

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS**

**“EVALUACIÓN DE LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE ORIGEN VEHICULAR EN TRES
ZONAS DE DISTRITO DE CAJAMARCA EN EL AÑO 2017”**

Autores:

Ing. M.Cs. Felipe Baltazar Gutiérrez Arce

Bach. Marcia Ximena Ambrosio Mantilla.

Bach. Bruno Bringas Becerra.

CAJAMARCA – PERÚ

Enero, 2018

RESUMEN

En el distrito de Cajamarca se pudo evidenciar que la principal fuente de contaminantes atmosféricos es de origen del parque automotor, por lo que el propósito de esta investigación es evaluar la utilización de líquenes para determinar la contaminación atmosférica en tres zonas de Cajamarca (Jr. Amalia Puga, Jr. Mario Urteaga y El parque de la Urbanización Cajamarca) , con un nivel de flujo vehicular, altos, medio y bajo; respectivamente, y proponer su uso como alternativa de bioindicadores atmosférico, así determinar la pureza atmosférica de las zonas de estudio; y de esta manera proponemos una metodología limpia y menos costosa para el monitoreo de contaminantes atmosféricos. Para ello, los indicadores utilizados fueron la abundancia (área ocupada) y riqueza (número de especies) de líquenes, datos que se obtuvieron a partir de una rejilla 20x50 cm dividida en 20 cuadrículas. El área ocupada por cada especie fue procesada a partir del programa Adobe Photoshop CS6 Extended – Versión 13.0 64x, y los datos (área) se procesaron en cm^2 . Estos datos fueron utilizados para determinar el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) de las zonas de estudio.

Así mismo, en la metodología se realizó el conteo de vehículos en las tres zonas de estudio, las que se registró por minuto en un lapso de 5 minutos durante una hora. El análisis de varianza de los indicadores estudiados se realizó a través del software estadístico InfoStat (versión estudiantil, 2016).

El análisis determinó diferencias significativas de los indicadores entre los lugares de estudio ($p < 0.0001$). Así mismo se determinó que la zona con mayor flujo vehicular (Jr. Amalia Puga, 36 veh/min) también presentó menor abundancia (34.8 cm^2) y riqueza de líquenes (1.8 sp) y por ende, un menor IPA (13.8), a diferencia de la zona que presentó

menor flujo vehicular (Parque Urbanización Cajamarca, 0 veh/min), con mayor abundancia (192.7 cm²) y riqueza de especies, y consecuentemente un IPA mayor (64.1).

Estos resultados concuerdan con los estudios y la literatura previa. Además, esta investigación deja muchas posibilidades de nuevos estudios. Al culminar la investigación se comprueba que los líquenes son excelentes bioindicadores de contaminación generados por el parque automotor.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
INDICE DE CONTENIDO	v
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	9
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	10
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.4. OBJETIVOS.....	12
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	12
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	13
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	13
2.2. BASES TEÓRICAS.....	18
2.2.1. Contaminación atmosférica.....	18
2.2.2. Fuentes de contaminación atmosférica.....	19
2.2.3. Fuentes naturales.....	19
2.2.4. Fuentes antropogénicas.....	21
CUADRO 1: PORCENTAJE DE CONTAMINANTES EN FUENTES DE ORIGEN NATURAL Y ANTROPOGÉNICO	22
CUADRO 2: FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LA ATMOSFERA	23
2.2.5. Principales contaminantes atmosféricos	24
2.2.6. Efectos de la contaminación del aire.....	27
CUADRO 3: EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.....	28
2.2.7. Contaminación por parque automotor.....	31
2.2.8. Emisiones vehiculares	32
2.2.8.1. Emisiones evaporativas.....	33
2.2.8.2. Emisiones por el tubo de escape.....	34
2.2.9. Contaminación por parque automotor en Cajamarca.....	34
2.2.10. Marco legal.....	36
2.2.10.1. Emisiones vehiculares.....	36
2.2.10.2. Contenido de azufre en el combustible diésel.....	36
2.2.10.3. Reglamento nacional de inspecciones técnicas vehiculares.....	37
2.2.11. Bioindicadores.....	37

2.2.11.1.	Importancia de bioindicadores.....	38
2.2.11.2.	Ventajas y desventajas de la aplicación del bioindicadores.....	39
2.2.12.	Liquen.....	39
2.2.12.1.	Componentes de la simbiosis líquénicas.....	40
2.2.12.2.	Estructura	41
2.2.12.3.	Tipo de líquenes.....	42
2.2.12.4.	Reproducción.....	43
2.2.12.5.	Ecología.....	44
2.2.12.6.	Crecimiento.....	44
2.2.12.7.	Adaptabilidad del liquen	44
2.2.12.8.	Especies Liquénicas.....	44
2.2.13.	Como afecta la contaminación a los líquenes.....	46
2.2.14.	Liquen como bioindicador de contaminación ambiental.....	47
2.2.15.	Líquenes como bioindicadores de contaminación de aire.....	48
2.2.16.	Metodología de monitoreo de calidad ambiental.....	48
2.2.16.1.	Metodología índice de pureza atmosférica.....	48
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS		49
3.	Hipótesis	49
3.1.	Operacionalización de las variables.....	49
CUADRO 4: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....		49
CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS.....		50
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
4.1.	Localización y Período Experimental.....	50
CUADRO 5: MONITOREO DE RUIDOS MAYO 2015.....		50
4.2.	Materiales Utilizados.....	51
4.3.	Diseño experimental.....	51
4.4.	Manejo Previo.....	52
4.5.	Determinación.....	52
4.5.1.	Monitoreo de líquenes.....	52
4.5.2.	Abundancia.....	53
4.5.3.	Riqueza.....	53
4.5.4.	Medición de riqueza y abundancia.....	53
4.5.5.	Flujo Vehicular.....	58
4.5.6.	Índice de Pureza Atmosférica (IPA).....	58

4.5.7. Procesamiento de información.....	60
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	60
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	60
5.1. RESULTADO	60
5.1.1. Tasa vehicular (flujo vehicular)	60
5.1.2. Área ocupada por los líquenes	60
5.1.3. Número de especies	60
5.1.4. Índice de Pureza Atmosférica (IPA).....	61
CUADRO 6: PROMEDIOS DE TASA VEHICULAR, ÁREA DE LÍQUENES, NÚMERO DE ESPECIES E IPA EN CADA UNO DE LOS LUGARES ESTUDIADOS	61
5.2. DISCUSIÓN	62
5.2.1. Tasa vehicular (flujo vehicular)	62
5.2.2. Índice de Pureza Atmosférica (IPA).....	62
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
6.1. CONCLUSIONES.....	64
6.2. RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS	66
ANEXOS	69
GLOSARIO	102

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: PORCENTAJE DE CONTAMINANTES EN FUENTES DE ORIGEN NATURAL Y ANTROPOGÉNICO	22
CUADRO 2: FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LA ATMOSFERA	23
CUADRO 3: EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.....	28
CUADRO 4: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	49
CUADRO 5: MONITOREO DE RUIDOS MAYO 2015	50
CUADRO 6: PROMEDIOS DE TASA VEHICULAR, ÁREA DE LÍQUENES, NÚMERO DE ESPECIES E IPA EN CADA UNO DE LOS LUGARES ESTUDIADOS.....	61

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Los líquenes tienen un importante papel como bioindicadores de lectura inmediata de la contaminación medioambiental, de los cambios climáticos. Los líquenes por no contar con un sistema excretor y absorber sus nutrientes de la atmosfera, tienden acumular contaminantes, los cuales generan un impacto negativo en su reproducibilidad, densidad y número de especies. Estos organismos presentan mayor sensibilidad a contaminantes como hidrocarburos, monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre; sustancias producidas en su mayorías por el parque automotor (Lijteroff, R., Lima, L. y Prieri, B.)

De acuerdo a la investigación bibliográfica realizada, se ha podido encontrar estudios aplicados en Argentina, Bolivia Chile, Uruguay y Perú (Tingo María); estos estudios realizados en zonas urbanas, consideran flujo vehicular para la determinación de la alteración que genera en estos organismos; en estas investigación aplican Metodología de INDICE DE PUREZA ATMOSFÉRICA (IPA), para determinar la calidad atmosférica en cuatro zonas de estudio.

Los resultado obtenidos se evidenciadas en la descripción, indican que a mayor IPA (>20) existe mayor abundancia y riqueza de especies identificadas en árbol de estudios y menor flujo vehicular; sin embargo a menor IPA (<20), se evidencia menor abundancia y número de especies y por lo tanto mayor flujo vehicular.

Por lo anteriormente mencionado, estas investigaciones con respecto al uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular, son muy necesarias para proponer alternativas menor costosas de monitoreo de calidad de aire de diferentes zonas de estudios.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años la actividad del transporte de pasajeros y carga por vía terrestre ha logrado un gran auge en su desarrollo debido al crecimiento sostenido de la economía nacional, siendo este un factor preponderante para el aumento del parque automotor; sin embargo esto trae consigo el incremento de emisiones de concentración de gases tóxicos que es uno de los principales problemas de contaminación de aire en nuestro país. En Lima, la contaminación atmosférica se ha visto incrementando a un ritmo acelerado y ha llegado a niveles que exceden los estándares internacionales que protegen la salud pública.

Como otra de las grandes ciudades, Cajamarca también presenta este problema, debido al aumento del poder adquisitivo de la población; por ello se instalaron 24 micro estaciones de monitoreo a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y gracias a ello, desde el año 2014 (octubre), la ciudad viene realizando monitorios. En el año 2015 la municipalidad provincial de Cajamarca instaló la estación de monitoreo “La Colmena” con la función de detectar los gases y contaminantes esparcidos en toda la zona (Grufides, 2007).

Ahora, si bien es cierto que los datos de SENAMHI vienen siendo de mucha utilidad, la instalación de una estación suele exigir una inversión significativa, por lo que sería necesario proponer otras alternativas que nos permitan detectar y cuantificar ciertos contaminantes ambientales a un menor costo, sin que ello signifique subestimar estos resultados.

Los contaminantes ambientales son compuestos tóxicos que pueden reflejar características y variaciones existentes en su medio ambiente que se pueden manifestar a

partir de la reacción de los organismos la cual puede usarse como criterio de indicación. De este modo un bioindicador es un organismo o comunidad de organismos que responden a la contaminación por sustancias nocivas, ya sea con alteración a sus funciones vitales o la acumulación a tales sustancias, proporcionando de este modo información sobre el medio en que se encuentran. (Canseco, A., Anze, R., Franken, M., 2006)

Dicho lo anterior, el uso de los líquenes son de esencial interés por su uso en la evaluación de la contaminación atmosférica, por su sensibilidad a la presencia de compuestos tóxicos en la atmósfera, manifestándose por formaciones morfológicas y fisiológicas evidentes debido a la presencia o ausencia de la especie, su densidad, su frecuencia de aparición, porcentaje de cobertura y o presencia de síntomas de daños interno o externos con el grado de impureza del aire.

Por tal motivo, el uso de bioindicadores viene cobrando mayor importancia y practicidad en estos últimos años, por lo que queremos proponer una metodología que pueda ser aplicada en, utilizando líquenes como indicadores biológicos para detectar contaminantes ambientales que tienen su origen en el parque automotor como son los sulfuros (SO_2) y nitratos (NO_2).

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Será eficiente la utilización de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular, en Cajamarca?

1.4. OBJETIVOS.

- **Objetivo general:**

- Evaluar la utilización de líquenes para determinar la contaminación atmosférica en tres zonas de Cajamarca, con un nivel de flujo vehicular alto, medio y bajo; y proponer su uso como alternativa de bioindicador atmosférico.

- **Objetivos específicos:**

- Registrar el flujo vehicular de las tres zonas de estudio en el distrito de Cajamarca.

- Identificar las especies de líquenes en las tres zonas de estudio.

