atmosférica, para la obtención de resultados rápidos y la posibilidad de proporcionar información acumulativa, integrada y discriminada gracias a su capacidad de respuesta frente a las alteraciones del medio, a partir de la presencia – ausencia de líquenes en los árboles de cada una de las áreas de estudio, esto permitirá sugerir nuevas alternativas de monitoreo de calidad de aire con costos más bajos y de fácil interpretación.

**PALABRAS CLAVE:** líquenes, bioindicadores, contaminación, atmosférica.

## **ABSTRACT**

Lichens are bioindicators of air pollution and the various mechanisms that allow them to absorb water and different nutrients from the atmosphere that are mixed with various pollutants.

The application of bionics to perceive air pollution has several benefits such as easy application, rapid results and because they are relatively long organisms they can remain affected to different pollutants for long periods that facilitate obtaining cumulative, complete and differentiated information thanks to its ability to respond to environmental disturbances.

Through this research, it was intended to create protocols for the management and use of lichens as bioindicators to detect air pollution, to obtain rapid results and the possibility of providing cumulative, integrated and discriminated information thanks to their ability to respond to alterations in the medium, from the presence - absence of lichens in the trees of each of the study areas, this allows us to suggest new alternatives for air quality monitoring with lower costs and easy interpretation.

**KEY WORDS.** – lichens, bioindicators, pollution, atmospheric

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El incremento de las emisiones de compuestos tóxicos a la atmósfera, en los últimos años es un problema en aumento en las ciudades y países en camino de progreso, como el efecto del desarrollo urbano e industrial (Rubiano y Chaparro, 2006).

Varios estudios que se realizaron a través de todo el mundo señalan que la contaminación atmosférica tiene demasiados impactos negativos en las ciudades y zonas rurales provocando cada año que 3,7 millones de personas contraigan enfermedades respiratorias (Franco, 2012).

La industria cementera genera una gran contaminación al ambiente, una de ellas son las emisiones tóxicas que emite a la atmósfera. Las fábricas de cemento utilizan como combustible principal coque, fuel-oíl y carbón, además en algunas de ellas se emplean también combustibles alternativos como aceites usados, neumáticos y disolventes (Andalucía, 2005). Las fuentes puntuales más importantes de manifestación de partículas son los hornos de grandes superficies, que demandan un formidable conjunto de energía para lograr temperaturas superiores a los 2000 °C, desalojando toda muestra de emisiones como partículas de polvo, gases como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono, lo que produce que todo esto se convierta en un auténtico problema para el medio ambiente (Borrás, 2017).

Dentro de las coberturas vegetales, los líquenes son un componente muy importante de la biodiversidad y en la contribución de servicios ecosistémicos en todo tipo de paisaje (Büdel y Scheidegger, 2008). La existencia de este tipo de organismos mantiene un balance en la productividad de nutrientes ya que se adaptan a diferentes sustratos tales como tierra, madera y arena, al ser organismos colonizadores primarios son capaces de desarrollarse tempranamente y comenzar a crear las condiciones necesarias para que otras especies vegetales se adapten al lugar. Los líquenes constituyen parte de la dieta y un albergue exitoso para gusanos, insectos, arácnidos, ácaros y moluscos (Coutiño y Montañez, 2000). A nivel nacional estudios realizados en el Ecuador han demostrado su

importancia en cuanto a que favorecen la permanencia y la renovación de los bosques ya que retienen y reintegran parte del agua que incide en el ambiente y actúan como factor de control en la conformación del dosel (Aguirre y Rangel, 2007). Además, presentan gran validez al momento de documentar el estado de conservación de los remanentes de bosque, gracias a su sensibilidad ante los cambios en la estructura y/o la fragmentación de los mismos (Rincón, 2011).

A nivel local en el Sector de Perugachi desde la antigüedad han utilizado los líquenes como: medicina tradicional, para fabricar tintes y como alimentos de animales y hombres, estas especies a lo largo del tiempo han ido perdiendo su importancia ecológica y cultural debido a la pérdida de conocimientos ancestrales los cuales son producidas por la globalización de culturas que tienen el poder, por lo que los procesos culturales de cada región, van cambiando sus formas de ser reemplazándolas por nuevos paradigmas estéticos, propios de la cultura dominante.

Mediante la presente investigación se pretendió crear protocolos de manejo y empleo de líquenes como bioindicadores para detectar la contaminación atmosférica, obtención de resultados rápidos y la posibilidad de proporcionar información acumulativa, integrada y discriminada gracias a su capacidad de respuesta frente a las alteraciones del medio, a partir de la presencia - ausencia de especies liquénicas en los árboles de cada una de las áreas de estudio, esto permitirá sugerir nuevas alternativas de monitoreo de la calidad del aire con costos más bajos y de fácil interpretación.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS**

#### **2.1. Objetivo general.**

Comparar la diversidad de líquenes en el área antropizada y área de vegetación natural, como indicadores de la calidad atmosférica para el Sector Perugachi, Cantón Otavalo.

#### **2.2. Objetivos específicos.**

- Determinar los puntos de muestreo en el área de estudio mediante una georreferenciación para la evaluación de especies de líquenes.
- Determinar cualitativamente la frecuencia relativa simple y porcentual por medio de la ausencia y presencia de los tipos de líquenes para el análisis de la calidad atmosférica.
- Elaborar un catálogo de líquenes del Sector de Perugachi.
- Socialización de los resultados de la investigación en el Sector de Perugachi Cantón Otavalo.

## **CAPÍTULO III**

### **ESTADO DEL ARTE**

#### **3.1. Calidad del Aire.**

Calidad del aire es la exposición en un espacio de tiempo, en una ubicación o ciudad específica a la concentración promedio de gases contaminantes perjudiciales para la salud de los seres vivos (Sans, 1989). Es decir, calidad del aire hace referencia a la cantidad de contaminantes presentes en el aire, ya sea de una alta calidad, con un nivel bajo de concentración; o una mala calidad, con un nivel elevado de concentración de contaminantes del aire.

Los contaminantes del aire pueden agruparse en dos categorías: los contaminantes primarios, que se emiten directamente a la atmósfera; y los contaminantes secundarios, que se forman en la atmósfera a partir de precursores primarios debido a reacciones químicas tales como hidrólisis, oxidación y reacciones fotoquímicas (Troposfera, 2019).

#### **3.2. Contaminación Atmosférica.**

La contaminación atmosférica se establece como “la disposición en el aire de materias, sustancias o formas de carácter que impliquen contrariedad difícil, peligro o daño para la confianza o la energía de las personas, el medio ambiente y remanente haberes de cualquier naturaleza”. El ambiente es un apropiado común preciso para la existencia. Por su estado de medio importante y por los daños que su contagio puede producir, la disposición del aire y el amparo de la ambiente ha sido, desde hace décadas, una procedencia de la administración ambiental (Mares, 2017).

### **3.3. Causas de la Contaminación Atmosféricas.**

Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican incineración, tanto en industrias como en automóviles y calefacciones residenciales, que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Así mismo, algunas industrias emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa.

La contaminación atmosférica puede poseer una forma particular, cuando los efectos ligados al origen se sufren en los contornos del propio, o astral, cuando por las características del contaminante, se ve afectado la proporción del mundo y zonas alejadas a las que contienen los focos emisores (Martínez y Díaz de Mera, 2004).

### **3.4. Consecuencias de la Contaminación Atmosférica.**

La contaminación atmosférica es la principal fuente de inconvenientes que ocurren en el planeta y esta a su vez está atada con los inconvenientes de salud que muestran los seres vivos ya que el acrecentamiento de partículas tóxicas en el aire altera su propiedad (Solís y López, 2003).

Desde el principio de la revolución industrial, las actividades antropogénicas son una de las principales causas del deterioro de la atmósfera, debido a que producen cambios en la composición química del aire, los cuales tienen como consecuencia; emisiones de partículas y gases nocivos para la salud, pérdida de elementos que protegen a los organismos vivos y emisiones de partículas que perturban el equilibrio climático de la tierra, causado principalmente por las emisiones de dióxido de azufre y dióxido de carbono emitidas por industrias cementeras (Gómez, 2019).

### **3.5. Cementeras como fuente de contaminación atmosférica.**

Las industrias cementeras representan un gran problema ambiental debido a las emisiones atmosféricas y emisiones de gases de efecto invernadero que producen, en su composición principal se encuentran: dióxido de azufre, dióxido de carbono, hidrocarburos y partículas de polvo que producen sus chimeneas.

La elaboración de cada tonelada de cemento que producen sus fábricas libera casi una tonelada de CO<sub>2</sub>, lo que supone entre el 1 y el 5% de todas las emisiones de efecto invernadero. Otra fuente puntual de contaminación que producen estas industrias son las emisiones de partículas de polvo, que son emanadas por los molinos, enfriadores de Clinker, hornos y los molinos de cemento, pese a que muchos países han realizado esfuerzos considerables para reducir el polvo en las fábricas de cemento y canteras asociadas, todavía pueden ser una gran fuente de emisión de partículas (Ecotech, 2019).

### **3.6. Bioindicadores de la contaminación atmosférica.**

Los indicadores biológicos son organismos o comunidades que pueden dar una respuesta frente a algún tipo de contaminación ambiental por medio de cambios en su fisiología o a través de su capacidad para acumular contaminantes (Pignata, 2003).

Los indicadores biológicos tienen como principal objetivo, proporcionar datos cualitativos del estado en el que se encuentra un ecosistema, a través de su presencia/ausencia o mediante cambios en su abundancia (González et al., 2014).

#### **3.6.1. Tipos de Bioindicadores.**

- **Detectores.**

Organismos que aumentan su índice de mortalidad, alteración en sus ciclos reproductivos y disminuyen su abundancia debido a la presencia de contaminantes que se encuentran en su medio, dentro de estos se encuentran los líquenes.

- **Explotadores.**

Organismos que al encontrarse solos en su ambiente o por un enriquecimiento de nutrientes producido por una alteración ambiental, obtienen un mayor aprovechamiento de nutrientes que produce un crecimiento en su población.

- **Acumuladores.**

Organismos que acumulan en sus tejidos contaminantes, en concentraciones que puedan ser medidas sin sufrir un daño para ellos (González et al., 2014).

### **3.7. Líquenes como bioindicadores ambientales.**

Los líquenes son organismos que son muy sensibles frente a perturbaciones ambientales y contaminantes atmosféricos, por lo cual son muy útiles como bioindicadores de la contaminación del aire.

En la actualidad los estudios realizados a los líquenes como bioindicadores ambientales han aumentado, al identificarse al dióxido de azufre como el factor principal que influye en la riqueza y abundancia de los líquenes (Hawksworth et al., 2005).

Cuando los niveles de contaminación atmosférica son bajos, los líquenes se desarrollan con abundancia media y alta sobre los diferentes tipos de sustrato, mientras que si la misma es alta, su riqueza y abundancia tiende a disminuir o desaparecer por completo. (Méndez y Fournier, 1980).

La presencia - ausencia de algunas especies de líquenes en una determinada área es un elemento natural importante que puede ofrecer información acerca del estado de perturbación ambiental, en este caso atmosférica.

En lugares altamente contaminados abundan los líquenes crustáceos o no hay presencia de líquenes y en lugares donde la contaminación es baja abundan los líquenes foliáceos y fruticulosos.

Tabla 1.

*Determinación de la calidad atmosférica basada en la presencia o ausencia de los diferentes tipos de líquenes*

<b>Líquén</b>	<b>Calidad Atmosférica</b>
Fruticoso.	Excelente.
Folioso.	Buena.
Crustáceo.	Regular.
Ausencia de Liquen.	Pobre.

*Nota.* Recuperado de “Estudio de Líquenes como Bioindicadores de los niveles de Contaminación en el pueblo de Guata” (Rivera, 2008).

### **3.8. Morfología de los líquenes.**

Son organismos formados por la asociación simbiótica de dos organismos diferentes, un hongo ascomiceto y un alga verde o cianobacteria. En esta asociación simbiótica, el hongo ocupará el lugar de micobionte y el componente fotosintético de fotobionte (Moreno et al., 2007).

El micobionte tiene como función principal proteger al fotobionte de las radiaciones ultravioletas, proporcionar agua y sales minerales, mientras que el fotobionte realiza la fotosíntesis y suministra al micobionte alimento y vitaminas (Vaillant, 2014).

En la totalidad de los líquenes, el micobionte construye la mayor porción de los tejidos estructurales y forma una sucesión de capas proporcionadas definidas (córtez superior, médula y córtez menor) constituidas por las hifas de la seta. Las células del alga verde, rodeadas por hifas, forman un manto (capa algal) por debajo del córtez superior.

Existen cerca de 14000 especies de líquenes en el planeta, diversos en tamaño, forma y tono. Se los puede hallar desde el inicio de los polos incluso hasta en los trópicos, a partir de zonas a nivel del océano, incluso en los picos de las montañas, y sobre todo ejemplo de plano o sustrato a partir de tierra, rocas, cortezas de árboles inclusive hasta en las partes posteriores de insectos vivos (Barreno y Pérez, 2003).

### **3.8.1. Componentes de la Simbiosis Liquélica.**

- **Micobiontes.**

La gran totalidad de micobiontes son Ascomicetes y exclusivamente unos pocos pertenecen a los Basidiomicetes o Deuteromicetes (Ryan et al., 1996).

Las funciones principales del micobionte son: suministrar un medio ambiente próspero para el fotobionte y le permita ejecutar la fotosíntesis y a la vez protegerle de la luminiscencia excesiva o peligrosa; garantizar una adecuada absorción y consentir el paso del CO<sub>2</sub> durante la fotosíntesis. Por su parte, el micobionte aprovecha gran fragmento de los nutrientes producidos en la fotosíntesis, asegurándose asimismo una primordial fuente de alimento. ´

- **Fotobiontes.**

Constan cerca de 40 géneros de algas y cianobacterias reportados como fotobiontes. (Nash III, et al., 2002).

La principal función del fotobionte en el liquen es el de responder a la fotosíntesis para producir hidratos de carbono a partir de CO<sub>2</sub> y agua.

### **3.9. Formas de Crecimiento.**

La correspondencia entre el micobionte y el fotobionte establece la forma y el tipo de progreso del liquen, siendo el micobionte el que primariamente determina el aspecto del talo del liquen (Cubas et al., 2010).

Es así, que se diferencian primariamente los líquenes crustáceos, foliosos y fruticosos:

- **Crustáceos.**

Los líquenes crustáceos están vigorosamente acoplados al sustrato (Cubas, et al., 2010), debido a esto no logran ser apartados sin arruinar el talo o destituir parte del sustrato. Este tipo de líquenes tienen escasez de corteza inferior y su desarrollo es de unos milímetros por año.

- **Foliosos.**

Los líquenes foliosos poseen forma similar a hojas, el talo es aplastado y está fraccionado en lóbulos. (Medina, 2018).

Están parcialmente acoplados al sustrato, por lo que se les puede mover de manera intacta del sustrato. Además, estos líquenes captan el agua tanto del sustrato como de la atmósfera (Barreno y Pérez, 2003).

- **Fruticulosos.**

Los líquenes fruticulosos son líquenes en forma de arbusto, barbados o en forma de tiras o tubos que se fijan al sustrato y se ramifican hacia el ápice. Sobresalen del sustrato y pueden ser erectos o colgantes y crecen alrededor de 1 a 2 centímetros por año. Su talo, a diferencia de los del tipo folioso, tiene una simetría radial, la cual no permite diferenciar un córtex inferior y superior. (Barreno y Pérez, 2003).

### **3.10. Tipos de Sustrato.**

Según Judkevich et al., (2009), los líquenes poseen una gran diversidad de sustratos que les ayuda a establecerse en una superficie estable.

- **Cortícola:** Crecen sobre cortezas de árboles y arbustos.
- **Saxícola:** Crecen sobre rocas.
- **Terrícola:** Crecen sobre el suelo, su fijación depende de la composición química y física del suelo y su pH.
- **Musícola:** Crecen sobre musgos.

- **Folícolas:** Crecen sobre hojas caídas.
- **Liquenícolas:** Crecen como parásitos sobre otros líquenes.

### **3.11. Reproducción.**

Los líquenes presentan dos tipos de reproducción: sexual y asexual. La reproducción asexual tiene lugar por la fragmentación del talo, la pérdida de agua por desecación hace que el talo se vuelva frágil, rompiéndose por el viento, facilitando la dispersión de los fragmentos. Cada fragmento puede originar un nuevo talo en otro lugar, esta es la forma de reproducción más común entre los líquenes (Barreno y Pérez, 2003).

La reproducción sexual está a cargo del hongo, que desarrolla unas ascocarpos ya sea en forma de apotecio o de peritecio. Los apotecios en forma de disco abierto, se presentan sobre el talo, mientras que los peritecios se hunden en él y liberan las esporas. Muchos líquenes logran arrastrar consigo algunas células asegurando así la formación de un nuevo liquen. (Ilbca, 2019).

### **3.12. Interacción de los Líquenes con el Medio.**

Las vegetaciones de líquenes varían en función de la situación geográfica, el macroclima, las características del sustrato, y de la influencia que ejercen los otros seres vivos del territorio donde se encuentran, así como también tiene gran influencia, disponibilidad de agua, pH, composición química, deposición atmosférica, entre otros (Langmann et al., 2014).

Los líquenes son los mayores componentes de las comunidades epifitas, donde sus mayores competidores son los briofitos.

Otros factores ecológicos que inciden sobre las comunidades de líquenes son la luz, temperatura y la competencia con otros organismos epífitos. La luz es un factor ecológico relevante; su intensidad, cantidad y calidad que reciben las distintas partes de un determinado árbol, determinan diferentes ambientes fóticos para los líquenes. De hecho, son pocas las especies de líquenes que viven habitualmente en localidades umbrías. La temperatura influye decisivamente sobre su metabolismo (Barreno y Pérez, 2003).

La concurrencia entre las especies liquénicas que van a coexistir en una misma comunidad genera competencia por espacio, donde las poblaciones con mayor capacidad y adaptación tendrá mayor capacidad de colonización. De la misma manera, la concurrencia con briófitos, plantas vasculares y otros microorganismos influyen de manera decisiva sobre la vegetación liquénica (Barreno y Pérez, 2003).

### **3.13. Cuantificación Liquénica.**

- **Frecuencia.**

Permite determinar el número de transectos en que aparece una determinada especie, con relación al total de transectos inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en un transecto, mientras que la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Alvis, 2009).

- **Índice de Pureza Atmosférica.**

El índice de pureza atmosférica lo realizó por primera vez Sernander en 1926, después de observar una reducción significativa de las comunidades liquénicas en Estocolmo, en la cual relaciono la presencia o ausencia de especies liquénicas con el aumento de la contaminación ambiental y el crecimiento de la zona urbana (Nash III et al., 2002).

Después de varios estudios se establecieron escalas de tolerancia del dióxido de azufre para comunidades liquénicas, las cuales fueron usadas principalmente en Europa (Nimis, et al, 2002). En el año de 1988, Kirschbaum elabora una adaptación del IPA canadiense y crea un método cuantitativo para describir las especies liquénicas (CEAM, 2016).

### **3.14. Efectos de la contaminación sobre los líquenes.**

Se ha comprobado que los compuestos de azufre dañan gravemente a los líquenes. El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) de la atmósfera penetra directamente en el talo liquénico en forma gaseosa. Otros compuestos como iones sulfato, sulfito y bisulfato lo hacen disueltos en el agua de la lluvia.

Todos estos contaminantes se concentran en el talo y de esta forma desciende el pH del medio en el que crece el ficobionte, que en definitiva, es el que se ve más afectado por la contaminación.

Concentraciones de 0,035 ppm de SO<sub>2</sub>, en la atmósfera pueden llegar a ser 1.000 veces superiores en los talos liquénicos. En medio ácido, el SO<sub>2</sub> se disuelve fácilmente interfiriendo en el transporte de protones del nicotinadeninucleotidofosfato (NADP+) y, por tanto, incidiendo negativamente en la fotosíntesis y en la fijación del nitrógeno atmosférico de los líquenes. A valores de pH bajos (3-4,5), las clorofilas se oxidan irreversiblemente, mientras que a valores más altos no se degradan, a no ser que la concentración de SO<sub>2</sub> sea muy elevada. También la respiración de ambos simbioses se ve afectada por los compuestos azufrados (Bermúdez et al., 2000).

El descenso en la respuesta fotosintética o respiratoria es del 20 al 50% durante seis-ocho semanas, mientras que la bajada de actividad nitrogenásica es mucho más rápida y drástica, del orden del 80 al 90% en dos semanas de exposición al contaminante.

Estas alteraciones se traducen a nivel morfológico en variaciones de la estructura del talo, necrosis de tejidos, proliferación de soredios como formas de defensa frente a la contaminación, cambio de color y aparición de manchas blanquecinas.

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en dos fases, una de campo y una de laboratorio. La fase de campo se realizó en la Provincia de Imbabura, Cantón Otavalo, Parroquia San José de Quichinche, en la Comunidad Perugachi, alrededor de la fábrica de cemento UNACEM, mientras que la fase de laboratorio se hizo en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede-Ibarra.

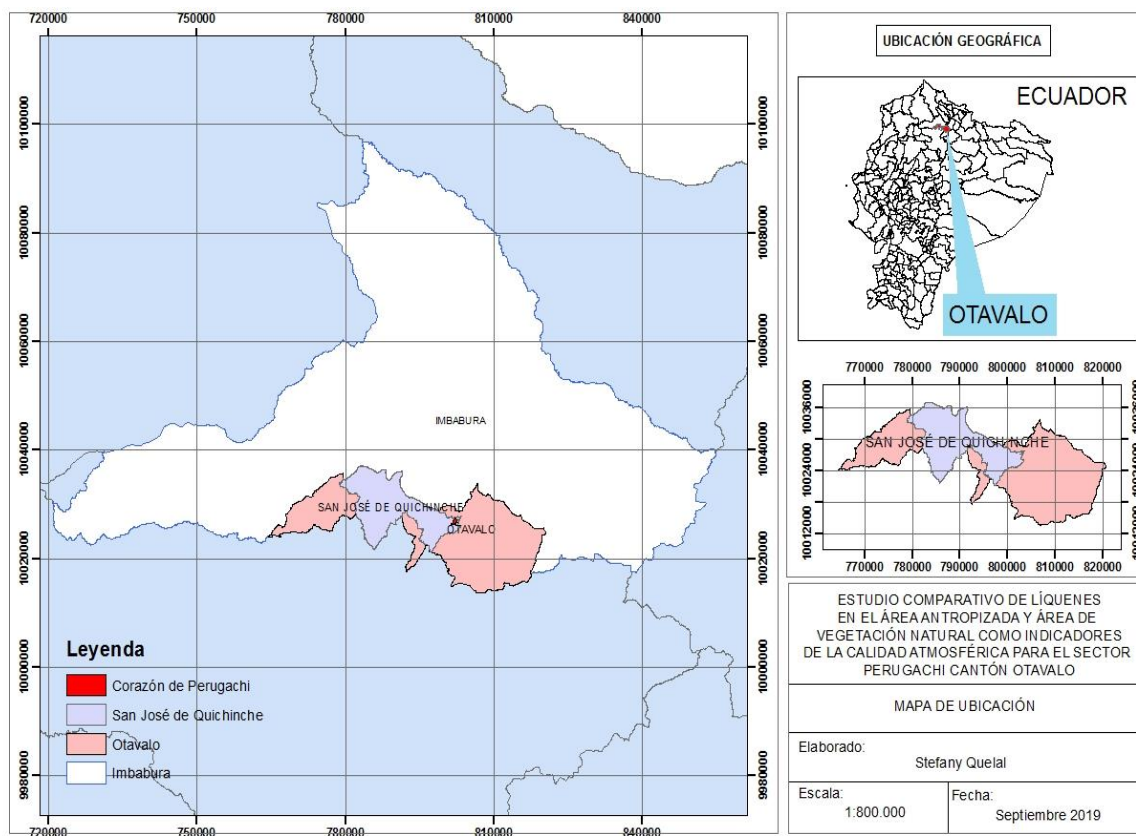


Figura 1. Mapa de Ubicación de la investigación, en la Parroquia San José de Quichinche, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura.