- Medir la abundancia (área ocupada) y la riqueza (número de especies) de líquenes, y determinar el IPA en cada zona de estudio; y relacionar la abundancia y riqueza (IPA) de los líquenes con el flujo vehicular de las tres zonas de estudio.

- Proponer una alternativa menos costosa para el monitoreo de contaminantes atmosféricos.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Así mismo proponer el uso de los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular, a partir de la abundancia y riqueza de especies de líquenes en los árboles de cada una de las zonas de estudio. Esto nos permitirá proponer nuevas alternativas de monitoreo de calidad de aire con costos más bajos. A pesar de que en la actualidad Cajamarca cuenta con 24 sub estaciones de monitoreo atmosférico, estas deben de contar con un presupuesto adicional para la operación y mantenimiento, por tal motivo nosotros proponemos la utilización de líquenes como monitoreo de calidad atmosférica. De esta manera poder demostrar conocimientos adquiridos en Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos, en el área de Tecnología Limpias y contaminación atmosférica.

Así mismo a presente investigación también se justifica al querer generar información y brindarla aquellos estudiantes que deseen realizar investigaciones futuras, debido a la escasa información referente al uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

- Según Hawksworth, D; Iturriaga, T y Crespo, A. (2005). Las razones por las cuales los líquenes están siendo utilizados con tanto éxito en este campo se basan en:
 - a) Son ubicuos y actualmente se encuentran en aumento en muchos centros urbanos, sobre todo en países desarrollados, gracias a la disminución en la concentración de dióxido de azufre en la atmósfera de las ciudades.
 - b) No poseen una cutícula protectora y absorben nutrientes y contaminantes a través de gran parte de su superficie.
 - c) Su naturaleza simbiótica, ya que, si cualquiera de los simbioses se ve afectado por algo, ambos organismos mueren.
 - d) Son relativamente longevos, permaneciendo expuestos al efecto nocivo por largos períodos, por lo que proporcionan una imagen de estados crónicos y no de variaciones puntuales del medio ambiente.
 - e) Son organismos perennes que pueden ser muestreados durante todo el año.

A lo anteriormente mencionado indican que las asociaciones liquénicas resultan muy importantes como bioindicadores por la longevidad de estas especies, y el hecho de que obtienen la mayor parte de sus nutrientes de la atmósfera mayor sensibilidad a ciertos contaminantes ya que muestran cambios del hábitat y del medio ambiente, lo que hace

que sean ampliamente utilizados como biomonitores en diferentes ecosistemas. Por tal razón el autor anteriormente mencionado sustenta la investigación que nosotros estamos realizando como propuesta de uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica.

- Según Canseco, A., Anze, R. y Franken, M. (2006). Estudio realizado en la ciudad de la Paz, usando Pureza Atmosférica. Este método está basado en las alteraciones que produce la contaminación atmosférica sobre las comunidades de los líquenes. De acuerdo con este método, la presencia de especies tolerantes o sensibles y la modificación en las estructuras y abundancia de la comunidad liquenica, por si misma, son capaces de expresar la calidad del aire de un área específica. Este método permite, de manera integral, clasificar las diferentes áreas estudiadas con relación al nivel de contaminación, y fue aplicado en un transecto determinado por la principal fuente de contaminación, el tráfico vehicular, en diferentes áreas de la ciudad. Los resultados muestran que en áreas de alta intensidad vehicular, consecuentemente más contaminadas, existe menor diversidad de líquenes, además de valores bajos de presencia y cobertura. Por otro lado, las áreas con menor contaminación registran mayor diversidad liquénica y valores mayores de cobertura y presencia.

De lo anteriormente mencionado indican el uso del Índice de Pureza Atmosférica como metodología para el monitoreo de calidad atmosférica, de acuerdo a la densidad y número de especies identificados en diferentes áreas de estudios, esta metodología también será aplicada en la investigación que se ha realizado en la ciudad de Cajamarca.

- Según Lijteroff, R; Lima, L y Prieri, B. (2008). Un organismo se considera bioindicador cuando presenta alguna reacción que puede ser identificada frente a diferentes grados de alteración del medio, por ejemplo frente a la contaminación del aire.

Muchas especies son incapaces de adaptarse ecológica o genéticamente a la condición ambiental alterada, de modo que su ausencia es, de hecho, un indicio del problema. Su comportamiento ante dichas condiciones difiere del natural en aspectos tales como hábito, fisiología, demografía y relaciones con otros organismos.

En las últimas investigaciones han utilizado líquenes epífitos para estimar los niveles de contaminación atmosférica creada principalmente por dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrocarburos; presentando mayor sensibilidad al dióxido de azufre, principal factor que afecta a las especies de líquenes.

Debido a que los organismos epífitos reciben la mayor parte de los nutrientes a partir de la atmósfera, son más susceptibles a los factores atmosféricos y, por lo tanto, constituyen sustratos ideales para ser utilizados como bioindicadores.

A lo anteriormente descrito indican que los líquenes epífitos son muy buenos bioindicadores de contaminantes atmosféricos debido a la sensibilidad de contaminantes, que en la mayoría provienen de gases de parque automotor, de igual manera sustentan la elaboración de esta investigación.

- Según Giacobone, G. y Cabrera, S. (2009). De acuerdo al estudio realizado Buenos Aires (Argentina) demuestran la importancia de los líquenes como bioindicadores, en la que se realizaron análisis en 7 zonas, las cuales pudieron concluir, que la baja presencia de especies liquénicas y su abundancia, está relacionada con la circulación vehicular en las zonas de estudios, zonas presentan mayor cantidad de árboles, afectan de manera positiva a la cobertura liquénica y por adición, a la mejora en la calidad de aire en las ciudades por funcionar estas como zonas de amortiguamiento a la contaminación atmosférica de origen vehicular.

- Según Zambrano, A y Rodríguez, C. (2011). A partir de 1866 varias especies de líquenes han sido identificadas como indicadores de calidad ambiental. En 1960 se dio un crecimiento exponencial de los estudios de estos organismos como bioindicadores, al ser identificado el dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos; como los factores principales que influye en su crecimiento, distribución y salud. Por lo general se observa una correlación negativa entre la diversidad de los líquenes y la concentración de contaminantes. Cuando los niveles de contaminación atmosférica son bajos, los líquenes se desarrollan con abundancia media y alta sobre troncos de árboles, suelo y/o rocas, mientras que, si la misma es alta, sus densidades poblaciones tienden a disminuir o desaparecer por completo.

La eficiencia de los líquenes en la evaluación de la calidad del aire deriva de sus características biológicas, dado que carecen de raíz y de sistemas de conducción, como es el caso de las plantas vasculares que se nutren del suelo, dependen prácticamente de la atmósfera y en menor medida del sustratos como fuente de agua y nutrientes, no poseen estructuras selectivas o protectoras del medio externo que actúen como barrera ante las sustancias del ambiente, por lo que absorben nutrientes y contaminantes a través de gran parte de su superficie, incluyendo partículas y gases contaminantes.

- Según Méndez, V y Monge, J. (2011). Los líquenes son frecuentemente utilizados como biomonitores (bioindicadores y bioacumuladores) para evaluar la calidad atmosférica, debido a su longevidad y porque obtienen la mayor parte de sus nutrientes del aire, lo que los hace muy sensibles a las impurezas presentes en el medio. Ellos se emplean como biomonitores cuando se realiza un mapeo de todas las especies presentes en un área específica o se estudian a lo largo del tiempo para comparar los resultados con valores promedio y por bioacumulación cuando se hace un muestreo de las especies líquénicas y se miden, por medio de análisis químicos, los contaminantes acumulados en

sus talos. Tras revisar la última literatura publicada a nivel mundial, se concluye que el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno son los principales contaminantes presentes en la atmósfera y ellos influyen en el crecimiento, distribución y salud de los líquenes. África y Oceanía son las regiones donde menos trabajos recientes existen en el campo.

- Según Quispe, k; Ñique, M y Chuquilín, E. (2013). Estudio realizado en Tingo María Perú, muestra la eficiencia de los Líquenes como bioindicadores de contaminantes atmosféricos de origen vehicular, estos estudios se realizaron en 5 zonas de la ciudad de Tingo María a partir de la aplicación de método IPA, en ellos determinaron 3 especies *Physcia lopezii*, *Pertusaria sp.*, *Hyperphyscia pyvithrocardia* y *Chrysothrix candelaris*. Siendo las especies más tolerantes a los contaminantes *Physcia lopezii* e *Hyperphyscia pyvithrocardia*, y *Chrysothrix candelaris* más sensibles.

En este estudio se determinó Z2 Z3 y Z4 zonas que presentan un IPA menor a 20, indicando menor densidad de especies liquénicas y menor número especies, en estas zonas existe una concurrencia vehicular más altas, sin embargo, en Z5 presenta un IPA mayor a 20, presenta mayor densidad de especies liquénicas y número de especies y por tanto en esta zona hay menor a nula presencia vehicular.

A lo anteriormente descrito indican que esta metodología es aplicada para monitoreo de calidad atmosférica a partir del uso de bioindicadores como en este caso son los líquenes, de esta manera la metodología aplicada en nuestra investigación permitirá de igual manera monitorear la calidad del aire.

- Según Cueva, A; Prieto, M; Aragón, G y Benítez, A. (2015), indican que los líquenes epífitos han sido ampliamente utilizados como bioindicadores de la contaminación atmosférica, debido a que obtienen la mayor parte de nutrientes del aire, lo que los hace muy sensibles a los cambios derivados de la contaminación. En la investigación realizada en la ciudad de Loja (Ecuador), se aplicó la metodología del Índice de Pureza Atmosférica

para el monitoreo de la calidad atmosférica, de esta manera se establecieron diferencias en la composición de especies de los parques mediante análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) y PERMANOVA; a partir de ello indicaron que las comunidades de líquenes epífitos resultaron ser excelentes indicadores biológicos para detectar la contaminación del aire en la ciudad. En el estudio realizado tuvieron como resultado positivo para aquellos parques más alejados con menor circulación vehicular, mostrando así mejor calidad ambiental y aumento en la riqueza de especies, mientras que se observa el patrón contrario para los parques con mayor circulación vehicular, donde se registró menor riqueza de especies.

De la misma manera lo anterior descrito indican que la metodología IPA es un indicador confiable para el monitoreo de calidad atmosférica de origen vehicular, debido a sensibilidad aquellas sustancias emitidas por fuentes móviles, en este caso al igual que el estudio realizado por Quispe, K; Ñique, M y Chuquilín, E. (2013). Demuestran una vez la gran importancia de los líquenes como biodindicadores.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Contaminación atmosférica

La contaminación del aire como la presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes o sus combinaciones, en cantidades tales y con tal duración que sean o puedan afectar la vida humana. De animales, de plantas, o de la propiedad que interfiera el goce de la vida, la propiedad o el ejercicio de las actividades (W, Kenneth, 1994).

La contaminación atmosférica se define como la presencia de elementos o componentes de que no pertenecen, o se encuentran en cantidades superiores a las propias, las cuales interfieren en la salud y el bienestar de las personas, dañen o alteren los recursos o alteren el equilibrio ecológico de la zona.

2.2.2. Fuentes de contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica tiene un efecto observable o detectable. Sin embargo, no siempre es fácil identificar los efectos y en muchos casos los efectos observados no se pueden relacionar de la manera directa con contaminantes específicos. (Castañaza, J., 2013)

Los métodos de identificación de fuentes de contaminación del aire han cambiado, de sencillas técnicas sensoriales con base en aspecto de color, olor y sabor, a técnicas objetivas que permiten cuantificar o medir las concentraciones para determinar la calidad del aire. En la actualidad, con pocas excepciones, si los contaminantes son detectables por los sentidos, o si se pueden observar efectos directos, se considera que las fuentes están contribuyendo a una “afrenta grave” a la atmosfera. (Martínez, V., 2011)

El impacto negativo a la atmósfera era más fácil de detectar cuando provenía de fuentes industriales, por lo común relacionada con la quema de combustibles fósiles en los primeros días del control de la contaminación del aire, porque los contaminantes se emitía desde una chimenea a un nivel alto donde era fácil verlos e identificarlos. A medida que las técnicas de identificación y medición mejoraron, se hizo evidente que no sólo las emisiones de fuentes industriales generan un gran impacto al aire, sino también las fuentes domésticas, comerciales, agrícolas y relacionadas con el transporte.