Elaborado por: El Autor.

#### **4.1.Materiales.**

##### **Materiales de Campo.**

- GPS Garmin 76 CSx; A:  $\pm 3$ , 65 m.
- Planilla de registro de datos.
- Flexómetro.
- Fundas de papel.
- Espátula.
- Playo.
- Piola.
- Gradilla de 20x50 cm.
- Cámara fotográfica.
- Lupa
- Guía taxonómica de Líquenes.
- Calibrador.

##### **Materiales y Equipos de Laboratorio.**

##### **Material botánico (insumos)**

- Especímenes de Líquenes.

##### **Materiales.**

- Mortero.
- Capsula de porcelana.
- Probeta de 100ml.
- Vaso de precipitación 100ml.

##### **Equipos.**

- Cámara de luz ultravioleta.
- Medidor de clorofila Minolta Spad 502 plus.
- Microscopio KRÜSS; 0 - 200 $\mu$ m; A:  $\pm 2\mu$ m.
- Tablas colorimétricas de semillas.

## **Reactivos.**

- Hidróxido de Potasio al 10%.

## **Materiales de Oficina.**

- Computadora HP 14 ck00051a.
- Hojas de cálculo electrónica.
- Libreta de apuntes.
- Software ArcGis 10.3.1

## **4.2.Métodos.**

### **4.2.1. Metodología para la fase de campo.**

- **Ubicación**

Esta investigación se realizó en el cantón Otavalo, parroquia San José Quichinche, comunidad de Perugachi, en donde se consideraron 2 áreas de estudio: un área antropizada ubicada en los alrededores de la fábrica cementera UNACEM y un área de vegetación natural ubicada en la comunidad Perugachi a 3.2 km de la fábrica cementera UNACEM.

- **Transectos.**

Para realizar el muestreo de líquenes, la presente investigación se basó en la metodología de Moncada, et al., (2015) para la evaluación de la frecuencia relativa simple y porcentual del sector.

Para cada una de las áreas se establecieron dos transectos de 50 metros de largo por 2 metros de ancho en línea recta, debido a que la cobertura vegetal del área antropizada es mínima por lo que se escogieron sitios donde existió una mayor cantidad de árboles,

Los transectos se ubicaron por áreas; dos ubicados a los alrededores de la fábrica cementera UNACEM y dos en el área de vegetación natural en el mismo piso altitudinal. Al no contar con una mayor cantidad de árboles en el área antropizada no se pudo establecer más que dos transectos por cada área y de este modo poder establecer una comparación entre las dos áreas.

Dentro de cada uno de los transectos se procedió a tomar cuatro puntos con el GPS Garmin 76 CSx; A:  $\pm 3,65$  m formando un rectángulo, con el fin de georeferenciar cada transecto y con la ayuda de una piola se procedió a delimitar la zona de estudio.

- **Selección de Árboles.**

Para la selección de árboles en cada uno de los transectos se siguió la metodología utilizada por ASTA, (2003), el número de árboles depende del tamaño de cada uno de los transectos, por lo tanto se procedió a seleccionar 6 árboles con características similares, con el objetivo de homogenizar el sustrato, por cuanto el desarrollo de los líquenes está sujeto a las características del hospedero Riquelme, (2008). Cada uno de los forófitos seleccionados poseen un DAP (diámetro a la altura del pecho) mayor a 20 cm, excluyendo árboles inclinados y con la corteza dañada.

- **Colecta.**

Para el inventario del material encontrado en campo se procedió a la recolección de los especímenes en cada transecto con la metodología propuesta por Chaparro y Aguirre, (2002), la cual se basa en recurrir a la utilización de una gradilla de alambre de 10 x50 cm, que fue dividida en 20 cuadrados iguales de 5 cm de lado, la cual se colocó a una altura de 120 cm del suelo y se optará por el lado del árbol con mayor cobertura de líquenes; con la ayuda de una navaja o cuchillo se colectó el liquen con una pequeña porción del sustrato, para asegurar la presencia de todas las estructuras.

Posteriormente se realizó el registro de datos que fueron apuntados en la planilla de campo diseñada para este estudio (Anexo 11. Formato Planilla de campo). A de más, se fotografió cada uno de los especímenes y áreas de estudio, para finalmente introducir las en bolsas de papel debidamente etiquetadas para evitar su putrefacción.

En cada transecto se determinó el número de individuos que presenta cada uno de los árboles seleccionados posteriormente.

- **Transporte.**

Para el transporte de las muestras colectadas (muestras en fundas de papel) se siguió el protocolo de manejo de especies vegetales del Herbario de la PUCE- SI ( PUCESI. 2018).

#### **4.2.2. Metodología para la fase de Laboratorio.**

- **Identificación Taxonómica.**

La identificación taxonómica de cada uno de los especímenes recolectados en campo se realizó mediante diferentes claves taxonómicas de varios autores y a través de la comparación de diferentes líquenes que se encontraban en el herbario de la Pontificia Universidad Católica Sede –Ibarra.

- **Periodo de Cuarentena.**

Para realizar el periodo de cuarentena se siguió el protocolo de manejo de especies vegetales del Herbario de la PUCE- SI que consiste en las siguientes actividades:

- a) Utilizar el equipo de seguridad personal (mascarilla, guantes, en caso de ser necesario cofia).
- b) Llenar el ingreso de muestras botánicas.
- c) Desinfectar las muestras con alcohol al 60%.
- d) Prensar y codificar correctamente las muestras botánicas.
- e) Sellar las muestras dentro de una funda plástica transparente.
- f) Colocar las muestras en el congelador a -2°C de 6 a 48 horas de acuerdo el grupo taxonómico.

- **Periodo de Secado.**

Para realizar el periodo de secado se siguió el protocolo de manejo de especies vegetales del Herbario de la PUCE- SI que consiste en las siguientes actividades:

- a) Utilizar el equipo de seguridad personal (mascarilla, guantes, en caso de ser necesario cofia).
- b) Desinfectar las muestras con alcohol al 60%.
- c) Codificar las muestras correctamente.

- d) Ubicar las muestras prensadas en cartón, papel absorbente, papel periódico y tablas.
- e) Colocar las muestras en el deshidratador de 30 a 70°C de 10 a 72 horas de acuerdo al grupo taxonómico.
- f) Retirar las muestras del deshidratador.
- g) Verificar que el deshidratador quede correctamente cerrado y apagado.
- h) Llenar la hoja de registro de salida de muestras botánicas.

- **Periodo de Montaje.**

Para realizar el periodo de montaje se siguió el protocolo de manejo de especies vegetales del Herbario de la PUCE- SI que consiste en las siguientes actividades:

- a) Utilizar el equipo de seguridad personal (mascarilla, guantes, en caso de ser necesario cofia).
- b) Codificar las muestras correctamente.
- c) Ubicar las muestras deshidratadas en bolsas de papel.
- d) Identificar las características taxonómicas.
- e) Ubicar correctamente la etiqueta.
- f) Utilizar solo el material que vaya a necesitar para evitar el mal uso del mismo.
- g) Llenar la hoja de registro de salida de muestras botánicas.

- **Identificación morfológica y anatómica.**

Cada una de las especies fueron analizadas morfológicamente y anatómicamente en el herbario de la Pontificia Universidad Católica Sede –Ibarra, utilizando un microscopio marca KRÜSS; 0 - 200µm; A: ± 2µm con el objetivo de identificar estructuras morfológicas y anatómicas importantes como son: color, porcentaje de clorofila presente, tamaño, tipo de talo, órgano reproductor y tipo de esporas.

- **Color.**

Para la identificación del color se procedió a utilizar las tablas colorimétricas de semillas, mediante el uso del microscopio marca KRÜSS; 0 - 200 $\mu$ m; A:  $\pm$  2 $\mu$ m se observó el color de cada uno de los especímenes y se comparó con dichas tablas, se anotó el color y su código.

- **Porcentaje de Clorofila.**

El porcentaje de clorofila fue medido por el Medidor de clorofila Minolta Spad 502 plus, que determina la cantidad de clorofila presente en cada individuo, mediante la medición de la absorción del liquen en dos regiones de longitud de onda; en las regiones roja y cercana a infrarroja.

El porcentaje de clorofila fue medido insertando una pequeña porción de liquen y cerrando el cabezal de medida-

- **Tamaño.**

El tamaño de cada una de las muestras fueron medidas con la ayuda de un calibrador, con el fin de establecer una comparación entre las muestras colectadas en el área de vegetación natural y el área antropizada.

- **Tipo de talo.**

Para la identificación del tipo de talo órgano reproductor y esporas se realizó un análisis microscópico en el que se consideró la observación de caracteres morfológicos y anatómicos externos para lo cual se utilizó un estero microscopio KRÜSS; 0 - 200 $\mu$ m; A:  $\pm$  2 $\mu$ m. Para el análisis del tipo de talo, órganos reproductores y esporas se realizaron cortes en la estructura como apotecios y talos con la finalidad de observar esporas, órganos reproductores, capas celulares entre otros.

- **Pruebas Químicas Generales.**

Para la elección de las diferentes pruebas químicas que se utilizó, se realizó una investigación bibliográfica de diferentes autores y se optaron por las siguientes:

- **Hidróxido de Potasio.**

Para la prueba química de Hidróxido de Potasio se procedió a pesar 10 gramos de hidróxido de potasio, para luego adicionar 100 mililitros de agua destilada y obtener una solución acuosa al 10% de hidróxido de potasio.

Luego se procedió a triturar cada una de las muestras con la ayuda del mortero, para finalmente observar el cambio de color, al adicionar la solución acuosa de hidróxido de potasio.

La reacción se considera positiva si se observa un cambio de coloración, se anota el color (generalmente naranja, amarillo, verde o morado), en el caso de ser positivo se anota  $K^+$  y en el caso contrario se anota  $K^-$  (Santesson, 1973).

- **Luz Ultravioleta.**

La prueba de luz ultravioleta consistió en introducir cada una de las muestras en la cámara de luz ultravioleta y observar el cambio de coloración, en el caso de ser positivo se anota  $UV^+$  y en el caso contrario se anota  $UV^-$ .

- **Cuantificación liquénica.**

Para realizar la cuantificación liquénica, a cada una de las especies presentes en la gradilla se le asignara un valor de frecuencia de 1 a 20, en función del número de cuadros de la gradilla en los que hubo mayor presencia de líquenes, de acuerdo con la metodología de Calatayud Lorente y Sanz (2000).

Para cada una de las especies encontradas en campo se calculará la frecuencia relativa simple y la frecuencia relativa porcentual, la frecuencia relativa simple se calculará con la suma de cada uno de los cuadros en los aparezcan las diferentes especies liquénicas, y la frecuencia relativa porcentual mediante la siguiente formula:

### **Determinación de la Frecuencia relativa Porcentual.**

$$Fr \% = \frac{\text{Frecuencia relativa simple por especie}}{\text{Total de las frecuencias en el muestreo}} * 100$$

### **Determinación del Qi**

$$Qi = \Sigma \frac{Aj - 1}{Ej}$$

Donde:

Qi: Grado de sensibilidad de las especies.

Aj: Número de especies presentes en cada área de estudio.

Ej: Número de transectos en donde se encuentre cada especie.

Calatayud Lorente y Sanz (2000).

Con los resultados obtenidos de la frecuencia relativa se calculará el IPA (Índice de Pureza Atmosférica) para cada una de las áreas de estudio, este valor nos indicará el índice de contaminación en el que se encuentra el área de vegetación natural y el área antropizada.

### **Determinación del IPA.**

$$IPAj = \frac{Qi * Fi}{n} * Ci$$

Donde:

IPAj: Índice de Pureza Atmosférica por cada área de estudio.

Qi: Grado de sensibilidad de las especies.

Fi: Frecuencia de cada una de las especies (número de árboles de área en el que aparece de los géneros de las especies).

Ci: Cobertura relativa por cada una de las especies líquénicas en cada área de estudio.

n: Número de árboles muestreados en cada área de estudio.

Calatayud Lorente y Sanz (2000).

### **Elaboración del catálogo de líquenes del Sector de Perugachi.**

Mediante la información obtenida a lo largo de la investigación, la revisión bibliográfica y la comparación de muestras del herbario de la PUCE- SI, se diseñó un CATÁLOGO DE LÍQUENES DEL SECTOR DE PERUGACHI, en el cual se muestra información detallada acerca de las diferentes familias que fueron colectadas en campo, sus principales características taxonómicas, anatómicas y ecológicas.

Este catálogo será de gran beneficio para diversas personas tales como: estudiantes de la carrera de Ciencia Ambientales y Ecodesarrollo, docentes e investigadores que quieran desarrollar estudios acerca de los líquenes como bioindicadores de la calidad atmosférica.

- **Socialización.**

Los resultados de la presente investigación fueron presentados en la Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, debido a la falta de infraestructura y equipos tecnológicos en la comunidad de Perugachi cantón Otavalo, mediante la siguiente metodología.

- Se envió un oficio al presidente de la comunidad de Perugachi con el fin de obtener su participación.
- Se seleccionaron un grupo acorde con la temática de la cual se va a hablar.
- Se estableció la programación con el fin de que todo este organizado previamente.
- Una vez seleccionado el público, el lugar y la fecha de la socialización, se convocará a los participantes y docentes de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales por medio de invitaciones electrónicas.
- Al momento de la socialización se conformaron grupos focales con la finalidad de que exista una interacción de los participantes con el expositor.
- Se establecieron preguntas con el fin de que no existan dudas sobre el tema socializado.

- Al final se tomaron los datos de los resultados.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Fase de Campo.

Los resultados de la fase de campo fueron obtenidos en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, parroquia San Jose de Quichinche en la comunidad de Perugachi; en el cual se llevó a cabo diversos procesos investigativos para cumplir con los objetivos de esta fase, la cual se detallan a continuación:

##### 5.1.1. Descripción general de la zona de estudio.

La parroquia San José de Quichinche, se encuentra ubicada en el Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura 2 km de Otavalo y 21 km de la ciudad de Ibarra. La parroquia se creó el 12 de octubre de 1886, según resolución del Municipio de la época. La población de acuerdo con el último censo del año 2010 es de 8476 habitantes y representa el 8,08% de la población total del cantón de Otavalo.

La parroquia tiene 25 comunidades y una cabecera parroquial que tiene 6 barrios. Posee zonas de vida correspondientes a bosque muy húmedo Montano, bosque seco Montano Bajo, bosque húmedo Montano y bosque húmedo Montano Bajo, con temperaturas que oscilan los 9° y 15°C, mientras que las precipitaciones varían de 1100 a 1500 mm anuales. (MAGAP, 2019).

##### 5.1.2. Tipo de Suelo.

Debido a las formaciones geológicas y materia orgánica depositada en la superficie se ha generado diferentes tipos de suelo en la parroquia como son los Andept, (Inceptisoles) que tienen un horizonte superficial oscuro generalmente; ricos en humus y sílice amorfo formado principalmente sobre depósitos de ceniza volcánica, representado el 20,83% del territorio; de igual forma los suelos de tipo Trocept (Inceptisoles) son aquellos suelos que se encuentran en bajas latitudes; poseen un horizonte parduzco o rojizo formado por material alterado en la superficie (epípedonócrico) correspondiendo al 61,06%; y finalmente los suelos denominados Ustoll (Mollisoles) que poseen un régimen hídrico ústico, comprendiendo un horizonte de acumulación de carbonato cálcico en forma

polvorienta o blanda con una profundidad de 50 a 100 cm, representando el 17,95% de la parroquia. (MAGAP, 2019).

### 5.1.3. Vegetación.

Como se muestra en la Tabla 2, la parroquia se caracteriza por poseer diferentes clases de cobertura vegetal, como son: la asociación agropecuaria de bosques intervenidos y pastizales ocupan el 0,38% con relación a la superficie total de la parroquia; los bosques naturales ocupan el 0,10%; la cobertura y uso agropecuario de cultivos con pastizales y cultivos bajo invernadero ocupan el 79,72%; los páramos ocupan el 1,56%, el área urbana ocupa el 0,28%, la vegetación arbustiva el 17,96% (MAGAP, 2019).

Tabla 2.

*Cobertura Vegetal de la parroquia de San José de Quichinche.*

<b>Cobertura Vegetal.</b>	<b>Porcentaje. (%)</b>
Asociación Agropecuaria. (50%de Bosque intervenido y 50% de Pasto Natural).	0,38
Bosque Natural.	0,10
Cultivos de Ciclo Corto.	79,12
Páramo.	1,56
Área Urbana.	0,28
Vegetación Arbustiva.	17,96
<b>Total.</b>	<b>100.</b>

Nota. “Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San José de Quichinche”. MAGAP,(2019).

#### 5.1.4. Altitud.

El rango altitud varía desde los 2480 – 3600 msnm.

#### 5.1.5. Clima.

En la Tabla 3 se puede observar que las precipitaciones en la parroquia de San José de Quichinche oscilan de 1100 mm a 1500 mm anuales, mientras que la temperatura varía entre los 9°C y los 15°C, originando 4 zonas de vida representativas para las formaciones ecológicas. (MAGAP, 2019).

Tabla 3.

*Factores Climáticos de la Parroquia.*

<b>Variable.</b>	<b>Descripción.</b>
Precipitación.	1100 – 1500 mm.
Temperatura.	9-15 °C.

Nota. “Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San José de Quichinche”. MAGAP, (2019).

#### 5.1.6. Puntos de Muestreo.

Los puntos de muestreo se ubicaron en el cantón Otavalo, parroquia San José Quichinche, comunidad de Perugachi, en donde se consideraron 2 áreas de estudio: un área antropizada ubicada a los alrededores de la fábrica cementera UNACEM y un área de vegetación natural ubicada en la comunidad Perugachi a 3.2 km de la fábrica cementera UNACEM.

Los puntos de muestreo se ubicaron en dos zonas distintas con el fin de obtener una comparación entre las dos.

Los puntos de muestreo del área de vegetación natural fueron ubicados en una zona sin perturbación ambiental, dentro de los 3000 a 3200 msnm; pisos altitudinales donde existió un mayor número de forófitos, los cuales poseían una gran variedad de líquenes hallados específicamente en la comunidad de Perugachi a 3.2 km de la fábrica de cemento UNACEM.

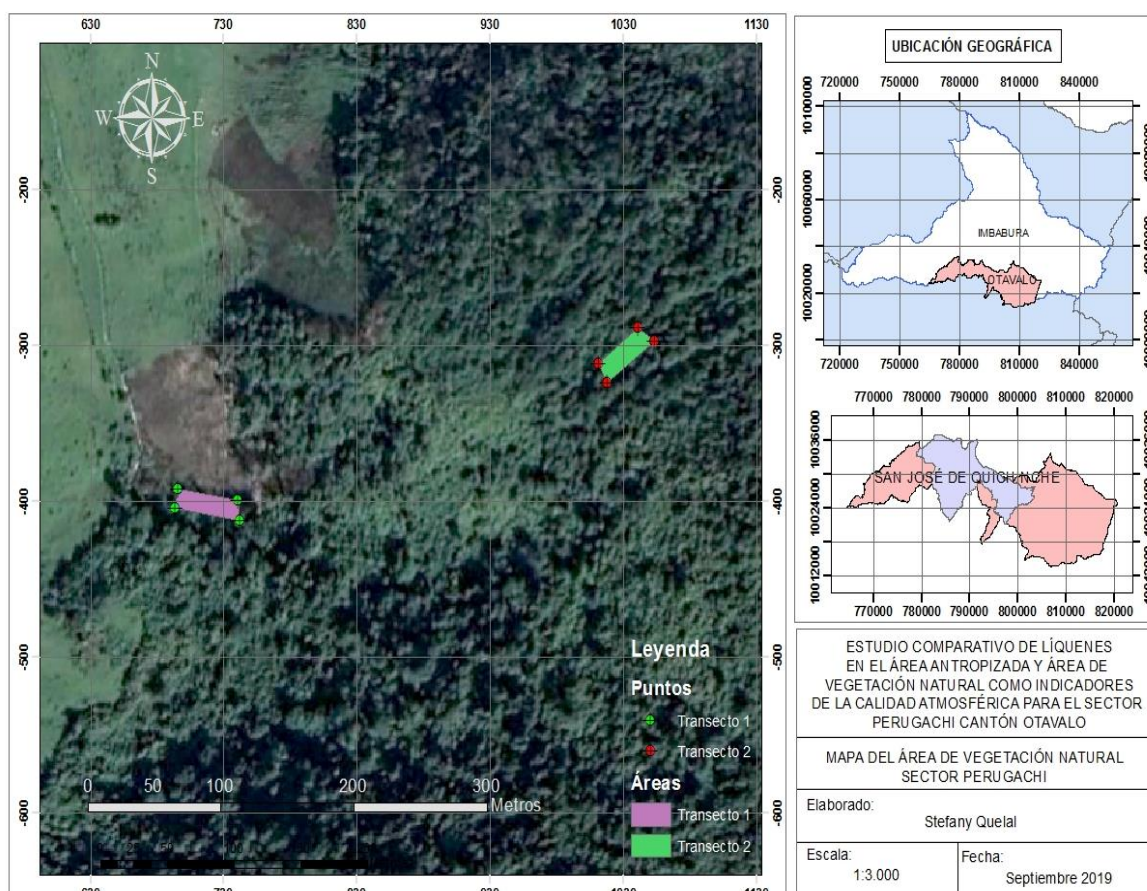


Figura 2. Mapa de Ubicación del área de vegetación Natural, Comunidad Perugachi, Parroquia San José de Quichinche, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura.  
Elaborado por: El Autor.

En la figura 2 se representa cada uno de los puntos de muestreo ubicados en cada transecto dentro de la zona de estudio, en este caso en el área de vegetación natural en la comunidad de Perugachi.

Los puntos de muestreo del área antropizada fueron establecidos a los alrededores de la fábrica cementera UNACEM y su ubicación fue determinada según la disponibilidad de árboles.