2.2.3. Fuentes naturales

Por los generales, sólo una pequeña fracción de los contaminantes de la atmósfera es emitida por fuentes naturales, entre éstas se encuentran las volcánicas y las geológicas. En las zonas rurales, por ejemplo, el aire puede estar contaminado debido a procesos naturales, como suceden en las regiones pantanosas o las que son vecinas a zonas

geotérmicas, en donde abundan los compuestos derivados del azufre. En algunos casos, también puede haber en la atmósfera gases y vapores procedentes del subsuelo. (Calvo, Molina & Salvachúa, 2009)

- **Erupción volcánica:** Emite partículas y contaminantes gaseosos tales como dióxido de azufre, ácido sulfúrico y metano. Estas emisiones, así como el daño al ambiente, pueden ser de gran magnitud y alcanzar distancias considerables. Las nubes de partículas y gases originados por los volcanes han permanecido en la atmósfera durante largos periodos.

- **Incendios forestales:** Son usualmente clasificados como fuentes naturales, aunque puedan ser originados por actividades humanas. En este caso se genera gran cantidad de contaminantes en la forma de humo, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y ceniza.

- **Erosión:** Proceso natural de movimiento de las partículas del suelo de un sitio a otro principalmente por medio de la acción del agua o del viento.

- **Tolvaneras:** Contienen grandes cantidades de partículas y constituyen una fuente natural común de contaminaciones atmosféricas en muchas partes del mundo. La reducción de la visibilidad durante las tolvaneras es, frecuentemente, causa de accidentes de tránsito y puede afectar el tránsito aéreo.

- **Los océanos:** Emiten continuamente aerosoles a la atmósfera en las formas partículas de sal, las cuales son corrosivas para los metales y pinturas. La acción de las olas producen el material rocoso a arena, la cual puede pasar eventualmente a la atmósfera.

- **Ciertas Actividades de los seres vivos:** Como los procesos de respiración que incrementa la cantidad de CO₂, los procesos de producción y floración en las plantas anemófilas (Las que polinizan a través del aire), como las gramíneas, los olivos y las arizónicas, las cuales producen pólenes y esporas que, al concentrarse en el aire, son la

causa de alergias respiratorias conocidas como polinosis (se ve afectado más de 20% de la población en un ambiente urbano); o, finalmente, descomposición anaeróbica (fermentaciones) de la materia orgánica, que genera metano (CH₄)

- **Descargas eléctricas:** Generadas durante las tormentas y que dan lugar a la formación de óxidos de nitrógeno al oxidar el nitrógeno atmosférico.

2.2.4. Fuentes antropogénicas.

Las fuentes antropogénicas son consecuencias de la presencia y actividades del ser humano, la mayor parte de la contaminación procede de la utilización de combustibles fósiles, actividades industriales, el uso de automóviles y otros medio de transporte, los diferentes procesos de manufactura y la combustión de la basura, entre otros procesos que producen diversas sustancias que pueden causar un gran impacto negativo a la atmósfera (Calvo, Molina & Salvachúa, 2009).

El problema de la contaminación atmosférica se asocia principalmente a esta causa. Entre las actividades humanas generadoras de contaminación podemos destacar las siguientes:

- **Doméstico:** El uso de calefacciones y otros aparatos domésticos que emplean, como fuentes de generación de calor, combustibles de origen fósil (carbón, gasóleo, gas natural). En mayor o menor grado de contaminación se debe al tipo de combustible utilizado (el carbón es más contaminante que el gas), así como al diseño y estado de conservación de las aparatos empleados
- **Transporte:** Los automóviles, aviones, ferrocarriles y navegación son fuentes que ocasionan un mayor grado de contaminación.

El grado de contaminación depende de las clases de combustibles utilizados, tipo de motor, empleo de catalizadores, densidad del tráfico y el mantenimiento del vehículo grado.

- **La industria:** El aporte de contaminación al aire depende del tipo de actividades, siendo las centrales térmicas, las cementeras, las siderometalúrgicas, las papeleras y las químicas las más contaminantes.
- **Agricultura y ganadería:** El uso intensivo de fertilizantes, el empleo de amplias superficies de regadío (campos de arroz) y la elevada concentración de ganado vacuno provocan un aumento en la atmósfera de gases de efecto invernadero, como el metano (CH₄).
- **Eliminación de residuos sólidos:** Mediante los procesos de incineración.

CUADRO 1: PORCENTAJE DE CONTAMINANTES EN FUENTES DE ORIGEN NATURAL Y ANTROPOGÉNICO

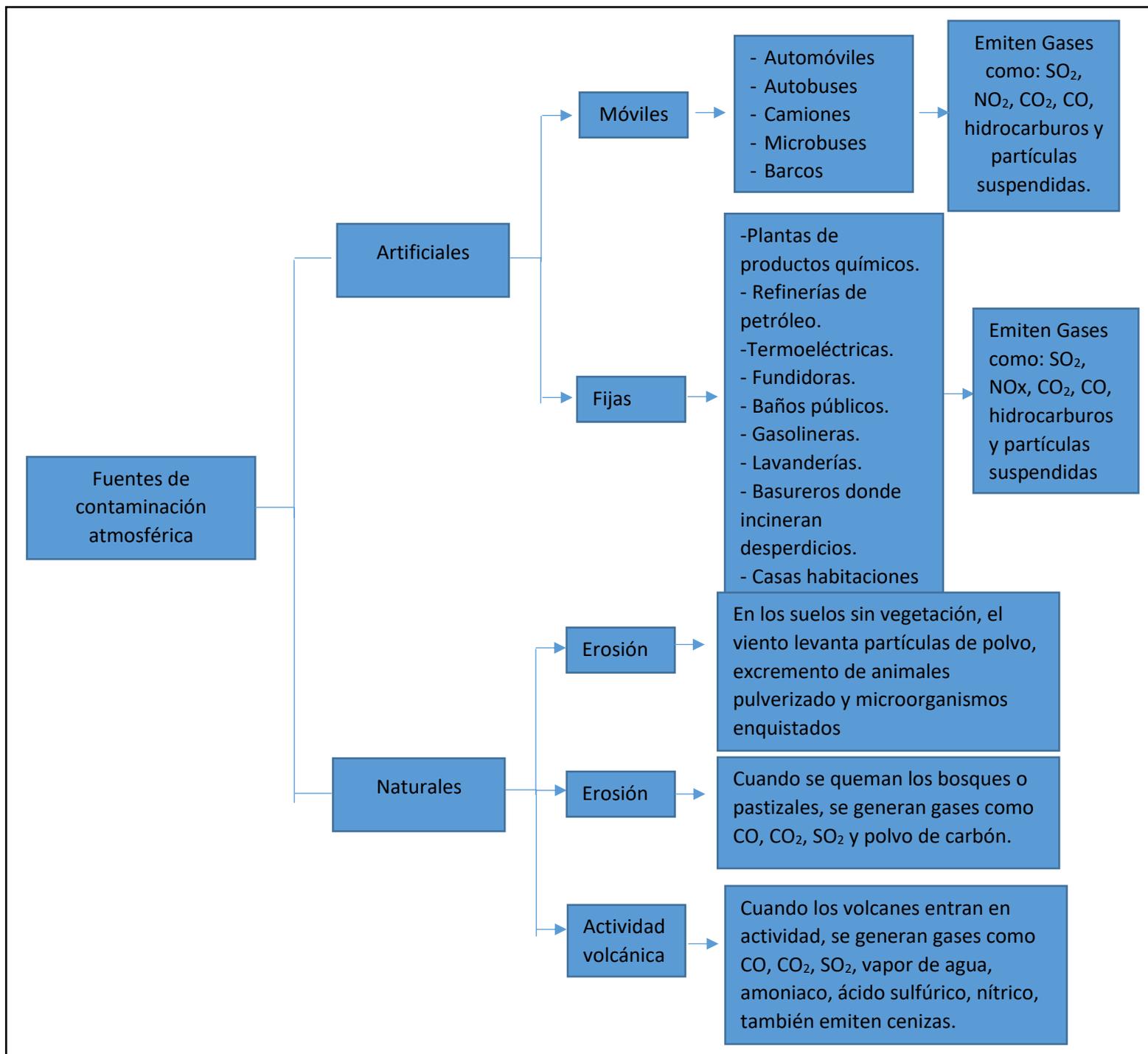
CONTAMINANTES	PARTÍCULAS	SO _x	CO _x	NO _x	Hidrocarburos
Origen Natural	88,7	57,1	90,6	88,7	84,5
Origen Antropogénico	11,3	42,9	9,4	11,3	15,5

Fuente: (Calvo, Molina & Salvachúa, 2009)

Fuentes fijas: En las zonas alejadas de las ciudades, entre las principales fuentes fijas de contaminación atmosférica están las minas, las refinerías y las centrales hidroeléctricas, termoeléctricas y nucleoeeléctricas. En las ciudades, en cambio, las fuentes fijas son, sobretodo, aquellos sitios en los que se efectúan procesos industriales, por ejemplo, las fábricas de pintura, disolventes, los almacenes y las distribuidoras de gasolina, o los establecimientos, comerciales, cuyas emisiones sean contaminantes reales o potenciales.

Fuentes móviles: Las principales fuentes móviles de contaminación atmosférica son los vehículos con motor de combustión interna.

CUADRO 2: FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LA ATMOSFERA



Fuente: (Calvo, Molina & Salvachúa, 2009)

2.2.5. Principales contaminantes atmosféricos

a) Óxido de Carbono.

- Dióxido de Carbono

Es un gas sin color, olor ni sabor que se encuentra presente en la atmósfera de forma natural. No es tóxico. Desempeña un importante papel en el ciclo del carbono en la naturaleza y enormes cantidades de este gas, pasan por el ciclo natural del carbono, en el proceso de fotosíntesis.

- Monóxido de Carbono.

Es un gas incoloro, inodoro y ligeramente más denso que el aire, es emitido por fuentes naturales y antropogénicas. Las fuentes antropogénicas forman CO a partir de la combustión incompleta de combustibles carbonáceos en vehículos, sistema de calefacción, hornos, plantas de generación de energía térmica e incineradores. La conversión de CO a CO₂ en la atmósfera es lenta y tarda de 2 a 5 meses. En los centros urbanos de América Latina, los vehículos generan entre 60 y el 90% de las emisiones del CO.

b) Óxidos de azufre

Los óxidos de azufre se forman al quemar azufre. El bióxido de azufre (SO₂), es un gas estable, no inflamable, no explosivo e incoloro, es extremadamente soluble en agua. El SO₂ se produce mediante la quema de combustibles fósiles que contienen azufre en la generación de energía térmica, cocción y transporte. En la atmósfera el bióxido de azufre se convierte en trióxido de azufre al reaccionar con el oxígeno. El SO₂ y el SO₃ reaccionan con la humedad del aire para formar ácido sulfuroso (H₂SO₃) y sulfúrico (H₂SO₄). La

contribución del SO₂ en el sector transporte a las emisiones mundiales de SO₂ se estima entre un 2 y 6%.

- Dióxido de Azufre.

Es un gas incoloro y no inflamable, de olor fuerte e irritante. Su vida media en la atmósfera es corta, de unos 2 a 4 días. Alrededor de la mitad que llega a la atmósfera vuelve a depositarse en la superficie y el resto se convierte en iones sulfato (SO₄²⁻). Por este motivo es un importante factor en la lluvia ácida. En conjunto, más de la mitad del que llega a la atmósfera es emitido por actividades humanas, sobre todo por la combustión de carbón y petróleo y por la metalurgia. Otra fuente muy importante es la oxidación del H₂S. Y, en la naturaleza, es emitido en la actividad volcánica

c) Óxido de Nitrógeno.

El óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N₂O), el trióxido de nitrógeno (N₂O₃), el pentóxido de nitrógeno (N₂O₅) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) se suelen considerar en conjunto con la denominación de NO_x. El NO es un gas incoloro e inodoro, tóxico a altas concentraciones y presente en el aire en menos de 0,50 ppm. Los óxidos de nitrógeno son producidos por fenómenos naturales: relámpagos, erupciones volcánicas y la acción bacteriana en el suelo, y además por fuentes antropogénicas como los combustibles de motores de combustión interna. Una vez en la atmósfera puede participar en una serie de reacciones (en presencia de radiación ultravioleta) producen smog fotoquímico lo que reduce la visibilidad. Puede también reaccionar con la humedad del aire y formar ácido nítrico en forma de aerosol. Los vehículos automotores son los principales responsables de las emisiones. En el mundo el 43% de las emisiones provienen del sector transporte.

d) Compuestos Orgánicos Volátiles.

- Metano (CH₄)

Es el más abundante y más importante de los hidrocarburos atmosféricos. Es un contaminante que se forma de manera natural en diversas reacciones anaeróbicas del metabolismo. Descomposición anaeróbica de las plantas en pantanos, las reacciones de putrefacción y la digestión de las termitas forma metano en grandes cantidades. También se desprende del gas natural, del que es un componente mayoritario y en algunas combustiones. Asimismo, se forman grandes cantidades de metano en los procesos de origen humano hasta constituir, según algunos autores, cerca del 50% del emitido a la atmósfera. Desaparece de la atmósfera a consecuencia, principalmente, de reaccionar con los radicales OH formando, entre otros compuestos, ozono. Su vida media en la tropósfera es de entre 5 y 10 años. Se considera que no produce daños en la salud ni en los seres vivos, pero influye de forma significativa en el efecto invernadero y también en las reacciones estratosféricas.

e) Partículas y aerosoles.

En la atmósfera hay diversas sustancias suspendidas como partículas de polvo, polen, hollín (carbón), metales (plomo, cadmio), asbesto, sales, pequeñas gotas de ácido sulfúrico, dioxinas, pesticidas, etc. Se suele usar la palabra aerosol para referirse a la parte de estos materiales que es de menor tamaño, sean sólidos o líquidos. A los sólidos que forman parte del aerosol se les suele denominar partículas. Se suele llamar polvo a la materia sólida de tamaño un poco mayor (de 20 micras o más). El polvo suele ser un problema local, mientras que los aerosoles pueden ser transportados muy largas distancias. Según su tamaño pueden permanecer suspendidas en la atmósfera desde uno o dos días, las de 10 micrómetros o más, hasta varios días o semanas, las más pequeñas. Algunas de estas partículas son especialmente tóxicas para los humanos y, en la práctica,

los principales riesgos para la salud humana por la contaminación del aire provienen de este tipo de polución, especialmente abundante en las ciudades.

f) Ozono

El ozono es un gas incoloro, formado por 3 átomos de oxígeno (O₃), que se encuentra en dos capas separadas de la atmósfera. El ozono que se encuentra en la capa exterior de la atmósfera (estratosfera), se forma por la fotólisis de oxígeno o de hidrocarburos que se encuentran en la naturaleza y protegen a la tierra de los rayos ultravioletas. En la capa inferior (tropósfera), el ozono a nivel del suelo se forma como resultado de la reacción entre los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los NO_x en presencia de luz solar y a altas temperaturas, es uno de los componentes del smog en zonas urbanas y los vehículos automotores son la principal fuente antropogénica de emisiones del COV y los NO_x.

2.2.6. Efectos de la contaminación del aire.

Los cambios en las proporciones normales de los componentes del aire ocasionan efectos negativos en los seres vivos, en los materiales y en los ecosistemas que pueden valorarse a corto plazo (por ejemplo, los daños en la salud humana) o a largo (como el cambio climático). (Calvo, Molina & Salvachúa, 2009)

Si tenemos en cuenta el radio de acción, podemos hablar de efectos locales (los ocasionados por cada uno de los contaminantes), efectos regionales (la lluvia ácida) o efectos globales, que afectan a todo el sistema terrestre (el cambio climático).

Los factores que influyen en el grado y el tipo de efectos son la clase de contaminantes, su concentración y el tiempo de exposición a los mismos; la sensibilidad de los receptores y las posibles reacciones de combinación entre contaminantes (sinergia) que provocan un aumento de los efectos.

CUADRO 3: EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

TIPO DE CONTAMINANTE	ANIMALES/ SER HUMANO	VEGETALES	MATERIALES
- Partículas	<ul style="list-style-type: none"> - Irritación de las membranas internas en las vías respiratorias - Disminución de la capacidad respiratoria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obstrucción de los estomas. - Reducción de la fotosíntesis. - Necrosis y caídas de hojas 	<ul style="list-style-type: none"> - Erosión por abrasión en edificios. - Deposición sobre edificios
- Compuesto de azufre: SO ₂ , SO ₃ , H ₂ S	<ul style="list-style-type: none"> - El SO₂ produce irritación en las mucosas y en los ojos. - El H₂S produce malos olores 	<ul style="list-style-type: none"> - El SO₂ produce pérdida de color en las hojas (clorosis) y necrosis. - Reduce el crecimiento y rendimiento de vegetales. 	<ul style="list-style-type: none"> - El SO₂ en la caliza provoca su demolición. En el papel causa su amarilleo y en el cuero pérdida de flexibilidad y resistencia. En los metales provoca corrosión.

<p>-Compuesto orgánico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hidrocarburos: COV - PCB - Dioxinas y furanos 	<ul style="list-style-type: none"> - Producen irritación de los ojos y de las vías respiratorias. - PCB y dioxinas alteran el sistema reproductor. - Dioxinas y furanos poseen efectos cancerígenos y mutágenicos. 	<p>- Los efectos son menores que los ocasionan los oxidantes de los que son precursores.</p>	<p>- Efectos en menor grado que los ocasionados por los oxidantes fotoquímicos.</p>
<p>- Óxidos de nitrógeno: NO₂, NO, N₂O</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El NO₂ produce enfermedades de las vías respiratorias, agravamiento de procesos asmáticos. - Es tóxico para algunas especies. - Irritaciones oculares, de 	<p>- El NO₂ anula el crecimiento de algunos vegetales (tomates, judías, etc.)</p>	<p>- El NO₂ produce pérdida de color en los tejidos de la ropa.</p>

	garganta, cefaleas.		
- Óxidos de carbono: CO	- El CO es tóxico, interfiere en el transporte de oxígeno a las células.	- Poco probable un impacto significativo de CO.	- Efectos poco significativos.
- Compuesto halogenado: Cl ₂ , HCl, HF, CFC	- El cloro es tóxico y provoca irritación en las mucosas. - El HF se acumula en los huesos.	- El HF se acumula en la hierba, pasando el resto de la cadena trófica. - El HF provoca pérdida de color en las hojas	- Efectos no determinados o encontrados.
- Metales pesados	- Plomo reduce insuficiencia respiratoria, alteraciones neurológicas y renales. - El cadmio ocasiona problemas	- Bioacumulación.	- Efectos no determinados o encontrados.

	respiratorios y cardiovasculares. - El mercurio, daños en el sistema nervioso central y riñones		
- Oxidantes fotoquímicos Ozono (O ₃)	- Por su alta capacidad oxidante, provoca irritaciones en nariz y garganta; así mismo produce fatiga y falta de coordinación	- El O ₃ producen manchas blancas en la vegetación. - Necrosis de las hojas. - Disminución del crecimiento. - Disminución de la reproducción.	- Produce desintegración del caucho y corrosión de metales

Fuente: (Calvo, Molina & Salvachúa, 2009)

2.2.7. Contaminación por parque automotor

El parque automotor es uno de los responsables de la contaminación del aire: principal emisor de óxidos de Nitrógenos (NO₂, NO), compuestos orgánicos volátiles (COV), anhídrido sulfuroso (SO₂) y óxidos de Carbono (CO₂, y CO).

Una gran parte del monóxido de carbono (CO) emitido al ambiente proviene de los automóviles, que además de ser un gas letal (pues se combina con la hemoglobina de la

sangre e impide que llegue el O₂ a los tejidos), favorece la formación de metano, que es uno de los factores determinantes en el cambio climático. También el CO₂ es determinante en el efecto invernadero y por tanto en el cambio climático.

Estos gases contaminantes ejercen efectos directos o indirectos sobre la salud (irritación de diversos órganos, consecuencias tóxicas o cancerígenas, disminución de las reacciones inmunitarias), sobre el medio ambiente (suciedad y corrosión, incremento del efecto invernadero, acidificación de los suelos y las aguas, debilitación de las masas forestales, disminución de la producción agrícola) y perjudican el patrimonio histórico al atacar los monumentos.

El automóvil destruye el ozono de la estratosfera, donde es necesario, pero en las capas bajas de la atmósfera (troposfera), donde no lo necesitamos, el automóvil produce grandes cantidades de ozono al reaccionar los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos en presencia de la luz solar

Estos gases contaminantes ejercen efectos directos o indirectos sobre la salud (irritación de diversos órganos, consecuencias tóxicas o cancerígenas, disminución de las reacciones inmunitarias), sobre el medio ambiente (suciedad y corrosión, incremento del efecto invernadero, acidificación de los suelos y las aguas, debilitación de las masas forestales, disminución de la producción agrícola) y perjudican el patrimonio histórico al atacar los monumentos.

2.2.8. Emisiones vehiculares

Las emisiones provenientes del escape del vehículo automotor, tales como motocicletas, vehículos de pasajeros, camiones y autobuses, todos ellos diseñados para circular en la vía pública. Por lo general las emisiones de una sola unidad, de cualquiera de estos vehículos, son muy bajas comparadas con las emisiones de una chimenea

industrial. Sin embargo, debido a la cantidad de vehículos en circulación, en muchas ciudades representan la fuente principal de contaminación. Conducir un vehículo de pasajeros privado es quizás la actividad diaria más contaminante que el ciudadano común realiza y a diferencia de las chimeneas industriales, es prácticamente imposible medir las emisiones de cada uno de ellos; por lo tanto, se necesita utilizar herramientas distintas y especializadas para estimar las emisiones de estas fuentes móviles.

2.2.8.1. Emisiones evaporativas.

Las emisiones causadas por la evaporación de combustible pueden ocurrir cuando el vehículo está estacionado y también cuando está en circulación; su magnitud depende de las características del vehículo, factores geográficos y meteorológicos, como la altura y la temperatura ambiente y, principalmente, de la presión de vapor del combustible.

- a) Emisiones diurnas: Generadas en el sistema de combustible del vehículo debido a los cambios de temperatura a través de las 24 horas del día.
- b) Emisiones del vehículo recién apagado con el motor caliente: Se presentan una vez que se apaga el motor, debido a la volatilización del combustible por el calor residual.
- c) Emisiones evaporativas en circulación: Se presentan cuando el motor está en operación normal.
- d) Emisiones evaporativas del vehículo en reposo con el motor frío: Ocurren principalmente debido a la permeabilidad de los componentes del sistema de combustible.
- e) Emisiones evaporativas durante el proceso de recarga de combustible: Consisten de fugas de vapores del tanque de combustible durante el proceso de recarga; se presentan mientras el vehículo está en las estaciones de servicio y para efectos de inventarios de emisiones, son tratadas típicamente como la fuente de área.

2.2.8.2. Emisiones por el tubo de escape.

Las emisiones por el tubo de escape son producto de la quema de combustible (sea éste gasolina, diésel u otro como gas licuado o biocombustibles) y comprenden a una serie de contaminantes tales como: el monóxido y dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y las partículas. Además, ciertos contaminantes presentes en el combustible como el azufre y hasta hace algunos años, el plomo se libera al ambiente a través del proceso de combustión. La emisión por el tubo de escape depende de las características del vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones; los vehículos más pesados o más potentes tienden a generar mayores emisiones por kilómetro recorrido y las normas que regulan la construcción de vehículos determinan tanto su tecnología, así como la presencia o ausencia de equipos de control de emisiones, como los convertidores catalíticos.

2.2.9. Contaminación por parque automotor en Cajamarca.

En los últimos años Cajamarca se ha visto afectado por el crecimiento poblacional y urbano, la cual ha conllevado a un nuevo problema de contaminación ambiental causado en un gran porcentaje, por el parque automotor. La falta de un plan interinstitucional para enfrentar esta situación permite que los índices de daños al aire cajamarquino se incrementen.

Entidades como SENAMHI, SENATI y municipalidad provincial de Cajamarca, entre el 2002 y 2005, desarrollaron un estudio de sólidos sedimentales con el propósito de tener una idea de los índices de contaminación del aire.

El SENAMHI instaló 24 microestaciones de monitoreo de los cuales 13 superaban los índices máximos permisibles que iban entre 5 y 12 toneladas de partículas y otras dos llegaron a registrar 25 toneladas de micro partículas generadas básicamente por el smog los cuales supera lo permitido por la OMS que 'son 5 toneladas por Km² como máximo. Así mismo SENATI y el Municipio Provincial de Cajamarca demostraron que más del 90% de los vehículos gasolineros emitían gases contaminantes por encima de los límites máximos permisibles. (Diario el Clarín, 2007)

Así mismo los monitores de calidad del aire en Cajamarca realizados en el mes de agosto del 2016, la Subgerente de Saneamiento Básico, Recursos Naturales y Cambio Climático de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, Rosa Ortiz, expresó una gran preocupación por la contaminación del aire a causa del creciente parque automotor en la ciudad de Cajamarca, señalando como puntos críticos a la vía de evitamiento norte, plazuela Bolognesi, Hoyo Rubios y la Cuadra 13 del Jr. Angamos, como consecuencia del congestionamiento vehicular.

La Municipalidad de Cajamarca a través de la Subgerencia de Control y Protección Ambiental, conjuntamente con la Dirección Regional de Salud Ambiental realizan un permanente monitoreo de la calidad del aire en esta ciudad, obteniéndose datos preocupantes respecto a la cantidad de partículas tóxicas en el aire, las que están sobre los límites permisibles, por lo tanto se requiere mayor conciencia y sensibilidad dentro de la población para cuidar la calidad de este vital elemento natural.

Precisamente la Gerencia de Desarrollo Ambiental de esta municipalidad en coordinaciones con otras instituciones ha elaborado un programa de actividades por el día Internacional del Aire que se celebra cada segundo viernes de agosto, tales como charlas de sensibilización dirigidas a diferentes sectores de la población, con el fin de

concientizarlos sobre la calidad del aire y sus efectos a causa de la contaminación ambiental. (Sin rodeos, 2016).

2.2.10. Marco legal.

2.2.10.1. Emisiones vehiculares.

A partir del Decreto Supremo N° 009-2012-MINAM, se Modificó del Decreto Supremo N° 047-2001-MTC de los límites máximos permisibles de Emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la Red Vial; el cual indica que los conductores de los vehículos automotores cuyas emisiones superen los Límites Máximos Permisibles (LMPs), aplicables para vehículos en circulación, serán sancionados; de acuerdo a los establecido al artículo 5 de la presente normativa.

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

2.2.10.2. Contenido de azufre en el combustible diésel.

La ley que regula el contenido de azufre en el combustible diésel, Ley N° 28694, se estableció con el objetivo de declarar con la necesidad pública y de preferente interés nacional la regulación de los niveles de azufre contenidos en el combustible diésel, con la finalidad de salvaguardar la calidad del aire y la salud pública. Es así que a partir de la vigencia de la presente Ley queda prohibida la importación de combustible Diésel N° 1 y Diésel N° 2 con niveles de concentración de azufre superiores a 2500 ppm, prohibiéndose además la venta para el mercado interno de un combustible diésel con un contenido de azufre superior a 5000 ppm. Y que al incumplimiento a lo dispuesto en el presente Ley

será sujeto a las sanciones que para estos efectos se autoriza a establecer al OSINERGMIN.

2.2.10.3. Reglamento nacional de inspecciones técnicas vehiculares.

El Decreto Supremo N° 025-2008-MTC se crea el Sistema Nacional de Revisiones Técnicas Vehiculares encargado de certificar el funcionamiento y mantenimiento de los vehículos y el cumplimiento de las condiciones y requisitos técnicos establecidos en la normativa nacional, el presente Reglamento tiene como objeto regular el Sistema Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 29237, Ley que Crea el Sistema Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares, cuya finalidad constituye certificar el buen funcionamiento y mantenimiento de los vehículos que circulan por las vías públicas terrestres a nivel nacional; así como, verificar que éstos cumplan las condiciones y requisitos técnicos establecidos en la normativa nacional, con el propósito de garantizar la seguridad del transporte y el tránsito terrestre y las condiciones ambientales saludables.

2.2.11. Bioindicadores.

La denominación de una especie como indicadora requiere de conocimiento previo respecto a su composición comunitaria bajo condiciones normales, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales, de manera que sea posible comparar las condiciones antes y después de una perturbación ambiental (Vásquez, Mejía, Gonzáles&, 2006).

El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros. Usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo. Los organismos indicadores demuestran la existencia de ciertas condiciones

en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de tales condiciones.

En cada ecorregión existen especies fácilmente identificables que son las primeras en desaparecer con un aumento en las alteraciones causadas por el hombre. La declinación puede deberse a la mala calidad del agua, a la degradación del hábitat o a la combinación de estos dos factores, por lo que el conocimiento de especies intolerantes encontradas en cada región deberá ser consultada con los investigadores expertos locales para la asignación de los grados de tolerancia

2.2.11.1. Importancia de bioindicadores.

El uso de especies para detectar procesos y factores en los ecosistemas tiene varias ventajas:

Las poblaciones de animales y plantas acumulan información que los análisis fisicoquímicos no detectan, es decir, las especies y comunidades bióticas responden a efectos acumuladores intermitentes que en determinado momento un muestreo de variables químicas o físicas pasan por alto. (Pinilla,G.y Pinilla, A, 1998)

La vigilancia biológica evita la determinación regular de un número excesivo de parámetros químicos y físicos, ya que en los organismos se sintetizan o confluyen muchas de estas variables.

Los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados.

Puesto que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos, su concentración en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental.

Como no es posible tomar muestras de toda la biota, la selección de algunas pocas especies indicadoras simplifica y reduce los costos de la valoración sobre el estado del

ecosistema, a la vez que se obtiene solo la información pertinente, desechando un cúmulo de datos difícil de manejar e interpretar. (Pinilla,G.y Pinilla, A, 1998)

2.2.11.2. Ventajas y desventajas de la aplicación del bioindicadores.

Como hemos visto, la monitorización de la calidad de aire por medio de líquenes es un método sencillo y de bajo presupuesto. Esto no quiere decir que otros métodos más caros sean innecesarios, ya que su bien la biomonitorización nos puede suministrar información rápida fácilmente, no tendremos la concentración de contaminantes ni los picos de contaminación que éstos puedan tener durante el día.

“los líquenes acumulan metales y otras impurezas químicas que se suministran a la superficie liquenica por la lluvia, nieve polvo y gasesen general, a mayor contaminación en el aire, mayor será la contaminación absorbida por el liquen esto ha llevado a los investigadores a utilizar los líquenes en una variedad de formas para proporcionar medidas sami-cuantitativas de niveles de contaminación del aire”

Para ello es necesario de otros métodos de evaluación como los suministrados por la red de monitoreo de calidad atmosférica de la Ciudad.

Por otra parte “los síntomas que presentan los líquenes sólo se pueden explicar si el grado de contaminación del entorno es muy elevado, si no durante todo el año si al menos en momentos puntuales”.

2.2.12. Liquen

Los líquenes son seres enigmático y complejos cuerpos vegetativos (talos) son los resultado de asociaciones simbióticas cíclicas entre, al menos, un hongo heterótrofo (micobionte) y socio fotosintético (fotobionte), unicelular o cenobial, que es el que sintetiza los azúcares necesarios para el metabolismo, liberando oxígeno en el proceso (Barrento, E &Pérez, S, 2003).

Un líquen es un organismo constituido por la asociación simbiótica entre un hongo y un alga o cianobacteria. En esta asociación el hongo es el componente micobionte y el componente fotosintético es el fotobionte.

Los hongos son incapaces de sintetizar los hidratos de carbono a partir del CO₂ atmosférico, ya que carecen de pigmentos fotosintéticos; para obtener estos hidratos de carbono, parasitan a otra especie. Los hongos que liquenzan, aprovechan la capacidad de las algas de sintetizar estos hidratos de carbono, y así alimentarse de ellos. Son organismos bastante estenoicos, por lo que son muy buenos indicadores de la calidad ambiental.

Son capaces de desarrollarse sobre todo tipo de sustratos inertes u orgánicos (minerales, hojas, caparazones de animales, etc.). Especialmente abundantes en los medios más extremos (desiertos fríos y cálidos o altas montañas). El fino equilibrio funcional de los talos liquénicos, es lo que condiciona su reconocido uso como bioindicadores de las condiciones ambientales.

2.2.12.1. Componentes de la simbiosis liquénicas.

- Hongo:

La mayoría de los hongos que pueden liquenzarse pertenecen al filo Ascomycetes. Protege al alga de la deshidratación y de las condiciones desfavorables. Es el que consigue la comida.

El hongo es el que aporta la mayor parte de la biomasa y es el que controla la asociación.

(San-Matías, M., 2007)

- Alga:

Las algas más comunes que participan son: *Trebouxia*, *Coccomyxa*.

Aproximadamente el 92% de los líquenes contienen algas verdes comunes, y solo el 8% cianobacterias.

Cuando el fotobionte es un alga azul le cede al hongo glucosa y macronutrientes derivados del N. si es un alga verde le cede nitrógeno. Cualquiera de estos dos productos al estar dentro del hongo se transforma en alcohol.

Dan pigmentación al líquen: verde (*Trebouxia*), anaranjado (*Trentepohlia*) o verde azulado (*Nostoc*). Es la encargada de aumentar la población. (San-Matías, M., 2007)

2.2.12.2. Estructura

La formación del talo con estructura compleja es una de las principales características de los líquenes. (San-Matías, M., 2007)

- **Talos Homómeros:** El fotobionte (una cianobacteria) y el hongo están distribuidos uniformemente. Se da en líquenes gelatinosos como *Leptogium* o *Collema*. Esta estructura permite absorber gran cantidad de agua rápidamente.
- **Talos Semihomómeros:** Es una mezcla homogénea, pero el talo líquénico está limitado por dos córtex. En el inferior aparecen ricinas que le ayudan a adherirse al sustrato.
- **Talos heterómeros:** son los más comunes. Están estratificados internamente. Constan de varias capas (córtex superior, capa fotobionte, médula, córtex inferior) constituidas por diferentes tipos de falsos tejidos en los que las hifas están tan aglutinadas que no se pueden individualizar. El fotobionte queda totalmente protegido por el córtex, cuyo grosor está relacionado con las adaptaciones al ambiente; por ejemplo en lugares de alta insolación, el córtex será más grueso.

Por debajo del córtex predomina el fotobionte, es en esta capa donde se establece el contacto físico con el hongo. Esta capa puede ser continua o estar interrumpida por la médula.