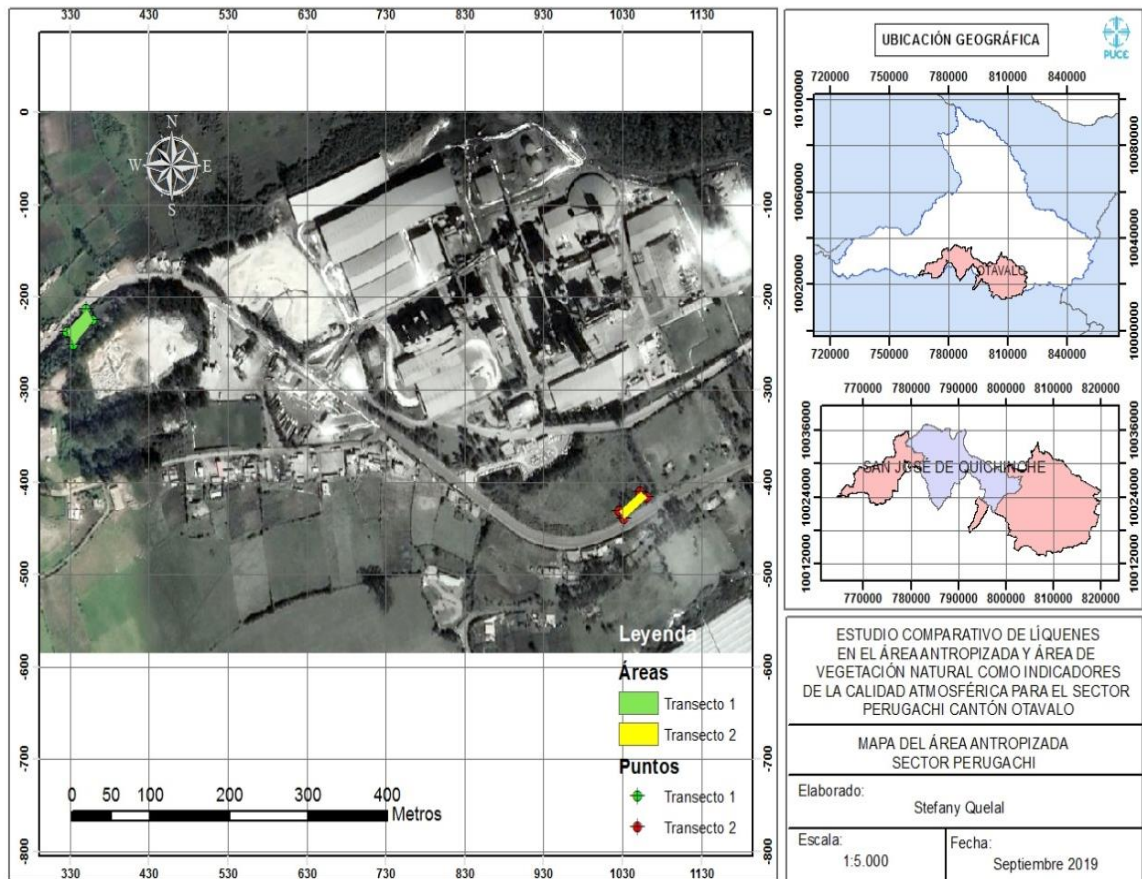


Figura 3. Mapa de Ubicación del área antropizada, Comunidad Perugachi, Parroquia San José de Quichinche, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura.  
Elaborado por: El Autor.

En la figura 3 se representa cada uno de los puntos de muestreo ubicados en cada transecto dentro de la zona de estudio, en este caso en el área antropizada en la comunidad de Perugachi.

### 5.1.7. Transectos.

Para cada uno de los transectos, con el flexómetro se midió un área de 50 metros de largo por 2 metros de ancho en línea recta y con la ayuda del GPS se georeferenció cada una de las zonas para posteriormente realizar la selección de árboles para cada uno de los transectos siguiendo la metodología utilizada por ASTA, (2003).

### 5.1.8. Selección de Árboles.

En los cuatro transectos realizados se seleccionaron 6 árboles, de los cuales se registró diferentes datos como son: nombre de la especie forestal, DAP (Diámetro a la altura del pecho), altura, distancia entre especies y el número de líquenes encontrados por cada árbol, los resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla 4 y 5 para el área de vegetación natural y en la Tabla 6 y 7 para el área antropizada.

Tabla 4.

Datos obtenidos en el transecto 1 del área de vegetación natural para la selección de árboles.

Nº	Especie	DAP (m)	Altura (m)	Distancia entre especies (m)
1	<i>Cedrela montana.</i>	0,90	5,00	4,00
2	<i>Cedrela montana.</i>	1,20	5,00	5,00
3	<i>Cedrela montana.</i>	0,90	3,00	3,00
4	<i>Cedrela montana.</i>	0,50	2,50	5,00
5	<i>Cedrela montana.</i>	0,50	3,00	2,90
6	<i>Cedrela montana.</i>	0,60	5,00	3,00
<b>Total.</b>		5,00	24,00	23,00
<b>Promedio.</b>		0,77	4,00	3,82

Nota: Datos obtenidos en campo por El Autor.

Mediante los datos recopilados en el Transecto 1 se obtuvo como resultado que la especie arbórea encontrada en el área de vegetación natural es la *Cedrela montana*, la cual posee un DAP promedió de 0,74 m; una altura de 4,00 m; y una distancia promedio entre especies de 3,82 m.

Tabla 5.

Datos obtenidos en el transecto 2 del área de vegetación natural para la selección de árboles.

Nº	Especie	DAP (m)	Altura (m)	Distancia entre especies (m)
1	<i>Cedrela montana.</i>	0,95	2,30	2,30
2	<i>Cedrela montana.</i>	0,45	2,70	2,70
3	<i>Cedrela montana.</i>	0,80	1,90	1,90
4	<i>Cedrela montana.</i>	0,65	2,80	2,80
5	<i>Cedrela montana.</i>	0,36	2,90	2,90
	<b>Total.</b>	4,00	16,00	24,00
	<b>Promedio.</b>	0,68	3,00	3,97

*Nota:* Datos obtenidos en campo por El Autor.

Mediante los datos recopilados en el Transecto 2 se obtuvo como resultado que la especie arbórea encontrada en el área de vegetación natural es la *Cedrela montana*, la cual posee un DAP promedio de 0,68 m; una altura de 3,00 m; y una distancia promedió entre especies de 3,97.

*Tabla 6.*

Datos obtenidos en el transecto 1 del área antropizada para la selección de árboles.

Nº	Especie	DAP (m)	Altura (m)	Distancia entre especies (m)
1	<i>Schinus molle.</i>	1,10	2,00	0,98
2	<i>Schinus molle.</i>	0,97	1,60	1,24
3	<i>Schinus molle.</i>	0,54	1,70	0,99
4	<i>Schinus molle.</i>	0,75	1,70	1,20
5	<i>Schinus molle.</i>	0,53	1,30	1,50
6	<i>Schinus molle.</i>	0,81	1,70	3,70
	<b>Total.</b>	5,00	10,00	9,61
	<b>Promedio.</b>	0,78	1,67	1,60

*Nota:* Datos obtenidos en campo por El Autor.

Mediante los datos recopilados en el Transecto 1 se obtuvo como resultado que la especie arbórea encontrada en el área antropizada es la *Schinus molle*, la cual posee un DAP promedio de 0,78 m; una altura de 1,67 m; y una distancia promedió entre especies de 1,60 m.

Tabla 7.

*Datos obtenidos en el transecto 2 del área antropizada para la selección de árboles.*

Nº	Especie	DAP (m)	Altura (m)	Distancia entre especies (m)
1	<i>Schinus molle.</i>	0,66	1,20	1,28
2	<i>Schinus molle.</i>	0,92	1,80	1,44
3	<i>Schinus molle.</i>	0,99	1,76	0,91
4	<i>Schinus molle.</i>	0,90	2,00	0,95
5	<i>Schinus molle.</i>	0,76	2,00	5,00
6	<i>Schinus molle.</i>	1,10	2,00	1,60
<b>Total.</b>		5,00	10,00	11,18
<b>Promedio.</b>		0,78	1,67	1,86

*Nota:* Datos obtenidos en campo por El Autor.

Mediante los datos recopilados en el Transecto 1 se obtuvo como resultado que la especie arbórea encontrada en el área antropizada es la *Schinus molle.*, la cual posee un DAP promedio de 0,78 m; una altura de 1,67 m; y una distancia promedió entre especies de 1,60 m.

Las especies líquénicas se encontraron en el tronco y ramas laterales de cada uno de los árboles que conformaron los transectos de cada una de las áreas de estudio. Los datos antes mencionados nos muestran que las especies líquénicas se encontraron en árboles de *Cedrela montana* y *Schinus molle* lo que indicaría que la corteza de estos árboles cumplía con las condiciones óptimas para el desarrollo y supervivencia de las diferentes especies líquénicas encontradas en campo.

### 5.1.9. Colecta.

Para la recolección de los líquenes de cada una de las áreas se utilizó una cuadrilla de alambre de 10 cm de ancho por 50 cm de largo, dividida en 20 cuadrados iguales de 5 cm de lado con la que se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 8.

*Datos obtenidos del número de individuos encontrados en el transecto 1 del área de vegetación natural.*

<b>N° de árboles.</b>	<b>Especie Arbórea.</b>	<b>N° de Individuos encontrados.</b>
1	<i>Cedrela montana.</i>	5
2	<i>Cedrela montana.</i>	7
3	<i>Cedrela montana.</i>	7
4	<i>Cedrela montana.</i>	5
5	<i>Cedrela montana.</i>	7
6	<i>Cedrela montana.</i>	6
<b>Total.</b>		37

*Nota:* Datos obtenidos en campo por El Autor.

Como se observa en la Tabla 8, en los árboles 2, 3 y 5 se colectó el mayor número de individuos, mientras que en los árboles 1 y 4 se colectó una cantidad menor a comparación de los demás, a lo largo de todo este transecto se halló un total de 37 individuos liquénicos, los cuales se encontraban en el tronco de la especie arbórea *Cedrela montana*.

Tabla 9.

*Datos obtenidos del número de individuos encontrados en el transecto 2 del área de vegetación natural.*

<b>N° de árboles.</b>	<b>Especie Arbórea.</b>	<b>N° de Individuos encontrados.</b>
1	<i>Cedrela montana.</i>	7
2	<i>Cedrela montana.</i>	6
3	<i>Cedrela montana.</i>	6
4	<i>Cedrela montana.</i>	6
5	<i>Cedrela montana.</i>	4
6	<i>Cedrela montana.</i>	7
<b>Total.</b>		36

*Nota:* Datos obtenidos en campo por El Autor.

Como se muestra en la Tabla 9, en los árboles 1 y 6 se colectó el mayor número de individuos, mientras que en el árbol 5 se colectó una cantidad menor a comparación de los demás, a lo largo de todo este transecto se halló un total de 36 de individuos liquénicos, los cuales se encontraban en el tronco de la especie arbórea *Cedrela montana*.

En la figura 4 se muestra un gráfico explicativo del número de individuos colectados en el transecto 1 y 2 en el área de vegetación natural, dando como resultado 37 individuos presentes en el transecto 1 y 36 individuos en el transecto 2, en el cual se observa que la cantidad de líquenes tanto en el transecto 1 y 2 solo varía por un individuo.

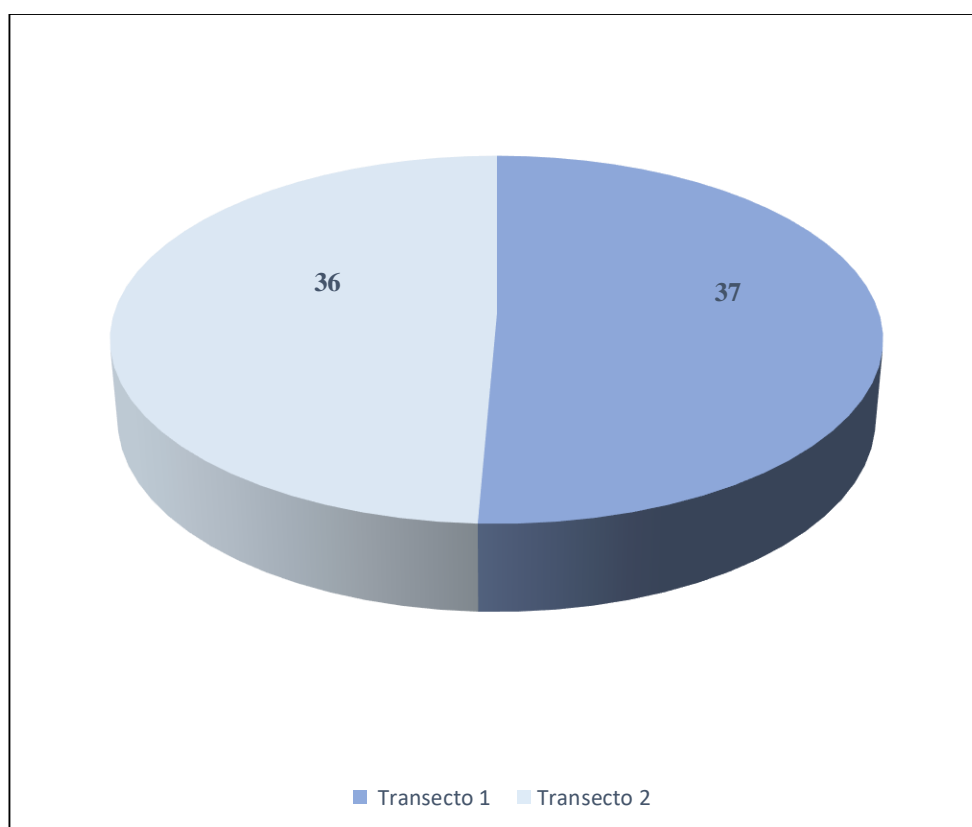


Figura 4. Número de individuos colectados en el área de vegetación.  
Elaborado por: El Autor.

Tabla 10.

*Datos obtenidos del número de individuos encontrados en el transecto 1 del área*

<b>Nº de árboles.</b>	<b>Especie Arbórea.</b>	<b>Nº de Individuos encontrados.</b>
1	<i>Schinus molle.</i>	1
2	<i>Schinus molle.</i>	2
3	<i>Schinus molle.</i>	2
4	<i>Schinus molle.</i>	2
5	<i>Schinus molle.</i>	1
6	<i>Schinus molle.</i>	3
<b>Total.</b>		<b>11</b>

*Nota:* Datos obtenidos en campo por El Autor.

*antropizada.*

Como se puede observar (Tabla 10) en el árbol 3 se colectó el mayor número de individuos liquénicos, mientras que en los árboles 1 y 2, se colectó una cantidad mínima a comparación de los demás, a lo largo de todo este transecto se halló un total de 11 individuos liquénicos, los cuales se encontraban en el tronco de la especie arbórea *Schinus molle*.

Tabla 11.

<b>Nº de árboles.</b>	<b>Especie Arbórea.</b>	<b>Nº de Individuos encontrados.</b>
1	<i>Schinus molle.</i>	1
2	<i>Schinus molle.</i>	2

<i>Datos del de</i>	3	<i>Schinus molle.</i>	1	<i>obtenidos número</i>
	4	<i>Schinus molle.</i>	1	
	5	<i>Schinus molle.</i>	1	
	6	<i>Schinus molle.</i>	2	
	<b>Total.</b>		8	

*Nota:* Datos obtenidos en campo por El Autor.

*individuos encontrados en el transecto 2 del área antropizada.*

Como se muestra en la Tabla 11, en los árboles 2 y 6 se colectó el mayor número de individuos liquénicos, mientras que en los árboles 1, 3, 4 y 5 se colectó una cantidad mínima a comparación de los demás, a lo largo de todo este transecto se halló un total de 8 individuos liquénicos, los cuales se encontraban en el tronco de la especie arbórea *Schinus molle*.

En la figura 5, se muestra un gráfico explicativo sobre el número de individuos liquénicos que se encontraron en el transecto 1 y 2 en el área antropizada, dando como resultado 12 individuos presentes en el transecto 1 y 8 individuos en el transecto 2, en el cual se observa que la cantidad de líquenes tanto en el transecto 1 y 2 varía por cuatro individuos.

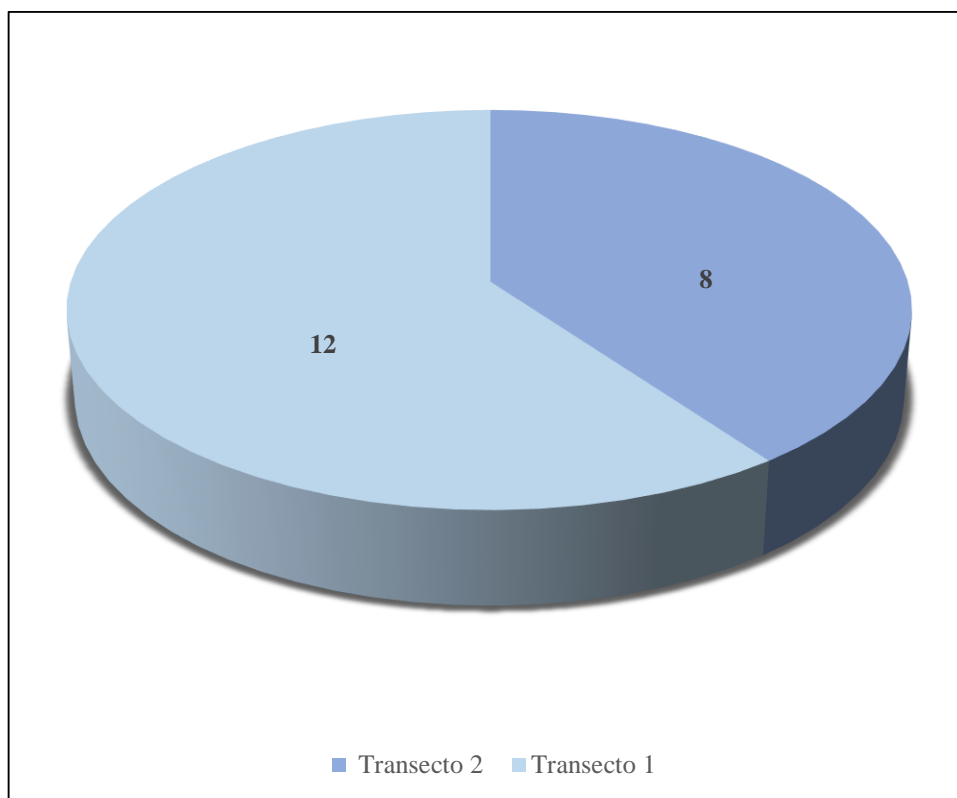


Figura 5. Número de individuos colectados en el área antropizada.  
Elaborado por: El Autor.

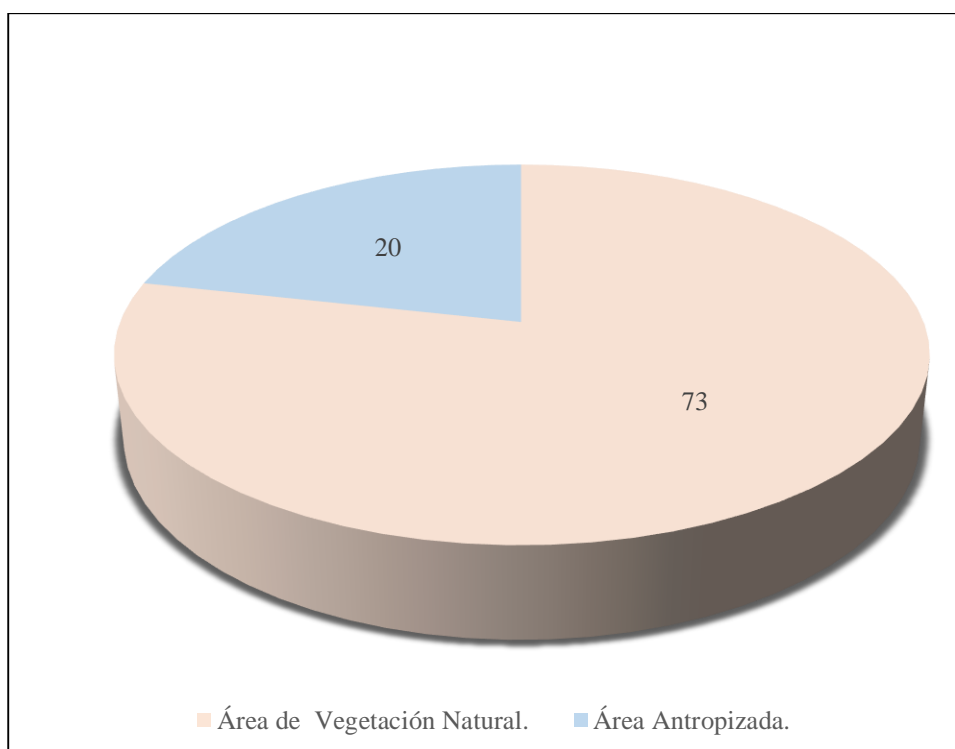


Figura 6. Número de individuos colectados en el área de vegetación natural y el área antropizada.  
Elaborado por: El Autor.

Según Méndez y Monge, (2011), el dióxido de azufre emanado por industrias cementeras es uno de los elementos principales que causa la acidificación de la corteza de los árboles, lo que produce que el crecimiento de las especies liquénicas sea menor. A medida que la concentración aumenta la abundancia de líquenes disminuye. Un nivel anual de 8–30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de sulfuro produce la deformación o la muerte de especies liquénicas sensibles (Froehlich, 2006).

Como se puede observar (figura 6), el número de individuos colectados en el área de vegetación natural es de 73 y en el área antropizada de 20, dando como resultado un menor número de individuos liquénicos en el área antropizada, debido a que al encontrarse cerca de una fuente puntual de contaminación, los líquenes absorben dióxido de azufre del cual retienen en su talo aproximadamente un 30%. Al haber repetidas exposiciones al dióxido de azufre, el liquen acumula altos niveles de sulfatos y bisulfatos, los cuales lo incapacitan para realizar funciones tales como fotosíntesis, respiración y en algunos casos fijación de nitrógeno. Esto ocasiona la deformación de la estructura del talo y eventualmente su muerte.

#### **5.1.10. Transporte.**

El transporte de las especies se realizó siguiendo el protocolo de manejo de especies vegetales del Herbario de la PUCE- SI. (Herbario PUCESI, 2018). Estos resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla 12 y 13.

Tabla 12.

*Número de especies liquénicas transportadas por cada uno de los transecto del área de vegetación natural.*

<b>Número de Transectos.</b>	<b>Especies Transportadas.</b>
Transecto 1.	37
Transecto 2.	36

Elaborado por: El Autor.

Las especies transportadas por cada uno de los transectos en el área de vegetación natural nos dio como resultado que en el transecto 1 se transportaron 37 especies y el transecto 2 36 especies dando un total de 73 especies liquénicas trasportadas del área de vegetación natural hacia el herbario de la Pontificia Universidad Católica Sede – Ibarra.

Tabla 13.

*Número de especies liquénicas transportadas por cada uno de los transectos del área antropizada.*

<b>Número de Transectos.</b>	<b>Especies Transportadas.</b>
Transecto 1.	11
Transecto 2.	8

Elaborado por: El Autor.

Las especies transportadas por cada uno de los transectos en el área antropizada nos dio como resultado que en el transecto 1 se transportaron 11 especies y el transecto 2, 8 especies dando un total de 19 especies liquénicas transportadas del área antropizada hacia el herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede – Ibarra.

El total de especies liquénicas transportadas tanto del área de vegetación natural, como del área antropizada fue de 93 individuos debidamente empacadas y etiquetadas en bolsas de papel con el fin de evitar su putrefacción.

## **5.2. Fase de Laboratorio.**

Los resultados de esta fase fueron obtenidos en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede – Ibarra, específicamente en el herbario y en el laboratorio de Química, en el cual se llevaron a cabo diversos procesos investigativos para la identificación taxonómica, morfológica y anatómica de las diferentes especies liquénicas recolectadas en campo, además de realizar diferentes pruebas químicas para la medición de contaminantes ambientales presentes en los líquenes.

### **5.2.1. Identificación Taxonómica.**

Tabla 14.

*Número de familias y especies de cada una de las áreas de estudio.*

<b>Área de estudio.</b>	<b>Familias.</b>	<b>Especies.</b>
Área de vegetación natural.	8	14
Área antropizada.	2	5

Elaborado por: El Autor.

El área de vegetación natural presenta un mayor número tanto de familias como de especies (Tabla 14), mientras que en el área antropizada se reduce significativamente el número de familias y de especies, debido a que esta área se localiza muy cerca de la fábrica de cemento, la cual emite contaminantes atmosféricos que reducen las actividades vitales de los líquenes.

Tabla 15.  
*Listado de especies y familias colectadas en campo.*

<b>Familia.</b>	<b>Especie.</b>
<i>Chrisothricaceae.</i>	<i>Chrysothrix sp.</i>
<i>Lobariaceae.</i>	<i>Sticta limbata.</i>
<i>Lecanoraceae.</i>	<i>Lecanora muralis.</i>
<i>Parmeliaceae.</i>	<i>Parmelia caperata.</i> <i>Hypotrachyna pulvinata.</i> <i>Pleurosticta acetabulum.</i> <i>Usnea sp.</i>
<i>Physciaceae.</i>	<i>Physcia biziana.</i>
<i>Ramalinaceae.</i>	<i>Ramalina farinacea.</i> <i>Ramalina leptocarpha tuck.</i> <i>Lepraria normandinoides.</i> <i>Lepraria membranacea.</i>
<i>Telephoraceae.</i>	<i>Cora pavonia.</i>
<i>Teloschistaceae.</i>	<i>Teloschistes exilis.</i>

Nota datos obtenidos en el laboratorio por El Autor.

Como se muestra en la Tabla 15, en general se identificaron taxonómicamente 8 familias y 14 especies, de 93 individuos liquénicos colectados en campo, en la cual las familias más representativas son la *Parmaliaceae* y la *Ramalinaceae* con 4 especies de líquenes diferentes.

Tabla 16.

Listado del número de individuos colectados por especie en el área de vegetación natural.

	<b>Especie.</b>	<b>Número de Individuos.</b>
	<i>Chrysothrix sp.</i>	6
	<i>Sticta limbata.</i>	4
	<i>Lecanora muralis.</i>	1
	<i>Parmelia caperata.</i>	5
Lepr	<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	7
Leprar	<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	8
Ramalin	<i>Usnea sp.</i>	4
K	<i>Physcia biziana.</i>	8
	<i>Ramalina farinacea.</i>	6
Pleur	<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	10
Hypo	<i>Lepraria normandinoides.</i>	2
	<i>Lepraria membranacea.</i>	1
	<i>Cora pavonia.</i>	3
	<i>Teloschistes exilis.</i>	8

Nota: datos obtenidos en el laboratorio por El Autor.  
 Figura 7. Número de individuos en el área de vegetación natural.  
 Elaborado por: El Autor.

Se puede observar (figura 7) que la especie que presenta un mayor número de individuos es la *Ramalina leptocarpha tuck* con 10 individuos, mientras que la especie que presenta un menor número de individuos a comparación de las demás es la *Lecanora muralis* con tan solo un individuo.

Tabla 17.

Listado del número de individuos colectados por especie en el área antropizada.

<b>Especie.</b>	<b>Número de Individuos.</b>
<i>Parmelia caperata.</i>	2
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	1
<i>Phycia biziana.</i>	2
<i>Lepraria normandinoides.</i>	8
<i>Lepraria membranacea.</i>	6

Elaborado por: El Autor

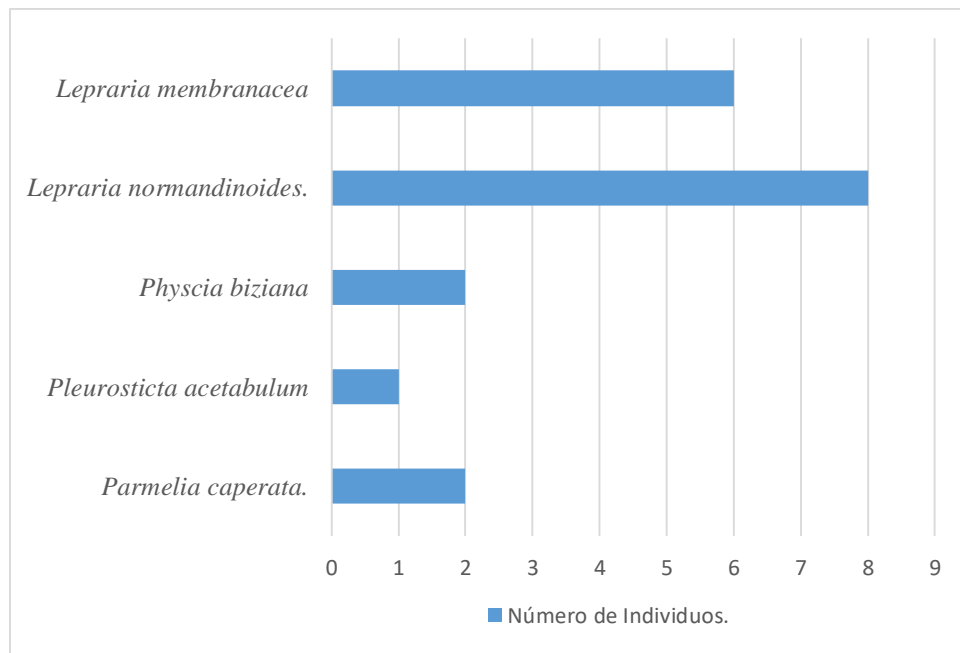


Figura 8. Número de individuos en el área antropizada.

Elaborado por: El Autor.

Como se muestra en la figura 8, la especie que presenta un mayor número de individuos es la especie *Lepraria membranacea* con 6 individuos, mientras que la especie que presenta un menor número de individuos a comparación de las demás es la *Pleurosticta acetabulum* con tan solo un individuo.

- **Identificación morfológica y anatómica.**

Basándose en diferentes claves taxonómicas de varios autores, datos levantados en campo y la comparación de diferentes líquenes que se encontraban en el herbario de la Pontificia Universidad Católica Sede –Ibarra, se obtuvo los siguientes resultados.

- **Color**

El color de las especies líquénicas colectadas en campo se comparó con las tablas colorimétricas y se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 18.

*Identificación del color de cada una de las especies líquénicas recolectas en campo en el área de vegetación natural.*

<b>Especie.</b>	<b>Color.</b>	<b>Código.</b>
<i>Parmelia caperata.</i>	Moderate Yelow Green.	139 D
<b>Especie.</b>	<b>Color.</b>	<b>Código.</b>
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Sticta limbata.</i>	Yellowish Grey.	198 D
<i>Physcia biziana.</i>	Light Greenish Grey.	190 D
<i>Ramalina leptocarpha Tuck.</i>	Pale Yelow Green.	192 A
<i>Teloschistes exilis.</i>	Strong Orange Yelow.	163 B
<i>Usnea sp.</i>	Light Yellow Green.	145 D
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Pale Yellow Green.	195 C
<i>Ramalina farinacea.</i>	Pale Yellow Green.	155 A
<i>Cora pavonia.</i>	Pale Yellow.	18 C
<i>Teloschistes exilis.</i>	Light Yellow Green.	150 D
<i>Ramalina farinacea.</i>	Ligth Greenish Grey.	191 D
<i>Ramalina farinacea.</i>	Grenish White.	155 C
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	196 D
<i>Sticta limbata.</i>	Dark Greyish Yellowish.	N200 A
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Pale Yelow Green.	192 A
<i>Ramalina leptocarpha Tuck.</i>	Pale Yelow Green.	192 A
<i>Teloschistes exilis.</i>	Light Yellow Green.	150 D
<i>Parmelia caperata.</i>	Ligth Greenish Grey.	191 D
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Yellowish Grey.	156 A
<i>Parmelia caperata.</i>	Ligth Greenish Grey.	191 D
<i>Lecanora muralis.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Ramalina leptocarpha Tuck.</i>	Pale Yelow Green.	192 A
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Light Grey.	188 D
<i>Nota.</i> Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.		
<i>Ramalina leptocarpha Tuck.</i>	Pale Yelow Green.	192 A

<i>Usnea sp.</i>	Very Pale Green.	192 B
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Chrysothrix sp.</i>	Brillant Greenish Yelow.	1 B
<i>Ramalina farinacea.</i>	Pale Yelow Green.	192 A
<i>Ramalina leptocarpha. Tuck.</i>	Pale Yelow Green.	192 A

<b>Especie.</b>	<b>Color.</b>	<b>Código.</b>
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Teloschistes exilis.</i>	Light Yellow Green.	150 D
<i>Chrysothrix sp.</i>	Brillant Greenish Yelow.	1 B
<i>Cora pavonia.</i>	Pale Yellow.	18 C
<i>Teloschistes exilis.</i>	Light Yellow Green.	150 D
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Light Grey.	188 D
<i>Chrysothrix sp.</i>	Brillant Greenish Yelow.	1 B
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Usnea sp.</i>	Very Pale Green.	192 B
<i>Cora pavonia.</i>	Pale Yellow.	18 C
<i>Lepraria membranacea.</i>	Yellowish Grey.	156 C
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Ramalina farinacea.</i>	Grenish White.	155 C
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Usnea sp.</i>	Very Pale Green.	192 B
<i>Cora pavonia.</i>	Pale Yellow.	18 C
<i>Lepraria membranacea.</i>	Yellowish Grey.	156 C
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Ramalina farinacea.</i>	Grenish White.	155 C

Continuación Tabla 18.

<b>Especie.</b>	<b>Color.</b>	<b>Código.</b>
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Sticta limbata.</i>	Dark Greyish Yellowish Brown.	N200 A
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Pale Yelow Green.	192 A
<i>Ramalina farinacea.</i>	Grenish White.	155 C
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Teloschistes exilis.</i>	Light Yellow Green.	150 D
<i>Chrysothrix sp.</i>	Brillant Greenish Yellow.	1 B
<i>Sticta limbata.</i>	Dark Greyish Yellowish Brown.	N200 A
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Light Grey.	188 D
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Grenish White.	155 C
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Chrysothrix sp.</i>	Brillant Greenish Yellow.	1 B
<i>Parmelia caperata.</i>	Moderate Yelow Green.	139 D
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Sticta limbata.</i>	Dark Greyish Yellowish Brown.	N200 A

Continúa en Tabla 18. Datos de Laboratorio por El Autor.

<b>Especie.</b>	<b>Color.</b>	<b>Código.</b>
<i>Teloschistes exilis.</i>	Light Yellow Green.	150 D
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Phycia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Sticta limbata.</i>	Dark Greyish Yellowish Brown.	N200 A
<i>Teloschistes exilis.</i>	Light Yellow Green.	150 D
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Pale Yelow Green.	192 A
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Light Grey.	188 D
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Light Greenish Grey.	N189 D
<i>Teloschistes exilis.</i>	Light Yellow Green.	150 D
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Pale Yelow Green.	192 A
<i>Usnea sp.</i>	Light Yellow Green.	188 D
<i>Chrysothrix sp.</i>	Brillant Greenish Yellow.	1 B
<i>Phycia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Parmelia caperata.</i>	Ligth Greenish Grey.	191 D

Continuación de la Tabla 8. Laboratorio por El Autor.

Tabla 19.

*Identificación del color de cada una de las especies líquénicas recolectas en campo en el área de antropizada.*

<b>Especie.</b>	<b>Color.</b>	<b>Código.</b>
<i>Lepraria membranacea.</i>	Pale Yellow Green.	193C
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Parmelia caperata.</i>	Pale Yellow Green.	157 B
<i>Lepraria membranacea.</i>	Greenish White.	155 C
<i>Parmelia caperata.</i>	Pale Yellow Green.	157 B
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Pale Yellow Green.	157 B
<i>Lepraria membranacea.</i>	Greenish White.	155 C
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Pale Yellow Green.	157 B
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Parmelia caperata.</i>	Pale Yellow Green.	163 B
<i>Physcia biziana.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Lepraria membranacea.</i>	Greenish White.	155 C
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Pale Yellow Green.	157 B
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Yellowish White.	156 D

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

Froehlich, (2006), Bermúdez, Muller, y Schmitz (2000), menciona que los efectos fisiológicos de los líquenes al ser expuestos a dióxido de azufre producen daños estructurales lo que provoca que las clorofilas se oxiden irreversiblemente, mientras que a valores más bajos no se degraden, estas alteraciones provocan necrosis de tejidos, cambios de coloración y aparición de manchas blancas, Como se observa en la Tabla 18 y 19, al comparar las especies líquénicas presentes en cada una de las áreas de estudio se detectó, que líquenes de la misma especie cambiaron de color según el área de estudio, debido a

que al existir mayor concentración de contaminantes en el área antropizada produce una decoloración del talo que causa una disminución de la capacidad fotosintética y adaptativa del liquen.

- **Porcentaje de Clorofila.**

De todas las especies de liquénicas colectadas tanto en el área de vegetación natural y en el área antropizada se realizó un porcentaje de cada especie obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 20.

*Porcentaje de clorofila presentes en cada una de las especies liquénicas recolectas en el área de vegetación natural.*

<b>Especie.</b>	<b>Porcentaje de Clorofila.</b> (%)
<i>Chrysothrix sp.</i>	7,75
<i>Sticta limbata.</i>	39,83
<i>Lecanora muralis.</i>	17,80
<i>Parmelia caperata.</i>	43,82
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	18,32
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	43,84
<i>Physcia biziana.</i>	14,08
<i>Ramalina farinacea.</i>	12,68
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	19,00
<i>Lepraria normandinoides.</i>	16,83
<i>Lepraria membranacea.</i>	20,65
<i>Cora pavonia.</i>	43,13
<i>Teloschistes exilis.</i>	14,81
<i>Usnea</i>	11,33

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

Se puede observar (Tabla 20) que la especie que presenta mayor porcentaje de clorofila es la *Pleurosticta acetabulum* con un porcentaje de 43,84 %, debido a que esta es una especie de tipo foliáceo, que mantiene las células del fotobionte casi siempre expuestas lo que produce una absorción de luz más eficiente, mientras que la especie que presenta un porcentaje menor en comparación de las demás es la *Chrysothrix sp* con un porcentaje de 7,75 %, esto se debe a que este líquen tiene un aspecto polvoriento, además de esto se encuentra fuertemente adherido al sustrato por lo que no se pudo tomar el dato del porcentaje de clorofila con exactitud.

Tabla 21.

*Porcentaje de clorofila presentes en cada una de las especies líquénicas recolectas en el área antropizada.*

<b>Especie.</b>	<b>Porcentaje de Clorofila. (%)</b>
<i>Parmelia caperata.</i>	10,70
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	17,83
<i>Physcia biziana.</i>	2,30
<i>Lepraria normandinoides.</i>	3,09
<i>Lepraria membranacea.</i>	3,03

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

Se puede observar (Tabla 21) que la especie que presenta mayor porcentaje de clorofila es la *Pleurosticta acetabulum* con un porcentaje de 17,83%, debido a que esta es una especie de tipo foliáceo, que mantiene las células del fotobionte casi siempre expuestas lo que produce una absorción de luz más eficiente, mientras que la especie que presenta un porcentaje menor en comparación de las demás es la *Lepraria membranacea* con un porcentaje de 3,03%, esto se debe a que esta especie crece en hábitats bastantes sombreados lo que produce que no reciba la luz suficiente.

Tabla 22.

Comparación de los porcentajes de clorofila del área de vegetación natural y el área antropizada.

<b>Especie.</b>	<b>Área Vegetación Natural. (%)</b>	<b>Área Antropizada. (%)</b>
<i>Parmelia caperata.</i>	40,82	10,70
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	43,84	17,83
<i>Physcia biziana.</i>	14,08	2,30
<i>Lepraria normandinoides.</i>	16,83	3,09
<i>Lepraria membranacea.</i>	20,65	3,03

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

Garty et al., (1993), mencionan que las bajas cantidades de clorofila entre diferentes poblaciones se relacionan con el daño producido por la contaminación, ya que la clorofila es más sensible a los contaminantes del aire, lo que produce que esta se degrade y exista una menor concentración. En la Tabla 22, se compararon los datos conseguidos tanto en el área de vegetación natural como en el área antropizada obteniendo como resultado diferencias significativas respecto al porcentaje de clorofila entre individuos de la misma especie, debido a que los líquenes al no poseer estructuras protectoras del medio que los protejan ante contaminantes presentes en la atmósfera crean una dependencia del sustrato y del medio que los rodea, por lo que mientras más altas sean las cantidades de contaminación las membranas clorofílicas se vuelven más sensibles a los contaminantes atmosféricos produciendo reacciones adversas con respecto a la membrana celular, la cual reduce el porcentaje de clorofila, la fotosíntesis y la respiración.

- **Tamaño.**

De todas las especies de líquenicas colectadas tanto en el área de vegetación natural y en el área antropizada se realizó un porcentaje de cada especie obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 23.

*Tamaño promedio de las especies líquenicas recolectas en el área de vegetación natural.*

<b>Especie.</b>	<b>Tamaño (cm).</b>
<i>Chrysothrix sp.</i>	9
<i>Sticta limbata.</i>	7
<i>Lecanora muralis.</i>	6
<i>Parmelia caperata.</i>	10
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	8
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	8
<i>Physcia biziana.</i>	7
<i>Ramalina farinacea.</i>	7
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	7
<i>Lepraria normandinoides.</i>	7
<i>Lepraria membranacea.</i>	6
<i>Cora pavonia.</i>	7
<i>Teloschistes exilis.</i>	7
<i>Usnea.</i>	6

Nota. Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

Se puede observar (Tabla 23) que la especie que presenta mayor tamaño es la *Parmelia caperata* con un tamaño de 10 cm, debido a que esta es una especie que generalmente forma rosetas de gran tamaño, mientras que la especie que presenta un tamaño menor a comparación de las demás es la *Usnea sp* con un tamaño de 6 cm, esto se debe a que las especies de tipo fruticosa presentan tamaños variados debido a su forma arbustiva.

Tabla 24.

*Tamaño promedio de las especies liquénicas recolectas en el área de antropizada.*

<b>Especie</b>	<b>Tamaño (cm)</b>
<i>Lepraria normandinoides.</i>	3
<i>Lepraria membranacea</i>	2
<i>Parmelia caperata</i>	2
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	3
<i>Physcia biziana</i>	1

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

Se puede observar (Tabla 24) que la especie que presenta mayor tamaño es la *Lepraria normandinoides* con un tamaño de 3 cm, mientras que la especie que presenta un tamaño menor a comparación de las demás es la *Physcia biziana* con un tamaño de 1 cm.

Olivera y Branquinho (1999) mencionan que la reducción de tamaño de la misma especie en diferentes puntos de muestreo es uno de los caracteres más comúnmente reportados en estudios de líquenes como bioindicadores. Al comparar los líquenes presentes en las dos áreas de estudio se detectó que líquenes de la misma especie presentaron una reducción significativa en su tamaño en el área antropizada, esto se debe a que el aumento en la concentración de contaminantes atmosféricos produce una alteración en el fotobionte el cual es el encargado del desarrollo normal de los líquenes, produciendo un crecimiento lento como consecuencia de la acumulación de este contaminante en el talo liquénico.

- **Tipo de talo.**

Tabla 25.

*Tipo de talo de las especies liquénicas recolectas en el área de vegetación natural.*

<b>Especie.</b>	<b>Talo.</b>
<i>Parmelia caperata.</i>	Foliáceo.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Teloschistes exilis.</i>	Fruticoso.

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

Continuación Tabla 25.

<b>Especie.</b>	<b>Talo.</b>
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Foliáceo.
<i>Cora pavonia.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina farinacea.</i>	Fruticoso.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Teloschistes exilis.</i>	Fruticoso.
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Foliáceo.
<i>Lecanora muralis.</i>	Crustáceo.
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Foliáceo.
<i>Sticta limbata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Usnea sp.</i>	Fruticoso.
<i>Ramalina farinacea.</i>	Fruticoso.
<i>Teloschistes exilis.</i>	Fruticoso.
<i>Ramalina farinacea.</i>	Fruticoso.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Crustáceo.
<i>Sticta limbata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Parmelia caperata.</i>	Foliáceo.
<i>Parmelia caperata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

Continuación Tabla 25.

<b>Especie.</b>	<b>Talo.</b>
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Usnea sp.</i>	Fruticoso.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Chrysothrix sp.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina farinacea.</i>	Fruticoso.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Teloschistes exilis.</i>	Fruticoso.
<i>Chrysothrix sp.</i>	Foliáceo.
<i>Cora pavonia.</i>	Foliáceo.
<i>Teloschistes exilis.</i>	Fruticoso.
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Foliáceo.
<i>Chrysothrix sp.</i>	Foliáceo.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Usnea sp.</i>	Fruticoso.
<i>Cora pavonia.</i>	Foliáceo.
<i>Lepraria membranacea</i>	Crustáceo.
<i>Lepraria normandinoides</i>	Crustáceo.
<i>Ramalina farinacea</i>	Fruticoso.

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

Continuación Tabla 25.

<b>Especie.</b>	<b>Talo.</b>
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Sticta limbata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Ramalina farinacea.</i>	Fruticoso.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Sticta limbata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Ramalina farinacea.</i>	Fruticoso.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Teloschistes exilis.</i>	Fruticoso.
<i>Chrysothrix sp.</i>	Foliáceo.
<i>Sticta limbata.</i>	Foliáceo.
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Chrysothrix sp.</i>	Foliáceo.
<i>Parmelia caperata.</i>	Foliáceo.
<i>Teloschistes exilis.</i>	Fruticoso.

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

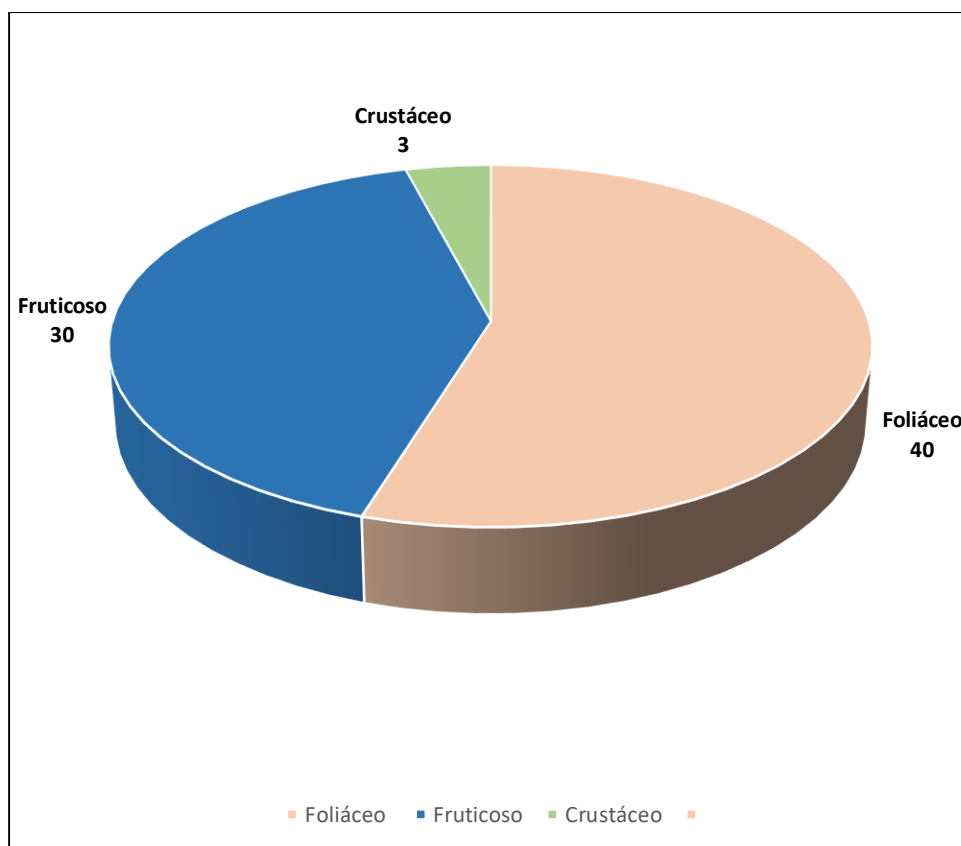
Continuación Tabla 25.