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

2.2.12.3. Tipo de líquenes

- **Formas crustáceas:** Están en estrecho contacto con el sustrato. Carecen de córtex inferior y no se pueden separar del sustrato sin destruirlos; se sujetan a él por hipotalo o por la médula. Las hifas excretan sustancias liquénicas capaces de alterar el sustrato. Dependen del agua del sustrato. Son capaces de colonizar los medios más extremos. La mayoría de estos líquenes son capaces de desarrollar el talo dentro de las rocas (Verrucaria) o bajo la cutícula de los vegetales (Opegrapha). Hay algunos talos lobulados que pueden levantarse del sustrato incluso desarrollar ricinas (Lecanora). Dentro de este tipo hay otras formas, como las escamosas, que son las más especializadas de las crustáceas, estos talos tienen tendencia a separarse del sustrato por los bordes creciendo hacia arriba.
- **Formas foliáceas:** De forma laminar con la capa inferior diferenciada. Están parcialmente adheridos al sustrato, se pueden separar de él sin destruirlos. Captan el agua tanto del sustrato como de la atmósfera. Existen dos tipos: lobulados (forma prolongaciones en forma de lóbulo y con órganos apendiculares en casi toda la capa inferior, Lobaria) y umbilicados (el talo se adhiere por un ombligo, Lasalia).
- **Formas fructilosas:** Tienen forma de pequeño arbusto. Se fijan al sustrato mediante un disco de fijación (lóbulos alargados y estrechos que se sujetan al sustrato por la mínima superficie). Sobresalen mucho del sustrato y pueden ser erectos o colgantes. Dependen de la humedad relativa del aire para su hidratación.

- **Compuesto:** formado por dos morfologías distintas: el talo primario, que puede ser crustáceo o con pequeñas láminas, y el talo secundario o erecto, que puede estar más o menos ramificado. Un ejemplo es el género cladonia.
- **Gelatinoso:** Con la humedad adquiere una consistencia blanda porque los gonidios del alga tienen gran masa.

2.2.12.4. Reproducción

- **Asexual:** por fragmentación del líquen. En los propágulos liquénicos, ambos simbiontes actúan como unidades duales autónomas y separables del talo, de forma que favorecen la dispersión del líquen y actúan como diásporas vegetativas. Los propágulos simbióticos más comunes son:

- **Soredios:** Unas pocas células del fotobionte envueltas en una capa laxa de hifas, nos sobrepasan las 50 micras, tienen aspecto de harina, donde se rompe el córtex y salen los propágulos.

- **Isidios:** Prolongaciones de morfología variada que surgen de la cara superior del talo, pueden cilíndricos, globosos o caraloides; fácilmente separables del talo. El córtex sufre una evaginación (yema) en la que van a entrar hifas y gonidios, cuando la yema se desprende funciona como un propágulo.

- **Esquizidios:** Se originan a partir de la parte superior del talo en forma de escamas, con córtex y capa fotobionte.

- **Blastidios:** Se parecen a los soredios pero son yemas con falso córtex y se pueden originar en ambos lados del talo.

- **Sexual:** solo la produce el hongo, ya que las algas que viven en simbiosis solo se reproducen vegetativamente. Siguen la misma estructura y procesos que en la reproducción del hongo, normalmente se reproduce en los apotecios. Los hongos liquenizados son perennes. Hay ascomas pequeños, alargados, con el himenio en forma

de hendidura (lirelas), en líquenes crustáceos. Existen también apotecios estipiados con forma de clavo en los que en el extremo se observa una masa de esporas secas (macedio).

2.2.12.5. Ecología.

Son muy cosmopolitas, pueden vivir en casi cualquier lugar; aunque son muy sensibles a la contaminación. Se distinguen según el sustrato donde viven:

- Saxícolas: En rocas.
- Cortícolas: En las cortezas de los árboles.
- Lignícolas: En madera.
- Terrícolas y humícolas: En tierra y humus.

2.2.12.6. Crecimiento

Es muy lento debido a dos factores

- Agua: cuando no dispone de agua entra en su estado latente protegiendo al alga. No crece porque no realiza su metabolismo
- Luz: si es demasiado escasa también ralentiza el crecimiento.

2.2.12.7. Adaptabilidad del líquen

En cierto modo, son los pioneros del mundo vegetal, ya que, al colonizar lugares inhóspitos como es la roca virgen, preparan el camino para otras plantas. Su desarrollo contribuye a que la roca se disgregue y forme bolsas de tierra, medio en el que pueden crecer las esporas y las semillas de otras plantas.

2.2.12.8. Especies Liguénicas

a) *Physcia stellaris* (L.) NyL.

Líquen folioso, blanquecino; cortícola. Apotecio circular, plano, cortamente pedicelado, diámetro de 1,2 mm, con borde talino y epitecio gris pruinoso. Talo con córtex superior

e inferior, heterómero con clorobionte *Trebouxia* sp. Apotecio lecanorino; asca con ocho ascosporas elipsoidales con un septo transversal, marrón y de 16,4 x 7,7 Um; paráfisis con septos y sin ramificación. Talo K+ (amarillo). Habita en matorrales.

M.E.: Cerro Nuna Riqoq 3400 m, 17 may. 00, A.Ramírez & A. Cano 228b (USM); Hoyada, 2800-3000 m, 07 oct. 01, A. Ramírez & A. Cano 742 (USM).

Talo foliáceo fuertemente adherido al sustrato. Cara superior gris blanquecina, Sin Pruina. Cara inferior de color crema, con ricinas simples con coloras. Apotecios frecuentes, lecanorinos, con el disco cubierto de pruína.

- Química: Córtex K+amarillo. Contiene atranorina

Hábitad y distribución: Es una especie abundante, la hemos observado sobre haya, roble y chopo. Vive sobre ramas y cortezas expuestas, con alto grado de eutrofización en árboles de zonas de montaña del piso supra mediterráneo. Se conoce de todo el territorio peninsular. Está distribuida por todas las regiones de Europa, desde el Ártico al Mediterraneo. (Amo de Paz, y otros, 2009)

b) *Candelaria concolor*

Liquen folioso, amarillo; corticola. Talo con rizinas. Apotecio circular, cóncavo, sésil, diámetro de 0,7 a 0,8 mm, con borde talino y epitecio amarillo. Talo con córtex superior e inferior, heterómero con *Clorobionte protococcus* sp. Apotecio lecanorino; asca con 16 ascosporas elipsoidales sin septos, con dos lóculos, hialina y de 9,2 x 3,2 um; paráfisis con septos y ramificación. Talo K- Habita en ladera pedregosa con matorral

M.E.: Cerro Yanaico, 2400 – 300, 01 nov. 00, A.Ramírez & A. Cano 375 (USM); Hoyada, 2800 – 3000 m, 07 oct. 01, A. Ramírez & A. cano 738 (USM).

c) Parmelia caperata (L.) Hale

También conocido como Flavoparmelia Caperata. Este Liquen aparece sobre diversos forófitos principalmente planifolios, robles, Fresnos, tilos, etc. En ambientes secos tiende a aparecer en la base de los trocos sobre musgos, mientras que en ambientes húmedos suele aparecer en las ramas altas de los árboles. También puede aparecer sobre coníferas y más raramente como saxícola sobre rocas silíceas.

Talo foliáceo de color amarillento o verde amarillento, fuertemente adherido al sustrato, formando grandes rosetas de hasta 20 cm. De diámetro. Está formado por grandes lóbulos de hasta 1 cm. De ancho. Redondeados, solapados unos sobre otros en el centro del talo, liso y algo brillante en los márgenes y recorridos por vistosas arrugas hacia el centro. Las partes más viejas del talo tienden a cubrirse de soraliis naculiformes granuloso muy vistosos, la cara inferior es de color negro, con rizinas, excepto en los márgenes.

Observaciones: Se diferencia fácilmente del resto de Parmelias por su color verde amarillento, aunque para distinguirla de *P. flaventior* hay que recurrir al test químico (ésta reacciona C+ rojo en la medula). *Parmeliopsis Ambigua* es parecida, pero sus lóbulos son mucho más estrechos. Numerosos autores la incluyen dentro del género *Flavoparmelia*. Es bastante sensible a la contaminación atmosférica. (López Varona, 1993)

2.2.13. Como afecta la contaminación a los líquenes.

Todos los animales tienen varios tipos de mecanismos de eliminación de toxinas (ej. Sistema excretor, transpiración), ya sean estos productos tóxicos originados por el propio metabolismo o de indigestión por agentes externos, Las plantas también tienen mecanismos de transpiración, caída de hojas, etc.

En el caso de los líquenes, la toma de agua y nutrientes se ve facilitada por la hidratación de la superficie foliar. La deshidratación también se da de este modo pero eliminando solamente agua. “Es bien sabido que los líquenes son muy sensibles a los cambios en la calidad del aire y son especialmente sensibles al dióxido de azufre, fluoruros y compuestos fuertemente oxidantes, como el ozono”.

De ésta manera si algún otro compuesto que no pueda ser degradado por el hongo como los compuestos orgánicos volátiles (COV), o aquellos compuestos que junto con precipitación ácida como los óxidos de nitrógeno (NO_x) y de azufre (SO_x), pueden dañar tanto al hongo como al alga sin tener la posibilidad el líquen, de poder deshacerse de ellos por ninguna vía de excreción.

Por ejemplo, los óxidos de azufre destruyen rápidamente los contenidos de clorofila con la consecuente muerte del alga fotobionte y por falta de ésta la muerte ficobionte.

2.2.14. Líquen como bioindicador de contaminación ambiental

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

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

Por estas razones se usan como bioindicadores ambientales. Advierten de ambientes no saludables ya que la abundancia y diversidad de los líquenes disminuye a medida que

aumenta el desarrollo urbano y la actividad industrial. Las poblaciones de líquenes no desaparecen por completo.

Las diferentes especies de líquenes, tienen distinta tolerancia a los contaminantes; hay algunas que son capaces de sobrevivir a contaminaciones muy severas.

2.2.15. Líquenes como bioindicadores de contaminación de aire

Como hemos visto, la biología y ecología de los líquenes hace que éstos sean formadores de suelo y uno de los primeros organismos en colonizar lugares inhóspitos para el resto. Esta capacidad está dada por que no necesitan demasiados requerimientos del sustrato donde puedan yacer (rocas, cortezas, etc.), pero son sumamente exigentes en cuanto a las condiciones aéreas.

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

2.2.16. Metodología de monitoreo de calidad ambiental

2.2.16.1. Metodología índice de pureza atmosférica

Los métodos de trabajo desarrollados al utilizar los líquenes como bioindicadores de contaminación tienden a relacionar la presencia o ausencia de especies, su número, frecuencia de aparición, cobertura y los síntomas de daños externos o internos con el grado de calidad del aire. Con objeto de obtener mejores aproximaciones en la delimitación de áreas de isocontaminación, se han desarrollado métodos tendientes a cuantificar la aparición de comunidades liquénicas, valorando no sólo su presencia en el

territorio, sino también su abundancia y, en la medida de lo posible, su grado de fertilidad y desarrollo.

Le Blanc y De Sloover (1970) diseñaron el método del índice de pureza atmosférica (IPA), que ha sido seguido por la mayoría de los investigadores que han abordado el tema desde una óptica ecológica. El IPA considera la comunidad de líquenes al igual que la presencia y distribución de sus especies en una región que presente zonas específicas de contaminación cuantificando los datos. (Rubiano, J. y Chaparro, M., 2006)

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3. Hipótesis

- Hipótesis nula.

La baja presencia de líquenes es un bioindicador confiable de una alta tasa de circulación vehicular.

- Hipótesis alternativa.

La baja presencia de líquenes no es un bioindicador confiable de una alta tasa de circulación vehicular.