<b>Especie.</b>	<b>Talo.</b>
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Foliáceo.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Teloschistes exilis.</i>	Fruticoso.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Usnea sp.</i>	Fruticoso.
<i>Chrysothrix sp.</i>	Foliáceo.
<i>Physcia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Parmelia caperata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Parmelia caperata.</i>	Foliáceo.
<i>Parmelia caperata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	Foliáceo.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	Fruticoso.
<i>Usnea sp.</i>	Fruticoso.
<i>Ramalina farinacea.</i>	Fruticoso.
<i>Teloschistes exilis.</i>	Fruticoso.
<i>Ramalina farinacea.</i>	Fruticoso.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Fruticoso.

*Nota.* Datos obtenidos en laboratorio por El Autor.

De los 73 líquenes recolectados en el área de vegetación natural, 40 son foliosos, 30 son fruticosos y 3 son crustáceos lo que nos indica según investigaciones realizadas por Rivera, (2008) acerca de los líquenes como bioindicadores de los niveles de contaminación, es que cuando existe un mayor número de especies de tipo fruticosa la calidad atmosférica es excelente, cuando es de tipo foliáceo es buena y cuando es de tipo crustáceo es regular, mientras que cuando existe una ausencia de líquenes la calidad atmosférica es pobre.

Basándonos en esta investigación se obtuvo como resultados que la calidad atmosférica en el área de vegetación natural está entre excelente y buena ya que no existe una variación significativa entre especies de tipo foliáceo y fruticosa.



*Figura 9.* Representación gráfica del porcentaje del tipo de talo de las especies líquénicas presentes en el área de vegetación natural.  
Elaborado por: El Autor.

Tabla 26.

*Tipo de talo de las especies líquénicas recolectas en el área de antropizada.*

<b>Especie.</b>	<b>Talo.</b>
<i>Lepraria membranacea.</i>	Crustáceo.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Crustáceo.
<i>Parmelia caperata.</i>	Foliáceo.
<i>Lepraria membranacea.</i>	Crustáceo.
<i>Phycia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Crustáceo.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Crustáceo.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	Foliáceo.
<i>Lepraria membranacea.</i>	Crustáceo.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Crustáceo.
<i>Phycia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Crustáceo.
<i>Lepraria membranacea.</i>	Crustáceo.
<i>Phycia biziana.</i>	Foliáceo.
<i>Lepraria membranacea.</i>	Crustáceo.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Crustáceo.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Crustáceo.
<i>Lepraria membranacea.</i>	Crustáceo.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	Crustáceo.

Nota. Datos obtenidos en laboratorio por: El Autor.

Según investigaciones realizadas por Rivera, (2008) acerca de los líquenes como bioindicadores de los niveles de contaminación, nos indica que cuando existe un mayor número de especies de tipo fruticosa la calidad atmosférica es excelente, cuando es de tipo foliáceo es buena, cuando es de tipo crustáceo es regular, mientras que cuando existe una ausencia de líquenes la calidad atmosférica es pobre.

De los 20 líquenes recolectados en el área antropizada, 5 son foliosos, 15 son crustáceos y no se encontró ningún tipo de especie fruticosa, lo que nos da como resultado que la calidad atmosférica en el área antropizada esta entre regular y pobre al existir una mayor cantidad de especies liquénicas de tipo crustáceo y en algunas ocasiones presentar ausencia de cualquier tipo de liquen .

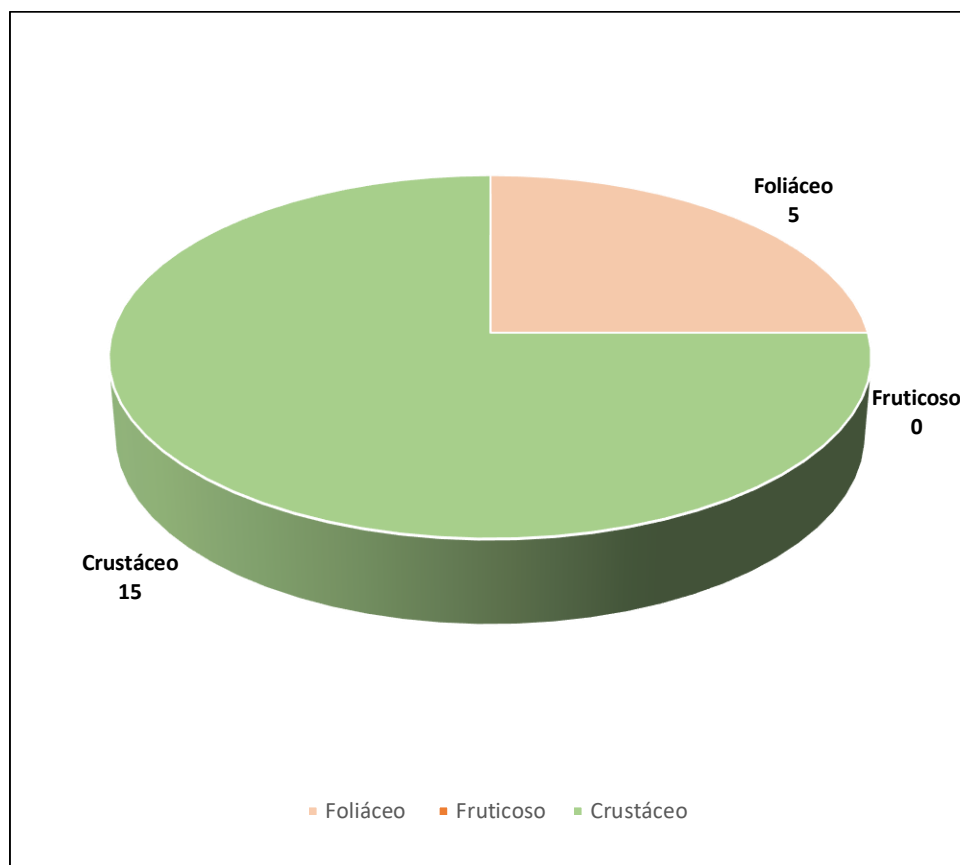


Figura 10. Representación gráfica del porcentaje del tipo de talo de las especies liquénicas presentes en el área antropizada.

Elaborado por: El Autor.

### 5.2.2. Pruebas Químicas Generales.

Basándonos en investigaciones bibliográficas de Santesson, (1973) y Culberson et al., (1985), se optó por elegir las pruebas químicas de hidróxido de potasio y de luz ultravioleta, obteniendo los siguientes resultados.

- **Hidróxido de Potasio.**

La prueba se realizó inicialmente con una solución del 10% de hidróxido de potasio para observar que especies presentan una reacción positiva al adicionar esta sustancia.

Tabla 27.

*Resultados obtenidos de la prueba química de hidróxido de potasio.*

<b>Especie.</b>	<b>Reacción.</b>	<b>Color.</b>
<i>Chrysothrix sp.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Sticta limbata.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Lecanora muralis.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Parmelia caperata.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Physcia biziana.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Ramalina farinacea.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	KOH <sup>+</sup>	Amarillo.
<i>Lepraria membranacea.</i>	KOH <sup>+</sup>	Amarillo.
<i>Cora pavonia.</i>	KOH <sup>-</sup>	Mantiene el mismo color.
<i>Teloschistes exilis.</i>	KOH <sup>+</sup>	Morado.
<i>Usnea sp.</i>	KOH <sup>+</sup>	Amarillo.

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio por El Autor.

Culberson et al.,(1985), mediante diversas investigaciones han demostrado que la composición química de los líquenes sufre diferentes modificaciones, debido a las condiciones medio ambientales en las que se encuentren, por lo que se han realizado varios estudios que se basan en la aplicación de diferentes reactivos químicos en soluciones acuosas, tales como hidróxido de potasio, hipoclorito de sodio y etanol, para observar la reacción de estos, obteniendo como resultado el cambio de coloración si la reacción es positiva, mientras que si mantienen su color inicial la reacción es negativa.

En la Tabla 27, se puede observar que las especies liquénicas que obtuvieron un resultado positivo son: *Lepraria normandinoides* cambiando de color blanco a amarillo, *Lepraria membranacea* de color plomo a amarillo, *Teloschistes exilis* de color naranja a morado y la especie *Usnea sp* de color verde a amarillo, mientras que las demás especies mantuvieron su color inicial por lo que su reacción es negativa.

Los líquenes de tipo fruticoso *Teloschistes exilis* y *Usnea sp*, además del cambio de coloración al adicionar la solución acuosa de hidróxido de potasio, también sufrieron una reducción significativa en su tamaño, debido a que estos tipos de líquenes son los primeros en desaparecer cuando existen altas concentraciones de contaminantes atmosféricos, ya que la mayoría de sus nutrientes los obtienen mediante el aire al no estar completamente adheridos al sustrato.

- **Luz Ultravioleta.**

Tabla 28.

*Resultados obtenidos de la prueba química de luz ultravioleta.*

<b>Especie.</b>	<b>Prueba Química.</b>	<b>Color.</b>
<i>Chrysothrix sp.</i>	UV <sup>-</sup>	No cambia.
<i>Sticta limbata.</i>	UV <sup>+</sup>	Puntos de color blanco.
<i>Lecanora muralis.</i>	UV <sup>+</sup>	Verde.
<i>Parmelia caperata.</i>	UV <sup>-</sup>	No cambia.
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	UV <sup>-</sup>	No cambia.
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	UV <sup>-</sup>	No cambia.
<i>Physcia biziana.</i>	UV <sup>-</sup>	No cambia.
<i>Ramalina farinacea.</i>	UV <sup>-</sup>	No cambia.
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	UV <sup>-</sup>	No cambia.
<i>Lepraria normandinoides.</i>	UV <sup>+</sup>	Verde.
<i>Lepraria membranacea.</i>	UV <sup>+</sup>	Verde.
<i>Cora pavonia.</i>	UV <sup>+</sup>	Verde.
<i>Teloschistes exilis.</i>	UV <sup>+</sup>	Naranja.
<i>Usnea sp.</i>	UV <sup>+</sup>	Verde.

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio por El Autor.

La luz ultravioleta al igual que la adición de varios reactivos químicos permite observar las diferentes reacciones que presentan los líquenes al ser expuestos a la luz ultra violeta, al observar el cambio de coloración, en el caso de ser positivo se anota UV<sup>+</sup> y en el caso contrario se anota UV<sup>-</sup>.

En la Tabla 28 se puede observar que las especies liquénicas que obtuvieron un resultado positivo son: *Lecanora muralis* cambiando de color blanco a verde, *Lepraria normandinoides*, de color blanco a verde, *Lepraria membranacea* de color plomo a verde, *Cora pavonia* de color café a verde, *Teloschistes exilis* de color naranja a naranja fosforescente y la especie *Usnea* de color verde claro a verde oscuro, mientras que las demás especies mantuvieron su color inicial por lo que su reacción es negativa.

### 5.2.3. Cuantificación liquénica.

- **Frecuencia Relativa Simple y Porcentual.**

Tabla 29.

*Resultados obtenidos de la frecuencia relativa simple y de la frecuencia relativa porcentual del área de vegetación natural.*

<b>Especies.</b>	<b>Frecuencia relativa simple.</b>	<b>Frecuencia relativa porcentual. (%)</b>
<i>Parmelia caperata.</i>	6	6,12
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	10	10,22
<i>Phycia biziana.</i>	8	8,16
<i>Teloschistes exilis.</i>	6	6,12
<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	9	9,18
<i>Cora pavonia.</i>	5	5,10
<i>Ramalina farinacea.</i>	9	9,18
<i>Lecanora muralis.</i>	1	1,02
<i>Sticta limbata.</i>	5	5,10
<i>Usnea sp.</i>	11	11,22
<i>Lepraria normandinoides.</i>	1	1,02
<i>Ramalina leptocarpha tuck.</i>	9	9,18
<i>Chrysothrix sp.</i>	9	9,18
<i>Lepraria membranacea.</i>	9	9,18
<i>Total.</i>	98	100

Nota. Datos obtenidos en campo por El Autor.

Como se muestra en la Tabla 29, luego de realizar el cálculo de la frecuencia relativa, la especie *Usnea sp* es la especie que presentó una mayor frecuencia relativa en el área de vegetación natural a diferencia de las demás, esto quiere decir que esta especie es la que más se encontró en los diferentes árboles muestreados.

Tabla 30.

*Resultados obtenidos de la frecuencia relativa simple y de la frecuencia relativa porcentual del área antropizada.*

<b>Especies.</b>	<b>Frecuencia relativa simple.</b>	<b>Frecuencia relativa porcentual. (%)</b>
<i>Parmelia caperata.</i>	5	22,73
<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	3	13,64
<i>Physcia biziana.</i>	3	13,64
<i>Lepraria normandinoides.</i>	6	27,27
<i>Lepraria membranacea.</i>	5	22,73
<i>Total.</i>	22	100

Nota. Datos obtenidos en campo por El Autor.

En la Tabla 30 se puede observar, que la especie *Lepraria normandinoides* es la especie que presentó una mayor frecuencia relativa en el área antropizada a diferencia de las demás, esto quiere decir que esta especie es la que más se encontró en los diferentes árboles muestreados, al ser esta especie de tipo crustáceo se encuentra fuertemente adherida al sustrato por lo que se encuentran menos expuesta a los contaminantes atmosféricos lo que les permite desarrollarse con normalidad.

- **Factor de tolerancia de las especies.**

Los valores obtenidos del factor de tolerancia, nos muestran cuales de las especies liquénicas recolectadas en campo son las que pueden desarrollarse con normalidad en un ambiente con una alta contaminación atmosférica.

Tabla 31.

*Factor de tolerancia de las especies liquénicas recolectadas en campo.*

	<b>Especie.</b>	<b>Qi.</b>
	<i>Parmelia caperata.</i>	12
<i>Lepraria</i>	<i>Pleurosticta acetabulum.</i>	12
<i>Ramalina leptocarpa</i>	<i>Physcia biziana.</i>	12
<i>Lepraria normandinoides</i>	<i>Teloschistes exilis.</i>	3
<i>Lecanora muralis</i>	<i>Hypotrachyna pulvinata.</i>	3
<i>Ramalina leptocarpa</i>	<i>Cora pavonia.</i>	3
<i>Hypotrachyna pulvinata</i>	<i>Ramalina farinacea.</i>	3
<i>Teloschistes exilis</i>	<i>Lecanora muralis.</i>	1

Figura 11. Representación gráfica del factor de tolerancia de las especies liquénicas recolectadas en campo.

por: El Autor.	<i>Usnea sp.</i>	3	Elaborado
Como se	<i>Lepraria normandinoides.</i>	12	muestra en
la figura	<i>Ramalina leptocarpa tuck.</i>	3	11,
después del	<i>Chrysothrix sp.</i>	3	análisis del
factor de	<i>Lepraria membranacea.</i>	12	tolerancia
las			especies

Nota. Datos obtenidos en campo por El Autor. toxitolerantes son las especies *Parmelia caperata*, *Pleurosticta acetabulum*, *Physcia biziana*, *Lepraria normandinoides* y *Lepraria membranacea*, las cuales estuvieron

representadas tanto en el área de vegetación natural como en el área antropizada. Mientras que las especies *Teloschistes exilis*, *Hypotrachyna pulvinata*, *Cora pavonia*, *Ramalina farinacea*, *Usnea sp*, *Ramalina leptocarpha tuck*, *Chrysothrix sp*, presentan un menor factor de tolerancia, por lo que son consideradas especies toxifóbicas, o especies más sensibles ante la contaminación, por lo que pueden ser utilizadas como especies bioindicadores de la calidad atmosférica.

Estos resultado coinciden con los encontrados por (Lijteroff et al., 2009), quienes en su estudio de líquenes como bioindicadores de la contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis Argentina, en la cual se identificaron a las especies *Teloschistes exilis*, *Usnea sp*, *Ramalina leptocarpha tuck*, *Ramalina farinacea*, entre las especies toxifóbicas más representativas, mientras que las especies toxitolerantes más representativas tenemos a las especies *Lepraria normandinoides* y *Lepraria membranacea*, *Pleurosticta acetabulum*, *Physcia biziana*, donde la presencia de estas especies esta distribuida uniformemente en todos los ambientes (urbanos y naturales).

- **Índice de Pureza Atmosférica.**

Tabla 32.

*Cálculos del IPA.*

Área de Estudio.	IPA (%).
Área de Vegetación Natural.	48,45
Área Antropizada.	11

Elaborado por: El Autor.

Los resultados del índice de pureza atmosférica se agruparon en 5 grupos que se muestra a continuación:

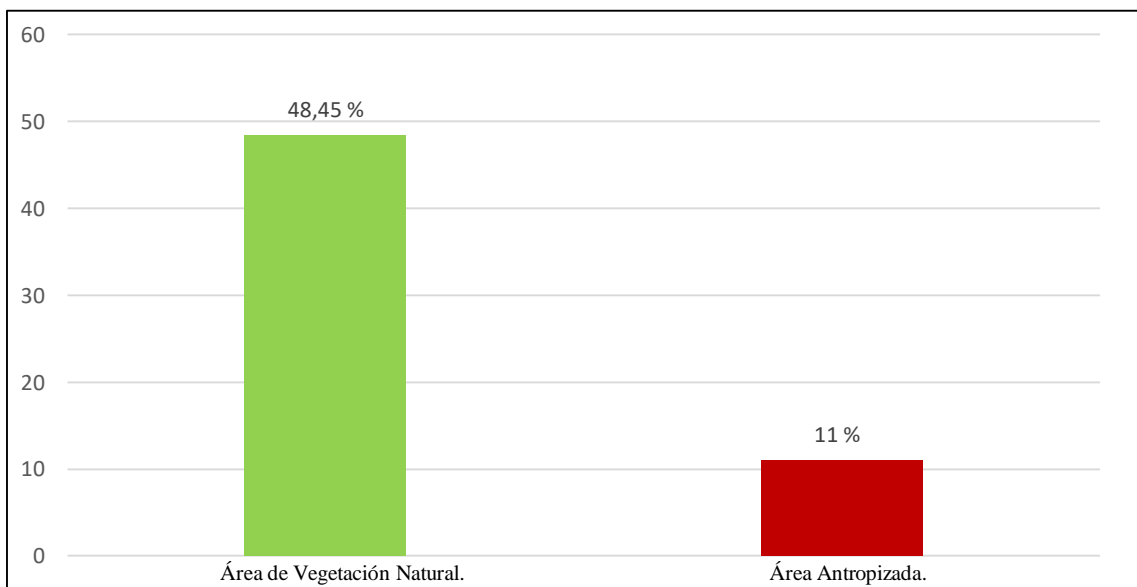
Tabla 33.

*Categorías IPA (Índice de Pureza Atmosférica).*

Intervalo	Clasificación
0-10	Contaminación muy alta.



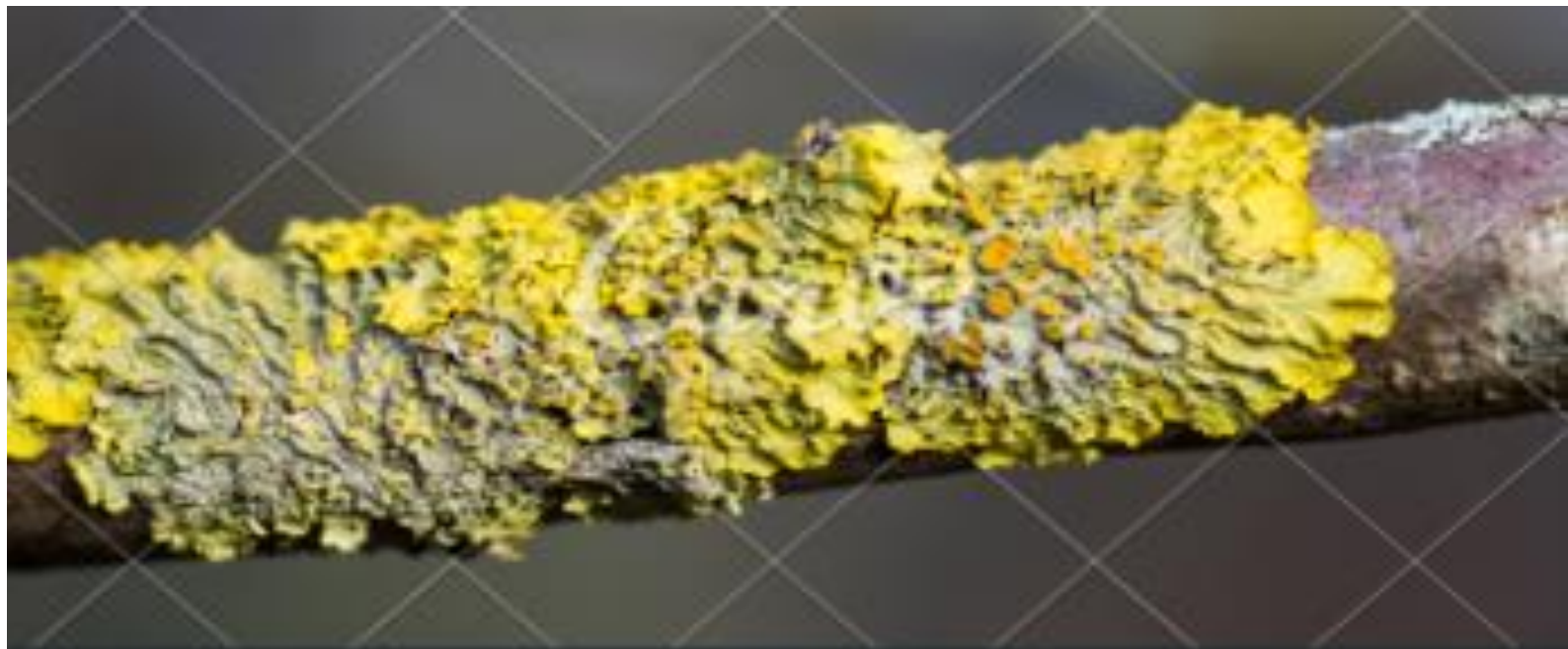
Elaborado por: El Autor.



Los resultados obtenidos del IPA muestran que la diferencia entre los índices de pureza atmosférica de cada área (área de vegetación natural y área antropizada) es significativa, ya que la diferencia entre los dos valores es de un 37%. A partir de las investigaciones realizadas, la información arrojada por el IPA y por medio de lo observado en campo a simple vista se puede percibir una reducción significativa de las especies liquénicas en el área antropizada con relación con el área de vegetación natural.

Según las categorías del IPA, se puede clasificar al área de vegetación natural como un área sin contaminación ambiental, debido a que esta área presenta una alta densidad de cobertura vegetal, además se registra el mayor número de especies liquénicas, y es donde las especies consideradas muy sensibles a la contaminación están presentes, lo que nos dio como resultado el más alto valor de IPA de 48,45%, a comparación del área antropizada en el cual se obtuvo como resultado un IPA de 11%, por lo que se encuentra clasificada como un área altamente contaminada.

### 5.3. Catálogo de Líquenes.



THE BEAUTY OF THE SMALL

CATÁLOGO

## INDICE.

Introducción.....	74
Importancia Ecológica.....	75
Formas de Crecimiento.....	75
Tipos de Sustratos.....	76
Familia: <i>Chrysothricaceae</i> .....	76
<i>Chrysothrix sp.</i> .....	76
Familia: <i>Lobariaceae</i> .....	77
<i>Sticta limbata</i> .....	77
Familia: <i>Lecanoraceae</i> .....	78
<i>Lecanora muralis</i> .....	78
Familia: <i>Parmeliaceae</i> .....	79
<i>Parmelia caperata</i> .....	79
<i>Hypotrachyna pulvinata</i> .....	80
<i>Pleurosticta acetabulum</i> .....	81
<i>Usnea sp.</i> .....	82
Familia: <i>Physciaceae</i> .....	83
<i>Physcia biziana</i> .....	84
Familia: <i>Ramalinaceae</i> .....	84
<i>Ramalina Farinacea</i> .....	85
<i>Ramalina leptocarpha tuck</i> .....	85
<i>Lepraria normandinoides</i> .....	86
<i>Lepraria membranacea</i> .....	87
Familia: <i>Thelephoraceae</i> .....	88
<i>Cora pavonia</i> .....	89
Familia: <i>Teloschistaceae</i> .....	89
<i>Teloschistes exilis</i> .....	89

## **Introducción.**

Los líquenes son organismos formados por la asociación simbiótica de dos organismos diferentes un hongo ascomiceto y un alga verde o cianobacteria. En esta asociación simbiótica el hongo ocupara el lugar de micobionte y el componente fotosintético de fotobionte (Moreno et al., 2007).

El micobionte tiene como función principal proteger al fotobionte de las radiaciones ultravioletas, proporcionar agua y sales minerales, mientras que el fotobionte realiza la fotosíntesis y suministra al micobionte alimento y vitaminas (Vaillant, 2014).

Los líquenes han sido clasificados taxonómicamente dentro del reino Fungi, donde también se encuentran los hongos y mixomicetos; sin embargo, su determinación es aún una tarea complicada debido a que estos organismos presentan una diversidad de intrincadas formas que se combinan con los - también diversos - tamaños, colores y sustratos en los cuales se desarrollan. Su clasificación se basa en gran medida de los órganos de reproducción sexual, forma del talo, cuerpo fructífero, las esporas, tipo de alga asociada y las reacciones a ciertas sustancias químicas (Umaña y Spiman, 2002).

Los líquenes son organismos resistentes a las condiciones ambientales adversas y capaces, por tanto, de colonizar muy diversos ecosistemas. Estos organismos son colonizadores primarios en casi todos los ecosistemas conocidos y, su capacidad de adaptación a medios con escasos nutrientes hace que sean capaces de desarrollarse tempranamente y comenzar la formación de suelo para la posterior llegada de otros organismos vegetales (Fernandéz, 2017).

Este catálogo tiene como objetivo principal la descripción taxonómica y morfológica de los líquenes que se encuentran en el Sector de Perugachi, cantón Otavalo, con la ayuda de este catálogo se busca la manera de facilitar su identificación sin ser expertos en la materia.

### **Importancia Ecológica.**

Estos organismos son colonizadores primarios en casi todos los ecosistemas conocidos y, su capacidad de adaptación a medios con escasos nutrientes hace que sean capaces de desarrollarse tempranamente y comenzar la formación de suelo para la posterior llegada de otros organismos vegetales. Son organismos muy específicos respecto al sustrato y a las condiciones del medio en el que se desarrollan y es posible encontrar simbiontes liquénicos en medios extremadamente hostiles para la vida, como zonas polares o desérticas donde las características que les aporta la simbiosis permiten su desarrollo.

Desempeñan un papel primordial en la naturaleza, siendo pioneros en muchos ecosistemas rocosos, iniciando la degradación superficial de las rocas y la acumulación de polvo, por lo que dan lugar a la formación de un sustrato apto para que se establezcan diversos organismos como musgos y plantas vasculares dando paso a que también se establezcan invertebrados y pequeños vertebrados. Algunos son importantes ya que fijan el nitrógeno de la atmósfera y lo proporcionan al suelo, formando parte del ciclo del nitrógeno en los ecosistemas (Fernández, 2017).

### **Formas de Crecimiento.**

Los líquenes se agrupan en varias clasificaciones de acuerdo con su morfología y forma de crecimiento. Según Coutiño y Montañez (2000), se clasifican en cuatro grupos fundamentales: gelatinosos, crustáceos, foliáceos y fruticosos.

- **Gelatinosos:** Adquieren una textura cuando menos flexible y pulposa al encontrarse húmedos. En este estado pueden llegar a ser traslúcidos. (Este tipo de líquenes es muy parecido al liquen escamoso).
- **Crustáceos:** Los líquenes crustáceos están vigorosamente acoplados al sustrato (Cubas, et al., 2010), debido a esto, no logran ser apartados sin arruinar el talo o destituir parte del sustrato. Este tipo de líquenes tienen escasez de corteza inferior y su desarrollo es de unos milímetros por año.
- **Fruticosos:** Los líquenes fruticulosos son líquenes en forma de arbusto, barbados o en forma de tiras o tubos que se fijan al sustrato y se ramifican hacia el ápice. Sobresalen del sustrato y pueden ser erectos o colgantes y crecen alrededor de 1 a 2 centímetros por año. Su talo, a diferencia de los del tipo folioso, tiene una simetría

## Familia: *Chrysothricaceae*

### *Chrysothrix sp.*

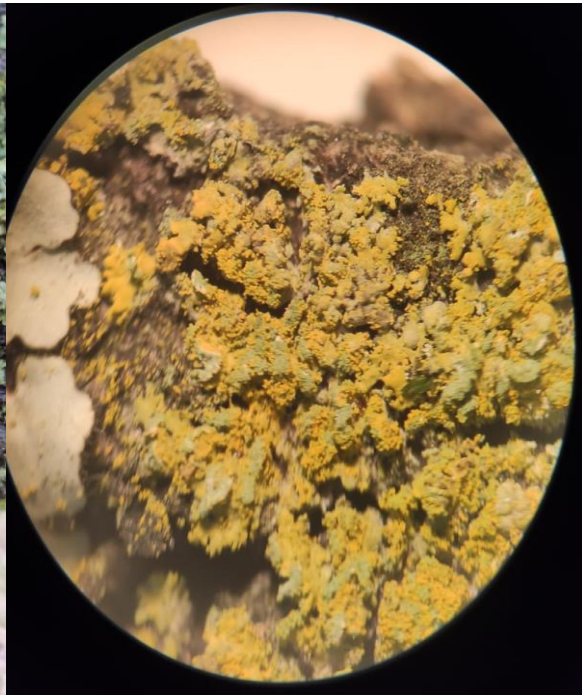
radial, la cual no permite diferenciar un córtex inferior y superior. (Barreno y Pérez, 2003).

- **Foliáceos:** Poseen talo heterómero, de forma laminar, no están parcialmente acoplados al sustrato, por lo que se les puede mover de manera intacta del sustrato.

#### **Tipos de Sustratos.**

Según Judkevich, et al., (2008), los líquenes poseen una gran diversidad de sustratos que les ayuda a establecerse en una superficie estable.

- **Cortícola:** Crecen sobre cortezas de árboles y arbustos.
- **Saxícola:** Crecen sobre rocas.
- **Terrícola:** Crecen sobre el suelo, su fijación depende de la composición química y física del suelo y su pH.
- **Musícola:** Crecen sobre musgos.
- **Folícolas:** Crecen sobre hojas caídas.
- **Liquenícolas:** Crecen como parásitos sobre otros líquenes.



### **Descripción.**

Liquen de color verde amarillento de talo polvoroso, presenta generalmente apotecios amarillos, pequeños y brillantes (Goffinet et al., 2012).

### **Ecología.**

Cortícola, crece sobre madera muerta o troncos vivos.

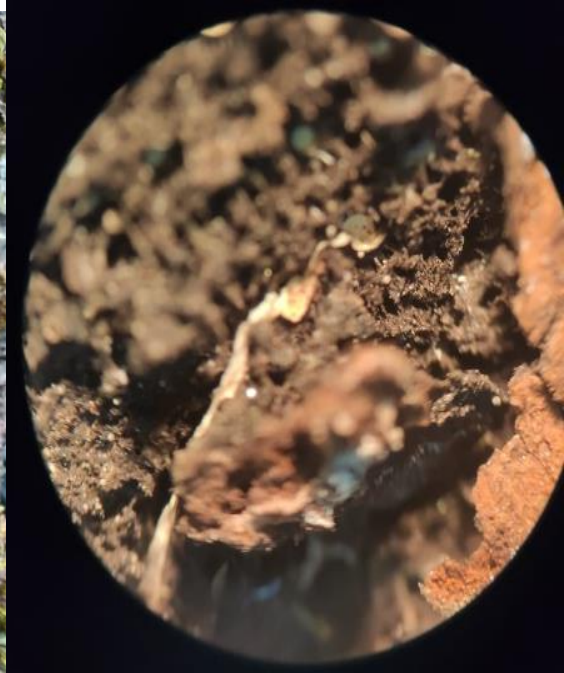
### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>-</sup>

**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>-</sup>

**Familia:** *Lobariaceae.*

*Sticta limbata.*



### **Descripción.**

Liquen de color negro o marrón. Presenta talo folioso, ligeramente unido al sustrato. Isidios ausentes y soralias lineares o dispersas (Navarro, 2011).

### **Ecología.**

Saxícola, crecen entre musgos en hábitats de bosque abierto de humedad moderada a alta.

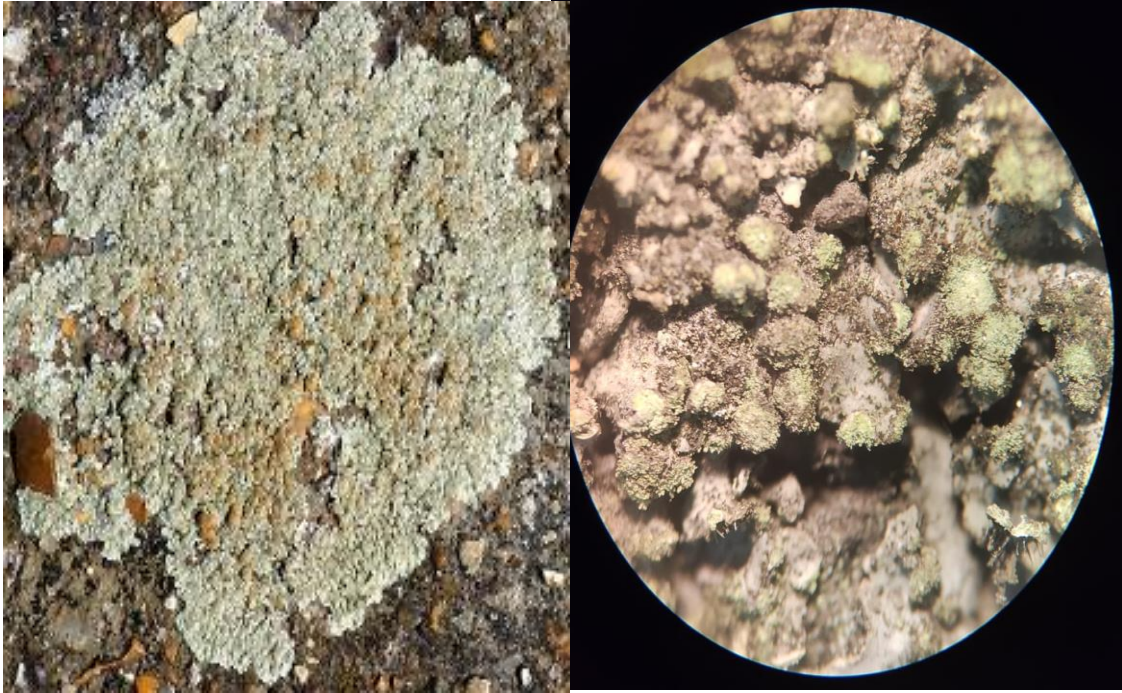
### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>+</sup>

**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>-</sup>

**Familia: *Lecanoraceae*.**

***Lecanora muralis*.**



### Descripción

Liquen de color verde amarillento, presenta un talo placodioides, apotecios con discos de color marrón o gris, y volviéndose angulares (Cambridgeshire, 2016).

### Ecología.

Saxícola, crecen entre musgos en hábitats de bosque abierto de humedad moderada a alta.

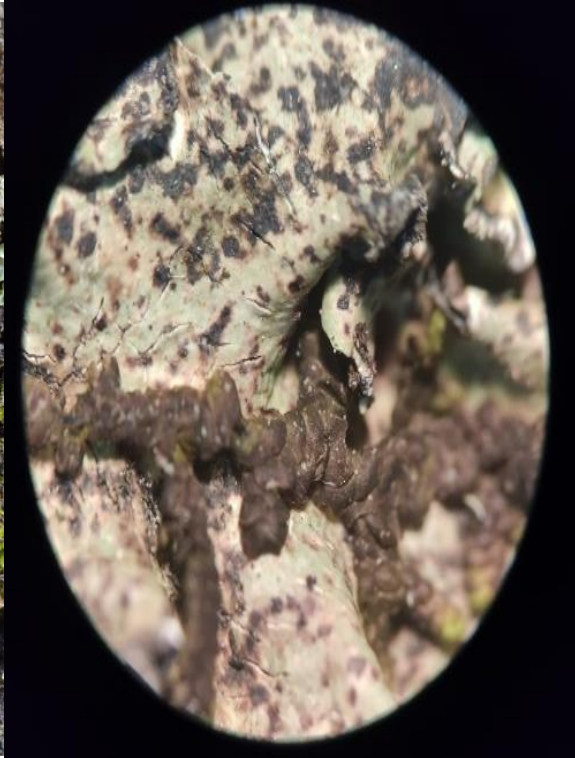
### Prueba Química:

Prueba de luz UV: UV<sup>+</sup>

Prueba de Hidróxido de potasio: KOH<sup>-</sup>

**Familia: *Parmeliaceae*.**

***Parmelia caperata*.**



### Descripción.

Presenta talo folioso de color blanco verdoso o grisáceo, debido a la existencia de soralios, su centro es rugoso.

Lóbulos irregularmente lobulados: subirregular, alargado, plano a subconvexo, separados, 5-13 mm de ancho, apotecia: rara, hasta 8 mm de ancho.

Ascosporas de 8 esporas: simple, elipsoide (Nash et al., 2004).

### Ecología.

Saxícola, adherido firme al sustrato.

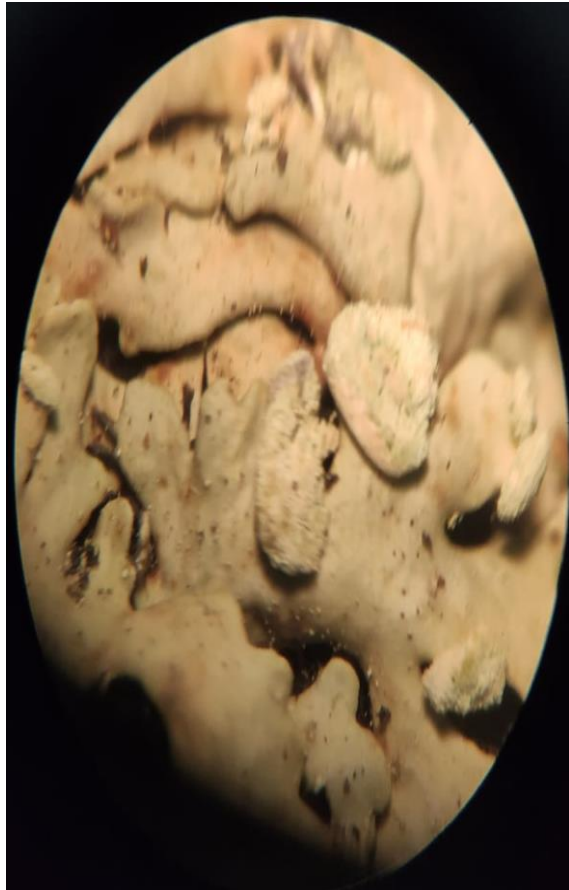
### Prueba Química.

**Prueba de luz UV:** UV<sup>-</sup>

**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>-</sup>

***Hypotrachyna pulvinata.***





#### **Descripción.**

Presenta talo folioso, de 4 a 12 cm de diámetro, lóbulos sublineales algo alargados.

Apotecios abundantes de 2 a 20 mm de diámetro, ascosporas de 8 esporas (Nash et al., 2004).

#### **Ecología.**

Cortícola, saxícola, crecen principalmente en cortezas o rocas ácidas, raramente en el suelo compactado.

#### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>-</sup>

**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>-</sup>

***Pleurosticta acetabulum.***



### **Descripción.**

Talo folioso, en forma de roseta, de 10-15 cm de diámetro, compuesto de lóbulos, de 0.5-1.5 cm de ancho, bastante grueso y resistente. Superficie superior verde-grisácea, verde oliva cuando está seco, verde, brillante y brillante cuando está húmedo, con numerosos puntos negros que corresponden a picnidios. Los apotecios suelen ser numerosos, en forma de cuenco, grandes, de 0,5 a 2 cm de diámetro, ascosporas incoloras, simples (Gérault, 2018).

### **Ecología.**

Cortícola, saxícola, crecen principalmente en cortezas o rocas ácidas, raramente en el suelo compactado.

### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>-</sup>  
**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>-</sup>

*Usnea sp.*



### **Descripción.**

Presentan talo fruticoso de 5 a 6 cm de diámetro.

Apotecios de tipo lecanorino con pequeñas fibrillas bien estructuradas, presenta 8 esporas entre ellas elípticas, hialinas y simples (Ohmura, 2012).

### **Ecología.**

Cortícola, crece en cortezas ácidas en sitios con alta frecuencia de niebla y aislados de cualquier perturbación ambiental.

### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>+</sup>  
**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>+</sup>

**Familia: *Physciaceae*.**

## *Physcia biziana.*



### **Descripción.**

Presenta talo folioso hasta de 3 cm de diámetro, con lóbulos imbricados, la superficie superior es de color gris pardusco a gris, soredios e isidias ausentes.

Apotecios numerosos hasta 2,5 mm de ancho. (Nash et al., 2004).

### **Ecología.**

Cortícola, crece en cortezas ácidas en sitios con alta frecuencia de niebla y aislados de cualquier perturbación ambiental.

### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>-</sup>

**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>-</sup>

**Familia: *Ramalinaceae.***

## *Ramalina farinacea.*



### **Descripción.**

Presenta talo fruticoso, arbustivo, con ramificaciones de 5 a 10 cm de largo, su superficie es de color verdoso o amarillo pálido (Nash et al., 2004).

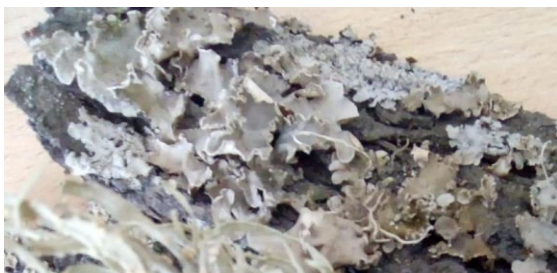
### **Ecología.**

Cortícola, crece en ramas raramente en rocas.

### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>-</sup>  
**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>-</sup>

## *Ramalina leptocarpha tuck.*



### **Descripción.**

Presenta talo fruticoso, arbustivo hasta 7 cm de longitud de ramificación, superficie de 3 a 5 cm de ancho de color gris verdoso o amarillo verdoso. Apotecios comunes de hasta 1-3 mm de diámetro, ascosporas de 8 esporas (Nash et al., 2004).

### **Ecología.**

Cortícola, crece en la corteza de árboles bien iluminados.

### **Prueba Química:**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>-</sup>

**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>-</sup>

## ***Lepraria normandinoides.***



### **Descripción.**

**Talo crustáceo anclado al sustrato por rizohifas separadas en grandes piezas de color blanco azulado, la parte superior está constituida por soredios que se encierran juntos por una red gelatinizada.**

### **Descripción.**

Talo fruticoso con lóbulos gigantes y escamosos débilmente anclado al sustrato por rizohifas fácilmente desprendibles claramente de color blanco azulado, azul verdoso cuando crecen en situaciones sombreadas (Lendemer y Harris, 2007).

### **Ecología.**

Cortícola y saxícola, crece en cortezas duras y en rocas acidas.

### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV: UV<sup>+</sup>**

**Prueba de Hidróxido de potasio: KOH<sup>+</sup>**

## ***Lepraria membranacea.***



**Descripción.**

Talo blanco a crema o grisáceo, leprosa (superficie granular), que carece de una corteza superior verdadera, pero con una médula membranosa que forma una corteza lobulada apotecia desconocida (Cambridgeshire, 2016).

**Ecología.**

Cortícola y saxícola, crecen generalmente en paredes de rocas verticales, pobres en nutrientes y sombreadas, y en la corteza ácida de los árboles.

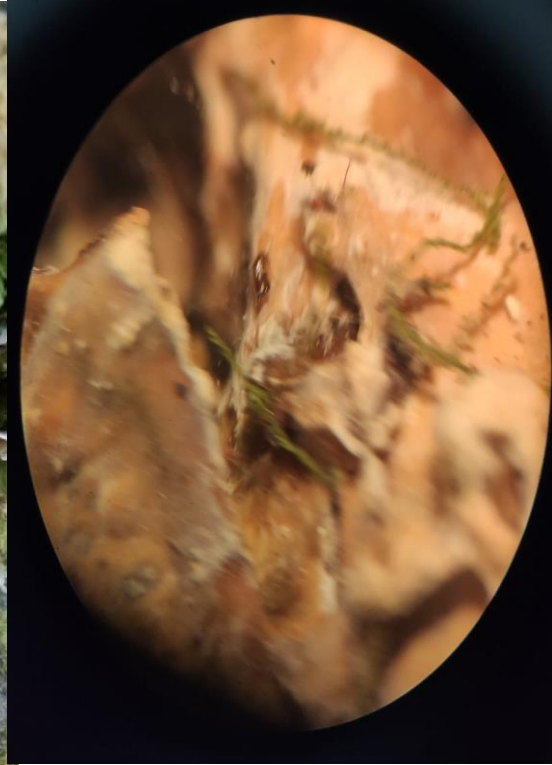
**Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>+</sup>

**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>+</sup>

**Familia: *Thelephoraceae.***

## *Cora pavonia.*



### **Descripción**

Talo foliáceo con basidiomas sésiles, imbricados unidos en rosetas de hasta 20 cm o más de diámetro.

La parte superior es seca por lo general, de forma clara y densa, no posee fibrillas radiales (Nash et al., 2004).

### **Ecología.**

Cortícola y terrícola, crecen generalmente en el suelo y en árboles que poseen musgo.