3.1.Operacionalización de las variables

CUADRO 4: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Indicador (es)	Ítem	Instrumento (s)
Independiente (s): Tasa vehicular (núm. vehíc/min)	Vehículos por minuto	La cantidad de vehículos que circularán en una determinada área de estudio.	Observación (cronómetro, lapicero y tarjeta)
Dependiente (s): Riqueza Abundancia IPA	Número de cuadrículas ocupadas (densidad). Número de especies de líquenes por árbol.	Número de especies de líquenes en un árbol. Área ocupada por los líquenes en un árbol. Indica el nivel de pureza del aire de cierta zona.	Cuadrilla de medición para evaluación de líquenes. Observación.

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización y Período Experimental.

Este proyecto de investigación se realizó en el distrito de Cajamarca, considerando tres parques o zonas urbanas las cuales han sido seleccionadas de acuerdo al estudio de monitoreo de ruido realizadas por la Municipalidad Provincial de Cajamarca (2015) (**Cuadro 5**): la primera zona, denominada Jr. Amalia Puga (flujo vehicular alto), comprendida en la zona arbórea de la Av. El Maestro, entre el Jr. Amazonas y Jr. Amalia Puga. La segunda zona, denominada Jr. Mario Urteaga (flujo vehicular medio), que es la Plazuela Miguel Grau. Y la tercera zona, denominada Urbanización (flujo vehicular bajo), que comprende el Parque de la Urbanización Cajamarca (Anexo 5).

CUADRO 5: MONITOREO DE RUIDOS MAYO 2015

Cod.	Lugar	Fecha	Mañana		Tarde		ECA
			Hora	dB	Hora	dB	
1	Jr. Chanchamayo y Av. Vía de Evitamiento Norte	11/05/2015	07:59	70.9	04:47	71.2	70
2	Jr. Mario Urteaga y Jr. Guillermo Urrelo	11/05/2015	08:34	73.3	05:33	74.1	50
3	Jr. Guillermo Urrelo y Jr. Silva Santisteban	11/05/2015	08:14	70.4	05:04	71.2	70
4	Ovalo Las Banderas	11/05/2015	07:33	69.8	04:22	72.2	70
5	Plaza de Armas	11/05/2015	08:23	63	05:16	65.7	50
6	Plazuela de Las Máscaras	11/05/2015	07:47	67.9	04:35	69	70
7	Plazuela La Recoleta	11/05/2015	08:48	67.2	05:48	70.9	70

Fuente: Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2015.

Se utilizaron 7 árboles de la misma especie (Fresno- *Fraxinus excelsior* L), por zona. En el monitoreo se registró la abundancia y riqueza con la ayuda de la rejilla de 10 X 50 cm, dividida en cuadrículas de 20 cm². Al mismo tiempo se contabilizarán el flujo vehicular de las zonas en mención, para poder determinar una posible relación entre estas variables.

4.2. Materiales Utilizados.

Para desarrollo de la metodología utilizamos los siguientes materiales:

Materiales:

- Rejilla 10 X 50 cm.
- Cámara fotográfica.
- Cronómetro.
- Wincha.
- GPS
- Laptop.
- Libreta de apuntes y lapiceros.

Softward:

- Microsoft Office Excel 2013.
- Adobe Photoshop CS6 extended.
- Infostat 2013 (versión estudiantil 2011)

4.3. Diseño experimental.

Las variables es estudio fueron analizadas y comparadas a través de un análisis de varianza, donde se contó con tres zonas de muestreo con 7 árboles por zona. Las medias de mínimos cuadrados estimadas fueron comparadas por prueba de probabilidad LSD de Fisher ($p < 0,05$). Cada uno de los indicadores fueron analizadas con un modelo lineal utilizando el Programa de Análisis de Varianza del InfoStat (versión estudiantil, 2016).

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + f_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ijk} : es el valor para la variable en estudio.

μ : es el promedio poblacional de la variable respuesta.

τ_i : es el efecto del lugar “i”, con $i = 1, 2, 3$.

f_j : es el efecto de la fecha ‘j’, con $j = 1, 2, 3$.

ε_{ij} : es el error asociado con la lectura del i-ésimo lugar en la j-esima fecha.

4.4. Manejo Previo.

Para la selección de las tres zonas de estudios en el distrito de Cajamarca, se tomó en cuenta los Monitoreo de Ruido de 2015, elaborado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca. Cuyos resultados, basándose en los ECA, muestran los lugares donde presentan niveles de ruidos significativos (65-72 dB), como se observa en el cuadro 5. Por tal motivo se optó por seleccionar zonas que se encuentren cercanas a los lugares del código 2 y 7 (Mario Urteaga y Plazuela la Recoleta); para la tercera zona se consideró un área cercana a las zonas de estudio anteriormente mencionadas y que presente circulación vehicular baja o nula, en este caso se consideró el parque de la Urbanización Cajamarca.

4.5. Determinación

4.5.1. Monitoreo de líquenes

Para el monitoreo de los líquenes se tomaron en cuenta 7 árboles de la misma especie (Fresno- *Fraxinus excelsior* L), con similares características, ubicados de manera aleatoria en cada parque o área verde; durante el muestreo se determinó la abundancia y riqueza de cada árbol seleccionado en la 3 zonas de estudio, utilizando la rejilla de 0.50 m x 0.10 m (Anexo 29-31). La base de la gradilla se colocó a una altura entre 1.0 y 1.5 m del suelo.

Estas mediciones se realizaron los días lunes y viernes durante un mes. Se hicieron siempre en la cara del tronco que presentó mayor cantidad de líquenes. A cada especie se

le asignó un valor de frecuencia de 0 a 1, en función del número de cuadros ocupados en la gradilla, que fue un total de 20 cuadros. (Calatayud Lorente, y otros, 2000)

Las especies liquenicas identificadas en campo fueron analizadas en el laboratorio de ciencias agrarias de la universidad nacional de Cajamarca, con el apoyo del biólogo Walter Aldo Grau utilizando un estereoscopio para identificar cada muestra, logrando obtener 3 especies liquenicas: *Physcia stellaris* (L.) NyL. Anexo 35, *Candelaria concolor* Anexo 36, *Parmelia caperata* (L.) Anexo 37

4.5.2. Abundancia

La abundancia de cada una de las especies se estimó de acuerdo a la cobertura o área que ocuparon en la rejilla de muestreo. Se tomaron fotografías de la rejilla en cada árbol seleccionado por zona o estación de estudio.

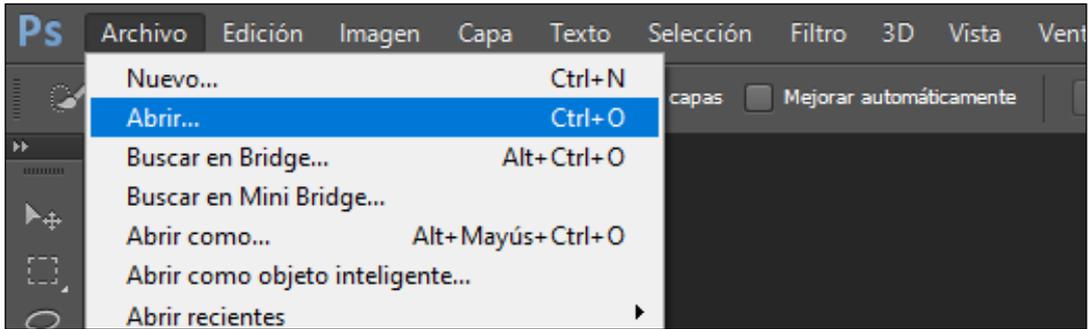
4.5.3. Riqueza

La riqueza se consideró como el número de especies presentes en cada uno de los arboles muestreados.

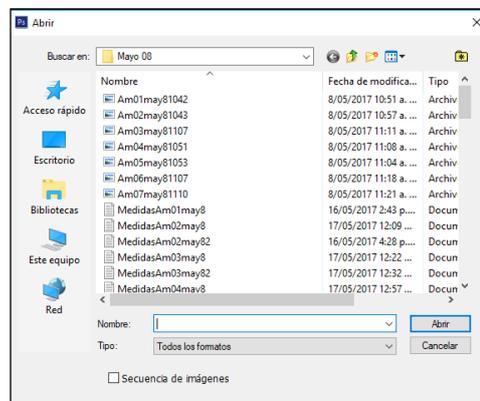
4.5.4. Medición de riqueza y abundancia.

En este punto se procesó cada una de las fotografías obtenidas en campo, utilizando el programas: Adobe Photoshop CS6 Extended – Version 13.0 64x. cuyo procedimiento se describe a continuación:

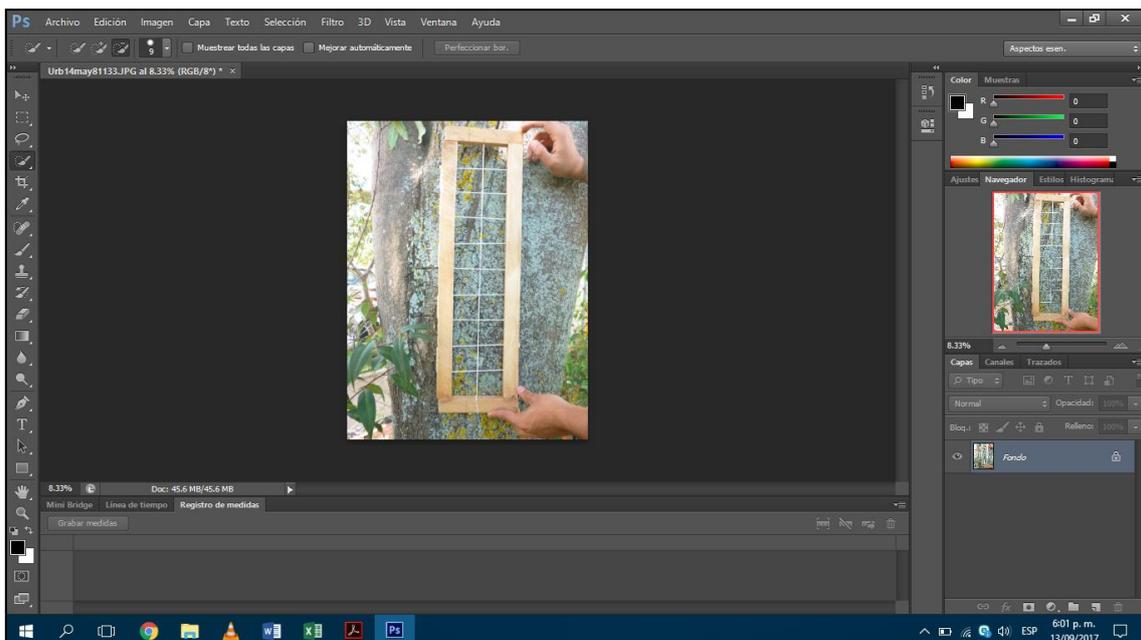
- a. Abrir Photoshop cs6 extended
- b. Clic en archivo/ abrir.



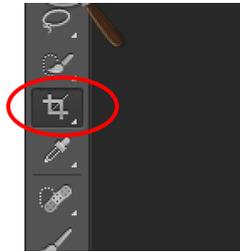
c. Se abrirá un Explorador de archivos: aquí es donde ubicamos la imagen que queremos medir y damos clic en abrir.



d. Una vez abierta la veremos en la pantalla principal del programa y procedemos a recortar (si fuese necesario) el área de interés.



e. Para esto hacemos clic en la herramienta Recortar (c) que se encuentra en la barra izquierda del programa.



f. Rodeamos el área arrastrando el cursor, de tal manera que nos quedemos con lo que nos interesa medir, en este caso la rejilla, presionamos tecla ENTER.