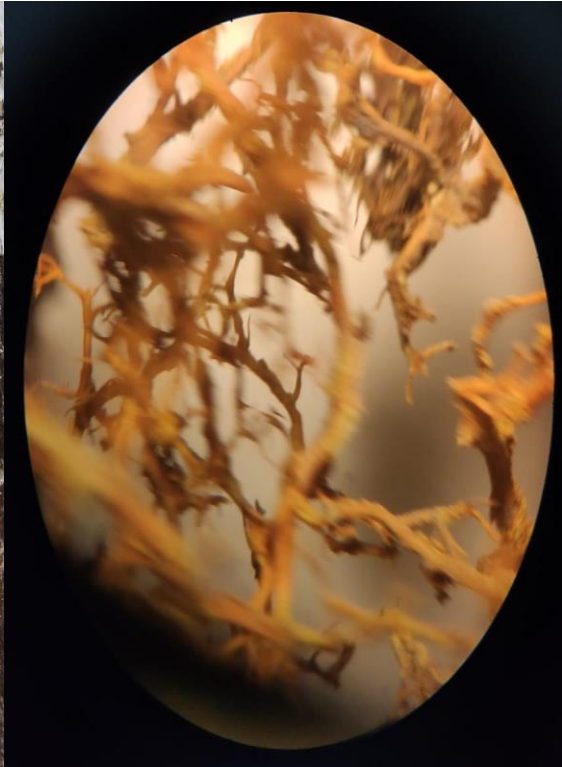
### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>+</sup>

**Prueba de Hidróxido de potasio:**  
KOH<sup>-</sup>

## **Familia: *Teloschistaceae.***

*Teloschistes exilis.*



### **Descripción.**

Este género es un simbiote de liquen clásico de dos especies, con una fotobionta de algas verdes del género *Trebouxia* que colabora con un hongo ascomiceto micobionte.

Poseen talo fructicoso con apotecios no ciliados de color naranja.

Tiene 8 ascosporas en cada ascus (Goffinet et al., 2012).

### **Ecología.**

Cortícola, generalmente crecen en las ramas de los árboles de roble.

### **Prueba Química.**

**Prueba de luz UV:** UV<sup>+</sup>

**Prueba de Hidróxido de potasio:** KOH<sup>+</sup>

#### 5.4. Socialización.

La socialización fue realizada en la Pontificia Universidad Católica Sede-Ibarra el 19 de diciembre del 2019, en el cual se invitó a docentes y a estudiantes de la carrera de Ciencias Agrícolas y Ambientales, para la cual se presentó un resumen con la información detallada sobre la contaminación atmosférica, los líquenes como bioindicadores y sus beneficios.

Una vez finalizada la exposición se procedió a entregar a cada uno de los participantes una encuesta, con la finalidad de conocer su criterio acerca de la investigación realizada, además del desempeño del expositor, alcanzando los siguientes resultados que se detallan a continuación.

#### Organización del Evento Socializado.

##### 1. ¿Considera usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?

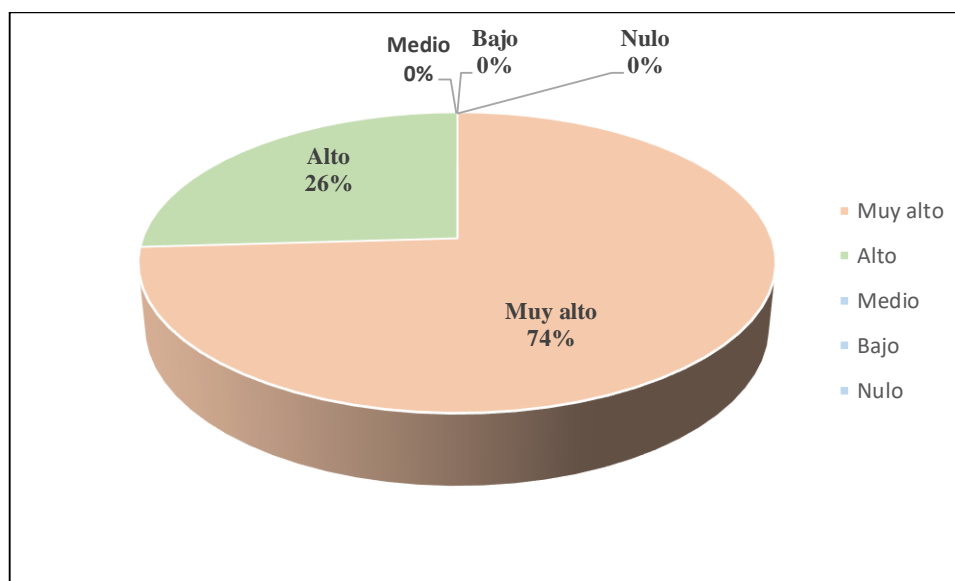
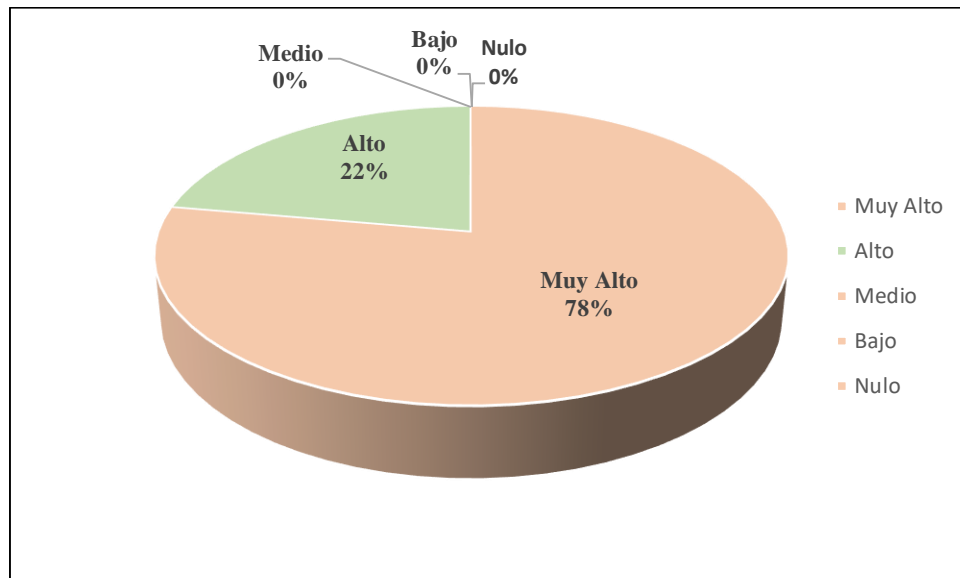


Figura 13. Representación gráfica de las comodidades necesarias que brinda el lugar en donde se desarrolló la exposición.  
Elaborado por: El Autor.

Como se muestra en la figura 13, el 74% de las personas encuestadas indica que el lugar en donde se desarrolló la socialización tiene un nivel muy alto, es decir este lugar brindó las comodidades necesarias para efectuar el evento sin ningún inconveniente, mientras que no existió ninguna persona que señaló con un nivel bajo o nulo el sitio en donde se llevó a cabo la exposición de la investigación.

**2. ¿Considera usted que el material audiovisual utilizado en la presente investigación fue adecuado?**



*Figura 14.* Representación gráfica del material audiovisual utilizado en la exposición.  
Elaborado por: El Autor.

Como se puede observar en la figura 14, el 78% de las personas encuestadas señala que el material audiovisual utilizado en la exposición presenta un nivel muy alto, mientras que el 22% manifiesta según su criterio que el material presentado tiene un nivel alto, sumando los dos porcentajes entre muy alto y alto nos da como resultado un 100% de la aprobación de las personas encuestadas.

## Ejecución del evento por parte del expositor.

### 1. ¿Considera usted que el expositor mostró dominio del tema?

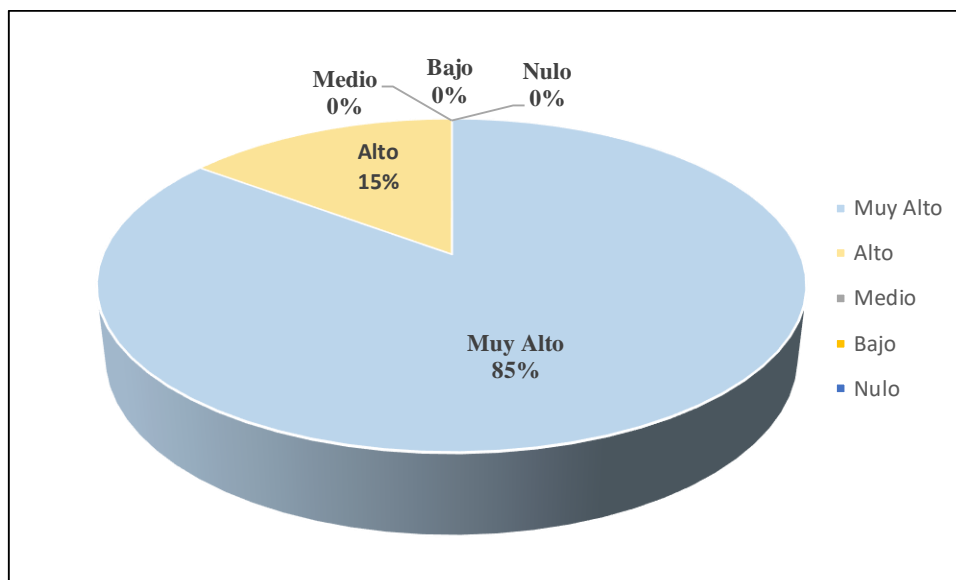
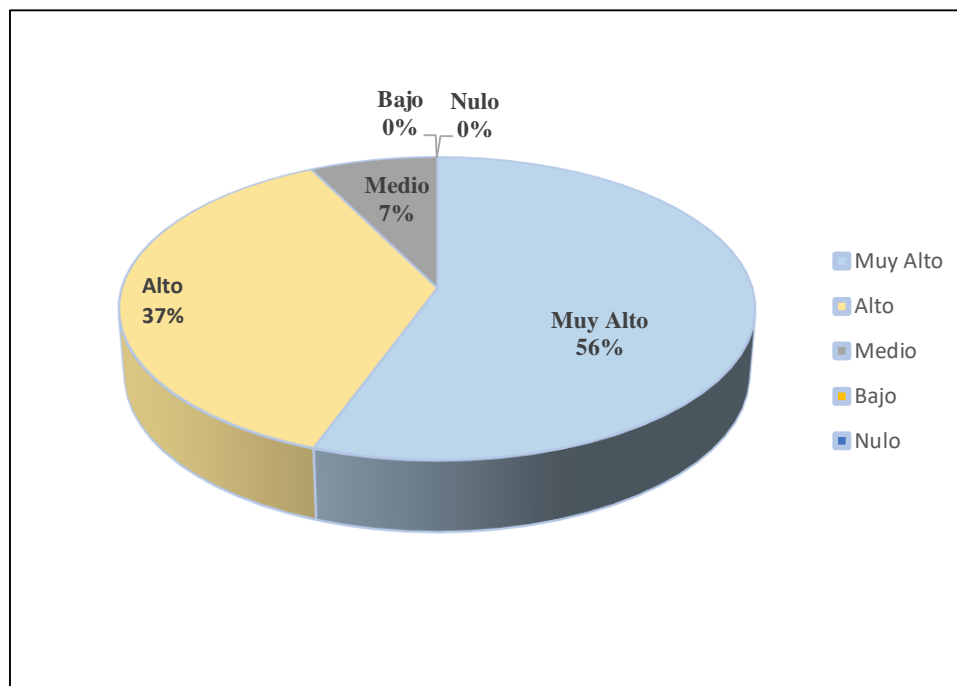


Figura 15. Representación gráfica del dominio del tema por parte del expositor.  
Elaborado por: El Autor.

Con respecto del dominio del tema por parte del expositor, como se muestra en la figura 15 el 85% de las personas encuestadas indica que el dominio del tema que presentó el expositor en la socialización tiene un nivel muy alto, mientras que el 15% señala que el expositor presenta un nivel alto, dando como resultado sumando los dos porcentajes entre muy alto y alto un 100% de la aprobación de las personas encuestadas.

**2. Estima usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?**



*Figura 16.* Representación gráfica del manejo del auditorio por parte del expositor.  
Elaborado por: El Autor.

Como se muestra en la figura 16, el 56% de las personas encuestadas indica que el manejo del auditorio por parte del expositor presentó un nivel muy alto, un 37% señala que tiene un nivel alto, mientras que un 7% manifiestan que tuvo un nivel medio; no existió ninguna persona que señaló con un nivel bajo o nulo el manejo del auditorio por parte del expositor.

### 3. ¿Considera usted que el expositor manifestó facilidad de expresión?

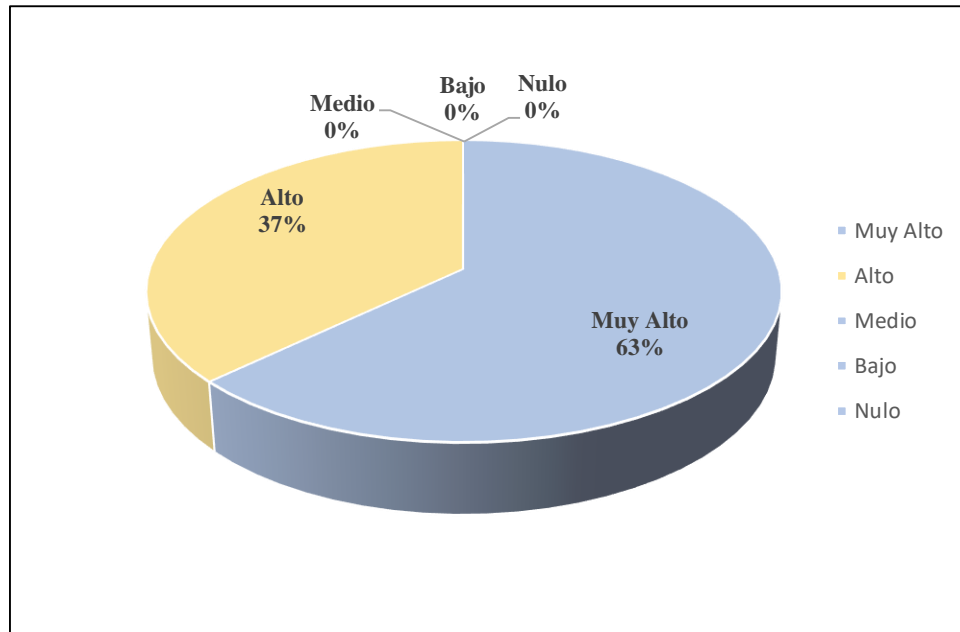


Figura 17. Representación gráfica de la facilidad de expresión por parte del expositor.  
Elaborado por: El Autor.

Con respecto a la facilidad de expresión por parte del expositor, como se muestra en la figura 17, el 63% de las personas encuestadas indica que tuvo un nivel muy alto, mientras que el 37% de las personas restantes manifiesta que presentó un nivel alto, dando como resultado sumando los dos porcentajes entre muy alto y alto un 100% de la aprobación de las personas encuestadas.

## Medición de Impacto de la Investigación.

### 4. ¿Considera usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?

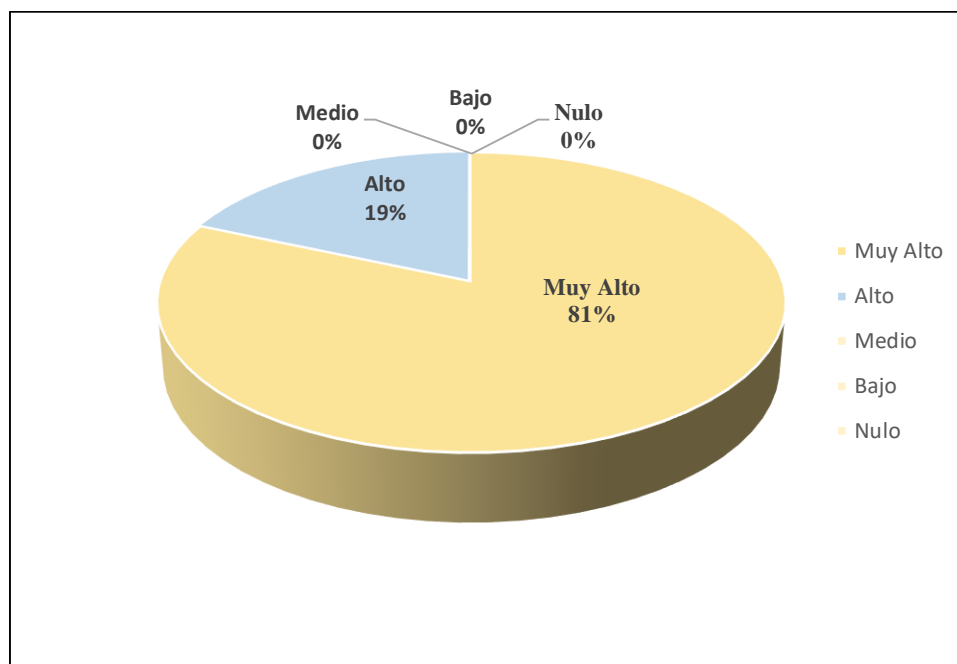
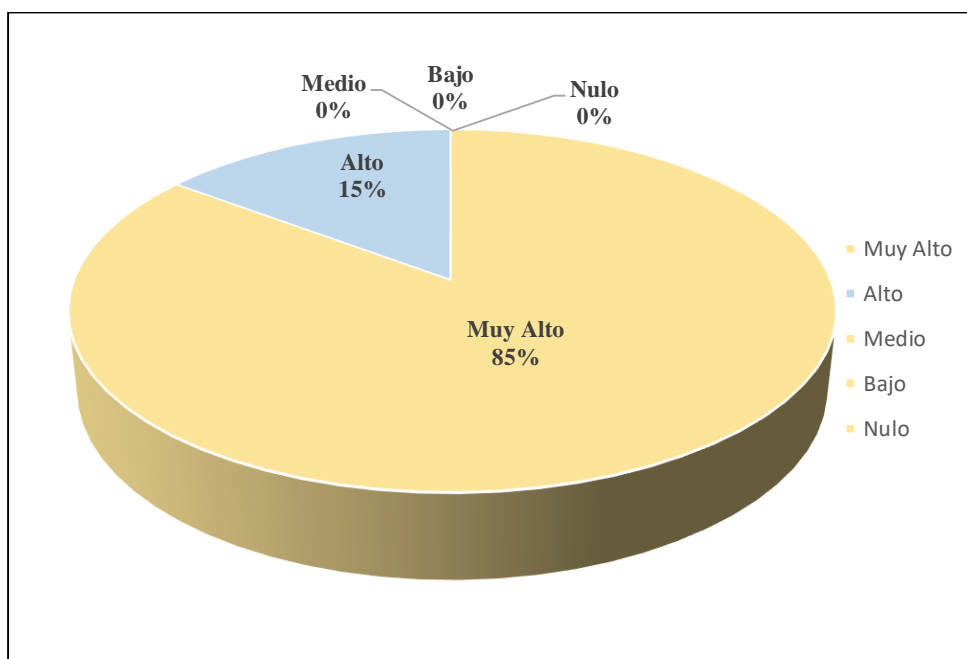


Figura 18. Representación gráfica de la relevancia que tiene el tema investigado para la sociedad.  
Elaborado por: El Autor.

Como se muestra en la figura 18, el 81% de las personas encuestadas señala que la relevancia que tiene el tema investigado en la sociedad posee un nivel muy alto, un 19% indica que tiene un nivel alto, mientras que no existió ninguna persona que indicó con un nivel bajo o nulo la relevancia de este tema.

**5. ¿Considera usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?**

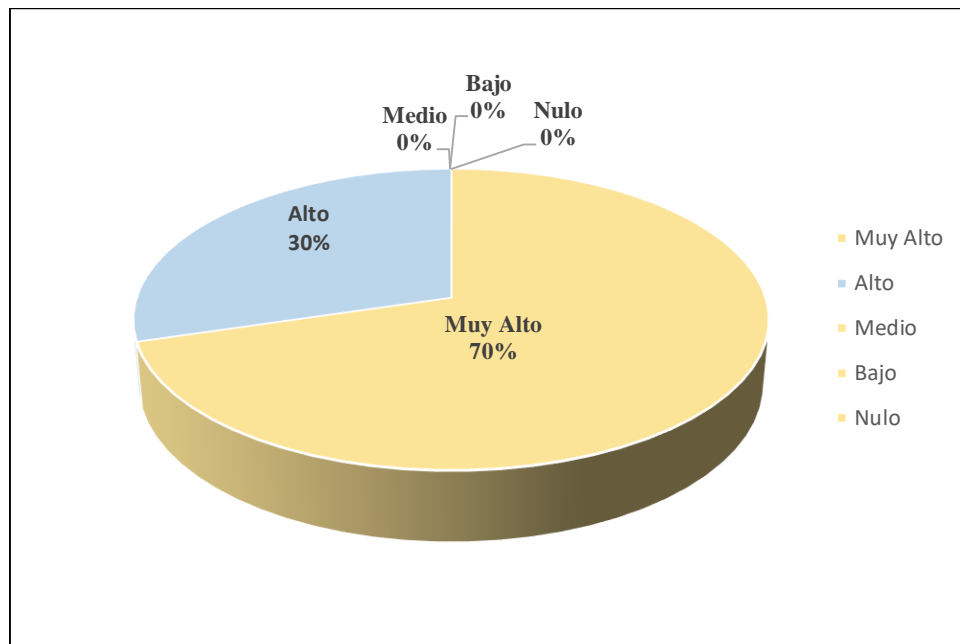


*Figura 19.* Representación gráfica sobre si la investigación posee perspectiva para estudios posteriores.

Elaborado por: El Autor.

Con respecto a la perspectiva que posee esta investigación por medio de estudios posteriores, como se muestra en la figura 19, el 85% de las personas encuestadas indica que tuvo un nivel muy alto, mientras que el 15% de las personas restantes manifiesta que presentó un nivel alto, dando como resultado sumando los dos porcentajes entre muy alto y alto un 100% de la aprobación de las personas encuestadas.

**6. ¿Considera usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?**

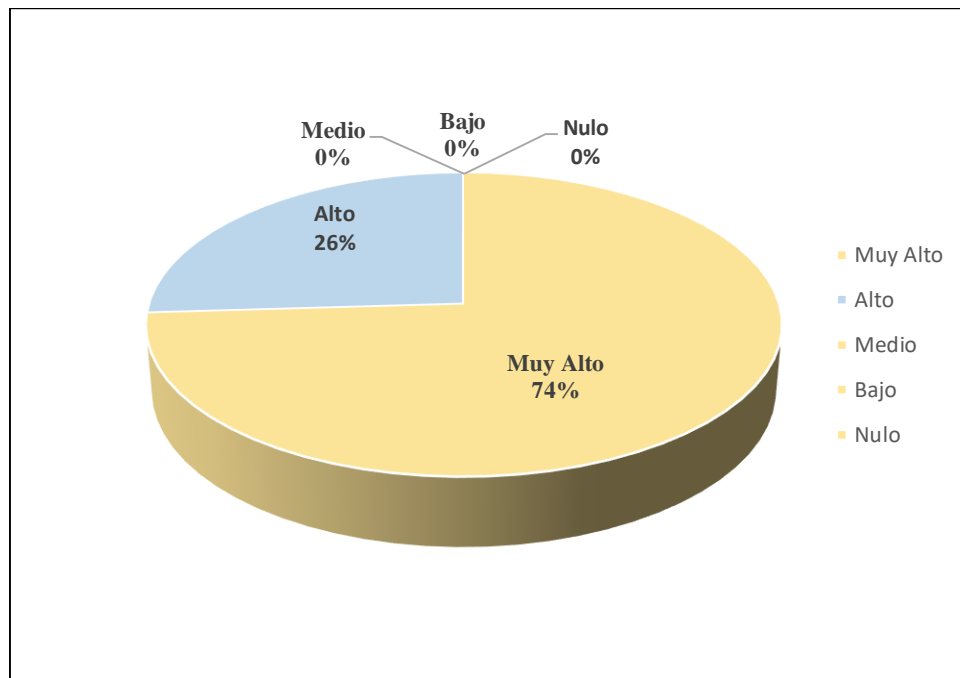


*Figura 20.* Representación gráfica acerca si el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio.

Elaborado por: El autor.

Como se puede observar en la figura 20, el 70% de las personas encuestadas señala que el tema investigado tiene un nivel muy alto, debido a que en la actualidad o a futuro generara un beneficio para la sociedad, mientras que el 30% manifiesta según su criterio que posee un nivel alto, sumando los dos porcentajes entre muy alto y alto nos da como resultado un 100% de la aprobación de las personas encuestadas.

**7. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera usted que estos se cumplieron?**



*Figura 21.* Representación gráfica acerca de si los objetivos planteados expuestos en la investigación, se cumplieron.  
Elaborado por: El Autor.

Con respecto sobre si los objetivos fueron cumplidos, como se muestra en la figura 21 el 74% de las personas encuestadas indica que tuvo un nivel muy alto, mientras que el 15% de las personas restantes manifiesta que presentó un nivel alto, dando como resultado sumando los dos porcentajes entre muy alto y alto un 100% de la aprobación de las personas encuestadas.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES.

- Las especies *Teloschistes exilis*, *Hypotrachyna pulvinata*, *Cora pavonia*, *Ramalina farinacea*, *Usnea sp*, *Ramalina leptocarpha tuck*, *Chrysothrix sp*, son especies toxifóbicas, o especies más sensibles ante la contaminación atmosférica, por lo que pueden ser utilizadas como especies bioindicadores de la calidad atmosférica.
- El factor de tolerancia (Qi), estableció como especies toxitolerantes a las especies *Parmelia caperata*, *Pleurosticta acetabulum*, *Physcia biziana*, *Lepraria normandinoides* y *Lepraria membranacea*
- Los resultados obtenidos del IPA muestran que las diferencias entre los índices de cada área (área de vegetación natural y área antropizada) son significativos, ya que la diferencia entre los dos valores es de un 37%.
- A partir de las investigaciones realizadas, la información arrojada por el IPA y por medio de lo observado en campo a simple vista se puede percibir una reducción significativa de las especies liquénicas en el área antropizada con relación con el área de vegetación natural.
- El uso de especies liquénicas como bioindicadores de la calidad atmosférica ha demostrado ser una alternativa, para la obtención de resultados rápidos y la posibilidad de proporcionar información acumulativa, integrada y discriminada gracias a su capacidad de respuesta frente a las alteraciones del medio, a partir de la presencia - ausencia de especies liquénicas en los árboles de cada una de las áreas de estudio.

## **CAPÍTULO VII**

### **RECOMENDACIONES.**

- En estudios posteriores se recomienda realizar análisis físicos- químicos y biológicos más a fondo en las diferentes estructuras de las especies liquénicas, con el propósito de detectar concentraciones específicas de dióxido de carbono y dióxido de azufre, ya que estos organismos son bioacumuladores de contaminantes.
- Promover el uso de los líquenes como bioindicadores de la calidad atmosférica, dando a conocer que es una alternativa, rápida, eficiente y de bajos costos para la evaluación la calidad atmosférica.
- Monitorear periódicamente la calidad atmosférica fijando puntos estratégicos de muestreo para la aplicación de la metodología IPA.
- La metodología empleada en esta investigación, puede ser utilizada, para realizar mapeos por medio del IPA y de esta forma detectar las zonas y niveles de contaminación atmosférica.

## CAPÍTULO VIII.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Aguirre, J., y Rangel, O. (2007). Amenazas a la Conservación de las Especies de Musgos y Líquenes en Colombia. *Caldasia*, 1(1), pp. 237-238.

Alvis, G. (2009). *Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán*. (Tesis de pregrado Universidad del Cauca). Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a13.pdf>.

ASTA, J. (2003). European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of. Recuperado de Comunidad europea: <http://www.thebls.org.uk/content/documents/eumap.pdf>

Barreno, E., y Pérez, S. (2003). *Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos*. Madrid.: KRK.

Bermúdez, F., Muller, A., y Schmitz, F. (2000). Líquenes Fijadores de Nitrógeno Atmosférico. En *Ecología* (pp. 131-141).

Borrás, C. (2017). *Ecología Verde*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/el-cemento-debe-reducir-su-impacto-ambiental-80.html>.

Büdel, B., y Scheidegger, C. (2008). Thallus morphology and anatomy. En *Lichen biology* (pp. 40-68). New York: Cambridge University Press.

Calvo, M. (2002). *Tratado de la Contaminación Atmosférica*. Madrid.: Ediciones Mundi.Prensa.

Cambridgeshire, E. (2016). Lastdragon.org. Recuperado de [http://www.lichens.lastdragon.org/Lecanora\\_muralis.html](http://www.lichens.lastdragon.org/Lecanora_muralis.html)

CEAM. (2016). *Red de Parcelas Permanentes para el Seguimiento Intensivo y Continuo de los Ecosistemas Forestales*. Madrid: Servicio de Sanidad Forestal y Equilibrios Biológicos (SSF). .

- Chaparro, M., y Aguirre, J. (2002). *Hongos liquenizados*. Colombia.: Colección textos.
- Coutiño, B., y Montañez, A. (2000). Los Líquenes. *Ciencia*, 59(1), pp. 59-65.
- Cubas, P., Núñez, A., Crespo, N., y Divagar, K. (2013). *Líquenes: qué son y su uso como bioindicadores*. México: UCM.
- Culberson, C., Culberson, W., y Johnson, A. (1985). Does the symbiont alga determine chemotype in lichens. En *Mycologia* (pp. 657-660). Inglaterra: The Bryologist
- Ecotech. (2019). Cementeras. Recuperado de ACOEM Group.: <http://www.monitoreo-ambiental-analizadores.com/cementeras>.
- Fernández., C. (2017). *¿ Qué es un Líquen?* .Madrid:Etnobotánica.
- Franco, J. (2012). Contaminación atmosférica en centros urbanos. . *Scielo*, 72(1), pp. 193-204.
- Froehlich, A. (2006). A look at Willamette vallery air quality using lichen communities as bioindicators. *Research Based Learning*, 49 (66), pp.377-389.
- Garty, J., Karary, Y., y Harel, J. (1993). Archives of Environmental Contamination. En *The impact of air pollution on the integrity of cell membranes and chlorophyll in the lichen Ramalina duriaeil transplanted to industrial sites in Israel* (pp. 455-460). Israel:Springer.
- Gérault, A. (2018). MARINE, MARITIME AND OCEANIC LICHENS. Recuperado de <http://www.lichensmaritimes.org/index.php?task=introduction&lang=en>
- Goffinet, B., Rozzy, R., Lewis, L., Massardo, F., y Buck, W. (2012). *Los Bosques en Miniatura del Cabo de Hornos*. Texas: Universidad de Magallanes.
- Gómez, A.(2019). *F.C. Medioambiental La Tirajala*. Recuperado de <http://www.latirajala.org/actividades-humanas-en-la-atmosfera>
- González, Vallarino, Low, y Pérez. (2014). *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Hawksworth, D., Iturriaga, T., y Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio ambientales en los tropicos. *Iberoamericana de Micología*, 22(4), pp.71-82.

Ilbca. (2019). Reproducción de los líquenes. Recuperado de <https://ilbca.wordpress.com/reproduccion-de-los-líquenes/>

Judkevich, L., Medina, W., y Salas, R. (2009). *Hongos liquenizados*. UNNE.

Junta de Andalucía. (2005). *Emisiones de las plantas industriales*. . Andalucía, España.

Langmann, U., Madl, P., Türk, R., Hofman, W., y Brunauer, G. (2014). Sensitivity of Lichens to Diesel Exhaust under Laboratory Conditions. *Department of Organismic Biology*, 50-60.

Lendemer, J., y Harris, R. (2014). Seven new species of Graphidaceae (lichenized Ascomycetes) from the Coastal Plain of southeastern North America. *Phytotaxa*, 189(1), pp. 153–175.

Lijteroff, R., Lima, L., y Prieri, C. (2009). Uso de Líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis Argentina. *Revista Internacional de Contaminación*. 1(1), pp.111-120.

MAGAP. (2019.). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de San José de Quichinche*, Otavalo:Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo.

Mares, I. (2017). *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire*. (Tesis de pregrado, Universidad Complutense). Recuperado de: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/IRENE%20MARES%20RUEDA.pdf>.

Martínez, E., y Díaz de Mera, Y. (2004). *Contaminación atmosférica*. Madrid.: Universidad de Castilla - La Mancha.

Medina, J. (2018). “ *Diversidad de criptógamas epífitas en dos tipos de bosque del parque universitario de educación ambiental y recreación Francisco Vivar Castro, Provincia de Loja*. ( Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja). Recuperado de:

<http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/20572/1/Jefferson%20Vladimir%20Medina%20Benitez.pdf>

Méndez, H., y

Monge, J. (2011). *El uso de líquenes como biomonitores para evaluar el estado de la contaminación atmosférica a nivel mundial*. México: Biocenosis.

Méndez, O., y Fournier, L. (1980). Los líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de San José, Costa Rica. *Biología Tropical*, 13(1), pp. 31-39.

Mendoza, H. (2010). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt.

Moncada, B., Lücking, R., y Spiman, H. (2015). *Líquenes de los páramos bosques y zonas urbanas del Distrito Capital*. Bogotá: Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis & Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin.

Morales, R. (2006). *Contaminación Atmosférica Urbana Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria S.A.

Moreno, E., Sánchez, Á., y Hernández, J. (2007). *Guía Ilustrada de líquenes de Venezuela*. Caracas: Fundación Instituto Botánico de Venezuela.

Nash III, T., Ryan, B., Gries, C., y Bungartz, F. (2002). Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert. En *Lichens Unlimited* (pp. 532). Arizona: University Tempe, Arizona.

Navarro, E. (04 de Abril. de 2011). CRBio. Recuperado de: <http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Sticta%20limbata>

Nimis, P., Scheidegger, C., y Wolseley, A. (2002). Monitoring with Lichens . En *Nato Science Series*. (pp. 327-328). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Ohmura, Y. (2012). Taxonomic status of section *Neuropogon* in the genus *Usnea* elucidated by morphological comparisons and ITS rDNA sequences. *The lichenologist*, 36(1), pp. 217-225.

- Olivera, G., y Branquinho, C. (1999). Spatial impact of atmospheric dust from a cement mill in Sierra Da Arrábida, using lichens as biomonitoring. *Revista de Biología*, 1(1), pp.33-42.
- Pignata, M., Gudiño, G., Wannaz, E., Plá, R., Gonzalez, C., Carreras, H., y Orellana, L. (2004). Biomonitoring of air quality employing in situ *Ramalina celastri* in Argentina. En *Int. J. Environ. Pollut*, 22(1), pp.409-429
- PUCESI., H. (2018). *Protocolo de manejo de especies vegetales*. Ibarra.
- Rincón, A. (2011). *Composición de la flora de líquenes corticícolas en el Caribe Colombiano*. (Tesis magistral, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/4917/1/angelicajohannarinconespitia.2011.pdf>
- Riquelme, F. (2008). *Evaluación del uso de líquenes como indicadores biológicos de contaminación atmosférica en la Quebrada de la Plata región metropolitana*.(Tesis pregrado, Universidad de Chile). Recuperado de: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105136/riquelme\\_f.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105136/riquelme_f.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Rivera, E. (2008). Estudio de Líquenes como Bioindicadores de los niveles de Contaminación en el pueblo de Guata. (Tesis magistral, Universidad Turabo). Recuperado de: [ut.suagm.edu/sites/default/files/uploads/Centro-Estudios-Doctorales/Tesis-2005-06/Tesis-2007-08/4\\_Rivera\\_E\\_Tesis\\_UT\\_2008.pdf](http://ut.suagm.edu/sites/default/files/uploads/Centro-Estudios-Doctorales/Tesis-2005-06/Tesis-2007-08/4_Rivera_E_Tesis_UT_2008.pdf)
- Rubiano, L., y Chaparro, M. (2006). *Delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la Universidad Nacional de Colombia mediante el análisis de bioindicadores (líquenes epifitos)*. (Tesis pregrado, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v11n2/v11n2a07.pdf>.
- Ryan, B., NASH III, T., y Herrera, M. (1996). *Catalog of the Lichens and Lichenicolous Fungi of Mexico*. México:Botanical Museum.
- Sans, F. (1989). *Ingeniería Ambiental: Contaminación y Tratamientos*. Barcelona: MARCOMBO.

Santesson, R. (1973.). Identification and Isolation of lichen substances. En *The lichens* (pp. 633-652). Londres:Academic Press.

Solís, L., y López, J. (2003). *Principios Básicos de la contaminación ambiental*. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Troposfera. (2019). *Troposfera portal temático de contaminación atmosférica*. . Recuperado de <http://www.troposfera.org/conceptos/calidad-aire/>

Umaña, L., y Spiman, H. (2002). Líquenes de Costa Rica. Costa Rica: INBio.

Vaillant, F. (2014). *Los líquenes, una alternativa para el control de fitopatógenos*. La Habana.: Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal.

## ANEXOS.

Anexo 1. Medición de los transectos (50x2) m.



Anexo 2. Medición del DAP para la selección de los árboles.



Anexo 3. Elaboración de la rejilla para el inventario de las especies liquénicas.



Anexo 4. Colocación de la rejilla en cada uno de los árboles.



Anexo 5. Identificación taxonómica de las diferentes muestras colectadas en campo.



Anexo 6. Especie *Ramalina leptocarpha tuck* observada desde el estereoscopio.



Anexo 7. Medición del tamaño de la especie *Cora pavonia*.



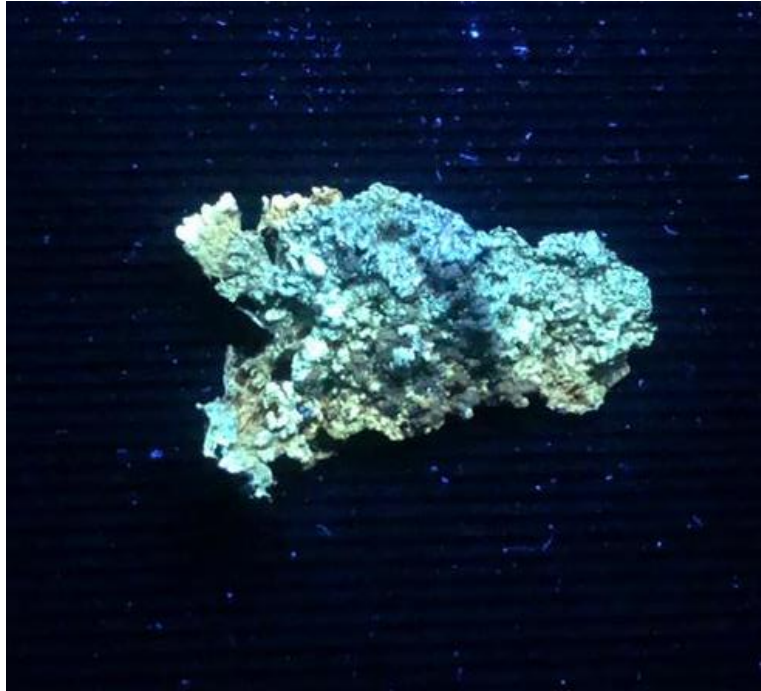
Anexo 8. Medición del porcentaje de Clorofila de la especie *Parmelia caperata*.



Anexo 9. Prueba de Química de Luz Ultravioleta de la especie *Teloschistes exilis*.



Anexo 10. Prueba de Química de Luz Ultravioleta de la especie *Parmelia Caperata*.



Anexo 11. Formato Planilla de campo.

<b>PLANILLA DE CAMPO</b>	
ÁREA DE ESTUDIO. _____	TRANSECTO _____
FECHA: _____	
TEMPERATURA °C: _____	ALTITUD: _____
ÁRBOL N°: ____	
Especie de árbol: _____	DAP (m): _____

Número de especies encontradas: \_\_\_\_\_


ESPECIE	FRECUENCIA	COBERTURA

Anexo 12. Invitación a la socialización.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**Le extienden la más cordial invitación a la socialización del trabajo de investigación:**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LIQUENES EN EL ÁREA ANTROPIZADA Y ÁREA DE VEGETACIÓN NATURAL,  
COMO INDICADORES DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA PARA EL SECTOR DE PERUGACHI CANTÓN  
OTAVALO”**

**cuyo autor es la señorita Estefany Carolina Quejal Nárvaez de la carrera de Ciencias Ambientales y Eco Desarrollo**

**Fecha: 19 de diciembre de 2019**

**Lugar: PUCESI, Aula 4-3-14**

**Hora: 9:00 horas**

**RESUMEN**

Mediante la presente investigación se pretende crear protocolos de manejo y empleo de líquenes como bioindicadores para detectar la contaminación atmosférica, obtención de resultados rápidos y la posibilidad de proporcionar información acumulativa, integrada y discriminada gracias a su capacidad de respuesta frente a las alteraciones del medio, a partir de la presencia - ausencia de especies líquénicas en los árboles de cada una de las áreas de estudio, esto nos permitirá sugerir nuevas alternativas de monitoreo de la calidad del aire con costos más bajos y de fácil interpretación.



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

ESCUELA CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES  
ÁREA DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

LISTA DE ASISTENCIA A SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

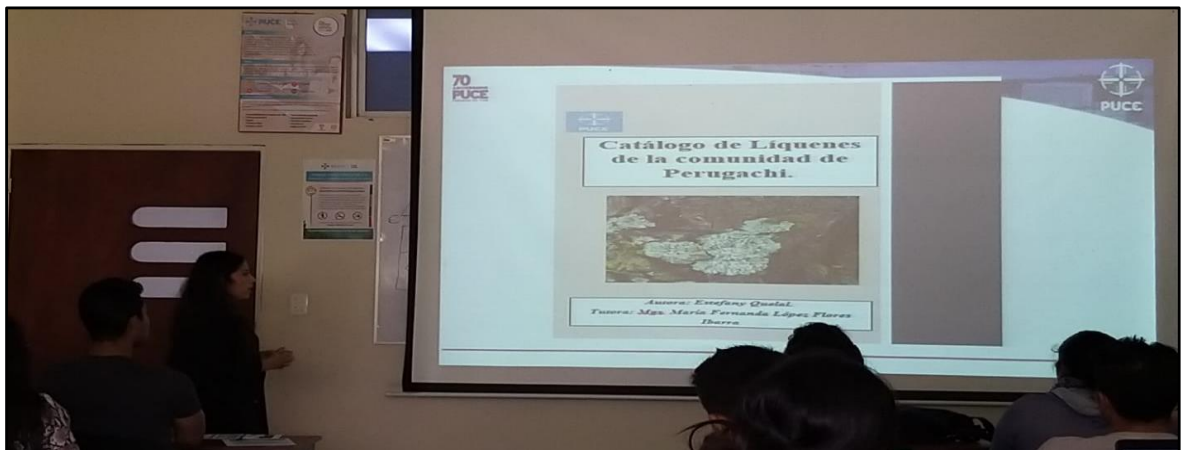
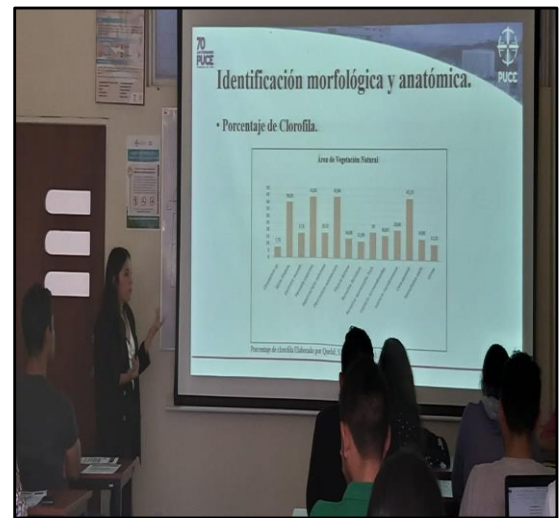
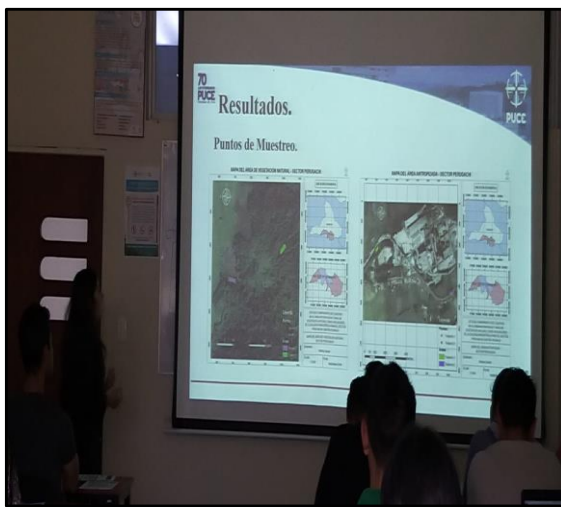
NOMBRE DEL EXPOSITOR:

CARRERA:

FECHA:

NOMBRE ASISTENTE	NÚMERO DE CÉDULA	INSTITUCIÓN A LA QUE REPRESENTA	FIRMA
Kelany Acuña	1004628093	PUCE-SI	
Daniel Pérez	1003068763	PUCE-SI	
Goldenta Jorje	040189255-9	PUCE-SI	
Vitor Jácome	100291650	PUCE-SI	
Marcos Danera	100387818-6	PUCE-SI	
José Rosero	1720520865	PUCE-SI	
David Guzmán	100391434-6	PUCE-SI	
Emily Coloma	100425131-6	PUCE-SI	
Maryely Guerra	100404941-5	PUCE-SI	
Ramiro Bolaños	100375124-2	PUCE-SI	
Sofía Valencia	080449250-2	PUCE-SI	
Graciela Rueda	100417972-4	PUCE-SI	
Mayra Hanguán	1004912542	PUCE-SI	
Silvia Guerrero	040186232-1	PUCE-SI	
Juan Rocha	100288535-6	PUCE-SI	
Deyi Ramos	100317855-3	PUCE-SI	
Alan Pupides	1003141491	PUCE-SI	

Anexo 14. Registro fotográfico del proceso de socialización.



Anexo 15. Formato de la encuesta para la socialización de la investigación.



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

ESCUELA CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES  
ÁREA DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

### PROCESO DE SOCIALIZACION DE INVESTIGACION

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajos de Investigación por favor háganos llegar sus comentarios y sugerencias:

FECHA			
EXPOSITOR			
LUGAR	DENTRO FUCESI		FUERA FUCESI

NOTA IMPORTANTE: Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:

5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO

DETALLE DE VALORACION	1	2	3	4	5
<b>ORGANIZACION DEL EVENTO DE SOCIALIZACION:</b>					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					
<b>EJECUCION DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR</b>					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?					
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?					
5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?					
<b>MEDICION DE IMPACTO DE LA INVESTIGACION:</b>					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					
7. ¿Considera Usted que esta Investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					
8. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o Institución?					
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la Investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?					
<b>REALICE UN COMENTARIO O SUGERENCIA PARA LOS ORGANIZADORES DE ESTE EVENTO</b>					
<b>MENCIONE USTED OTRAS PROBLEMATICAS QUE A SU PARECER PODRIAN SER INVESTIGADAS Y QUE POSEAN IMPORTANCIA PARA ALGÚN ACTOR Y/O SECTOR DE NUESTRA COLECTIVIDAD</b>					
<b>INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO</b>					