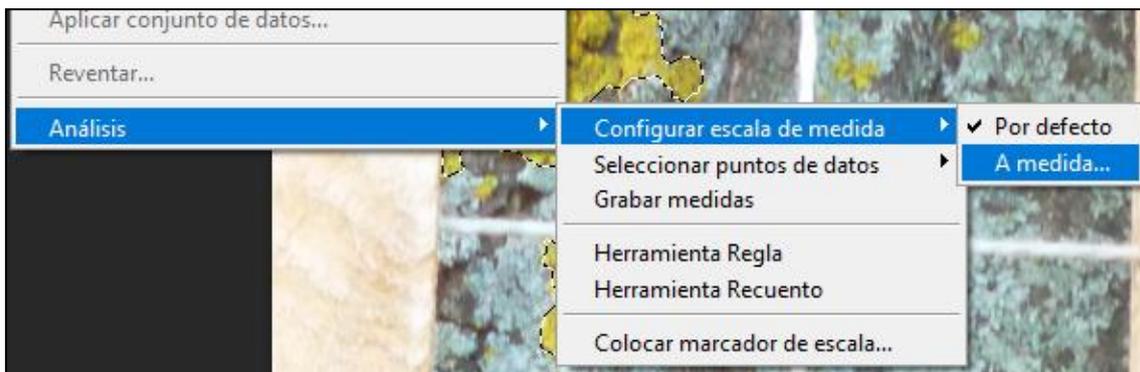


g. A continuación hacemos clic la herramienta de “Selección rápida (w)” y procedemos a seleccionar el área ocupada por los líquenes



Esta herramienta ayuda al usuario a seleccionar un área dentro de la imagen basándose en los colores de los píxeles de la misma.

h. Una vez seleccionada el área del líquen nos dirigimos a la barra superior y hacemos clic en Imagen/Análisis/configurar escala de medida/ a medida.



i. Seleccionamos el lado de un cuadro de la rejilla como se muestra en la imagen.



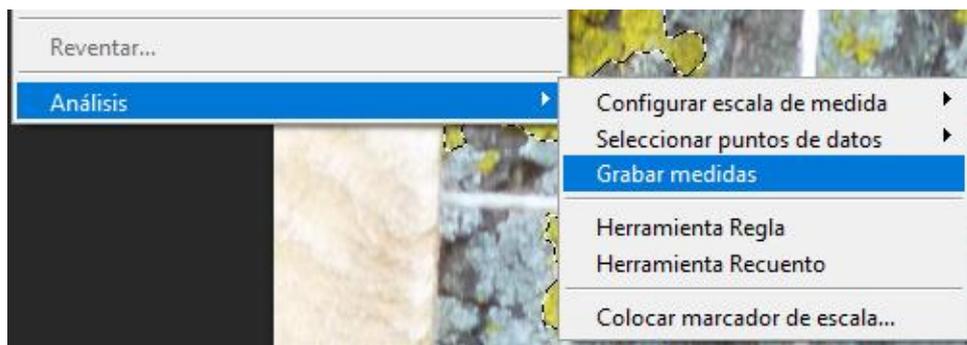
Seguidamente en la ventana “Escala de medida” escribimos la longitud lógica en la realidad, la que corresponde a ser 5 cm, damos clic en OK.



Esta herramienta permite medir a través de imágenes áreas reales basándose en escalas.

j. Una vez ya configurada la escala de medición hacemos clic en el menú

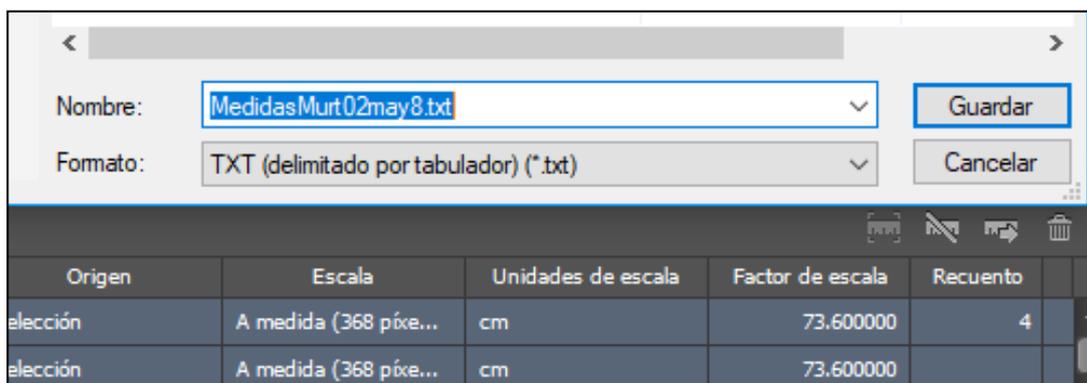
Imagen/análisis/Grabar medidas



A partir de esto se obtiene un cuadro de matrices donde se detallan las medidas en la escala real con las que se va a trabajar en este caso el resultado sería en cm².

	Etiqueta	Fecha y hora	Documento	Origen	Escala	Unidades de escala	Factor de escala	Recuento	Área	Perímetro	C
0001	Medida 1	13/09/2017 6:28:5...	Urb14may81133.JPG	Selección	A medida (368 píxe...	cm	73.600000	4	9.574374	32.500679	
0002	Medida 1 - Función 1	13/09/2017 6:28:5...	Urb14may81133.JPG	Selección	A medida (368 píxe...	cm	73.600000		0.093780	1.206791	
0003	Medida 1 - Función 2	13/09/2017 6:28:5...	Urb14may81133.JPG	Selección	A medida (368 píxe...	cm	73.600000		6.302982	17.519837	

k. Por ultimo exportamos el cuadro obtenido, haciendo clic en el botón “exportar las medidas seleccionadas” , señalando en el nombre del documento a exportar (que es en formato de texto .txt) el nombre de la imagen de procedencia y la fecha en la que se tomaron las muestra en campo, Clic en “Guardar”



Se repite este procedimiento para cada una de las especies y fotos del muestreo

4.5.5. Flujo Vehicular

Para el registro de este dato, se contaron el número de vehículos que pasaban por minuto, en lapsos de cinco minutos, durante una hora. Se eligieron las horas puntas (7:00 am, 12:30 pm, 6:00 pm). Este registro se realizó en cada zona de estudio durante los mismos días en que se registró la riqueza y abundancia líquénica. Los resultados obtenidos que se muestran en el cuadro 5, nos servirán para estudiar la posible relación entre variables.

4.5.6. Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

Se calculó el IPA de acuerdo a la riqueza y abundancia de cada árbol seleccionado en cada estación, cuyos resultados hemos obtenido con el software “Photoshop cs6 Extended – Version 13.0 64x” estos datos serán utilizados en la siguiente fórmula:

El IPA es la suma de las frecuencias de todas las especies presentes en cada árbol por el factor de tolerancia; que representa a una estación de muestreo:

$$IPA_j = \sum (Q_i * f_i)$$

Donde:

IPA_j = Índice de Pureza Atmosférica de la estación j.

F_i = Frecuencia de cada especie (n_i/nt), más el número de los árboles examinados cubiertos por la especie en cuestión. El valor F cambia de acuerdo a la estación.

N_i = Número de Cuadros de la gradilla ocupados por un taxón.

N_t = Numero total de Cuadros en la gradilla (20).

Q_i = Factor de tolerancia de la especie i, este valor resulta ser una constante para cada especie, en el área de investigación, siendo inversamente proporcional a la contaminación.

Se lo determina con esta relación:

$$Q_i = \sum_j \frac{(A_j - 1)}{N_j}$$

Donde:

Q_i = Factor de resistencia de la especie i.

A_j = Número de especies presentes en cada estación (j) donde se encuentra la especie i.

N_j = Número de estaciones (j) donde se encuentra la especie i.

4.5.7. Procesamiento de información.

Luego de la obtención de los resultados de abundancia, riqueza líquénica y flujo vehicular, se realiza el procesamiento de datos a partir del Programa InfoStat (versión estudiantil 2011), estos resultados permitirán realizar comparación y análisis para obtener las conclusiones finales.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. RESULTADO

5.1.1. Tasa vehicular (flujo vehicular)

Como se puede observar en el cuadro 8, el análisis de varianza (anexo 1) dejó ver diferencias significativas ($p < 0.05$) en la tasa vehicular (vehículos.minuto⁻¹) entre cada uno de los lugares estudiados. Como se esperaba, el flujo fue significativamente mayor en el Jr. Amalia Puga (36 vehículos/minuto), en comparación a la tasa vehicular del Jr. Mario Urteaga (22 vehículos/minuto) y de la Urbanización (0 vehículos/minuto).

5.1.2. Área ocupada por los líquenes

El análisis de varianza (anexo 2) permitió encontrar diferencias significativas ($p < 0.05$) para esta variable (cm²/árbol), entre cada uno de los lugares estudiados (cuadro 8). A diferencia de la tasa vehicular, se encontró mayor área ocupada en la Urbanización (192.7 cm²), que fue mayor de manera significativa si lo comparamos con el promedio de área ocupada por los líquenes en el Jr. Mario Urteaga (164.1 cm²) y el Jr. Amalia Puga (34.8 cm²).

5.1.3. Número de especies

Se llegaron a observar hasta 3 especies de líquenes: *Phycia stellaris*, *Candelaria concolor* y *Parmelia caperata*, siendo la primera especie, la más resistente y persistente.

La mayor concentración de especies se pudo registrar en la Urbanización (2.3 especies por árbol), seguido por el Jr. Mario Urteaga (2.0 especies por árbol) y por último el Jr. Amalia Puga, con 1.8 especies por árbol. Estas diferencias fueron significativas ($p < 0.05$) (cuadro 8), según los resultados de de la prueba de análisis de varianza (anexo 3).

5.1.4. Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

Para el IPA, en el cuadro 8 podemos observar que también se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo mayor el IPA en la Urbanización (64.1). Luego se determinó un IPA medio en el Jr. Mario Urteaga (50.1) y el IPA más bajo fue registrado en el Jr. Amalia Puga (13.8). Estos datos los podemos observar en el análisis de varianza realizado a esta variable (anexo 4).

CUADRO 6: PROMEDIOS DE TASA VEHICULAR, ÁREA DE LÍQUENES, NÚMERO DE ESPECIES E IPA EN CADA UNO DE LOS LUGARES ESTUDIADOS

Lugar	Condición de estudio	Tasa vehicular (vehíc/minuto)	Área de líquen (cm ² /árbol)	Núm. especies (espec./árbol)	IPA*
Amalia Puga	Flujo vehicular alto	36.0 <i>a</i>	34.8 <i>b</i>	1.8 <i>c</i>	13.8 <i>c</i>
Mario Urteaga	Flujo vehicular medio	22.0 <i>b</i>	164.1 <i>a</i>	2.0 <i>b</i>	50.1 <i>b</i>
Urbanización	Flujo vehicular bajo	0.0 <i>c</i>	192.7 <i>a</i>	2.3 <i>a</i>	64.1 <i>a</i>
E.E.		0.13	11.61	0.06	3.34
p – valor		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
C.V.		4.97	66.56	22.62	22.14

* Índice de Pureza Atmosférica

E.E.: Error estándar.

C.V.: Coeficiente de variabilidad.

Letras diferentes señalan diferencias entre columnas ($p < 0,05$).

5.2. DISCUSIÓN

Al evaluar los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en las tres zonas del distrito de Cajamarca, se demostró que a partir de procesamiento de datos obtenidos en campo, las especies liquénicas son bioindicadores eficientes.

5.2.1. Tasa vehicular (flujo vehicular)

Los resultados obtenidos del monitoreo de vehículos, como esperábamos, responden a los resultados de monitoreo de ruido previamente realizado (Municipalidad, Provincial de Cajamarca, 2015). El Jr. Amalia Puga presentó el flujo vehicular más alto (36 vehículos/minuto), explicado probablemente porque el estudio de monitoreo demostró que éste es uno de los lugares más ruidosos (70 dB). Mientras que en la Urbanización, el flujo vehicular fue de 0 vehíc/min, dado que los decibeles registrados en el estudio de monitorio son casi nulos. Estos resultados concuerdan con las conclusiones de dicho estudio de monitoreo de ruido.

5.2.2. Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

Los resultados fueron los siguientes para cada zona de estudio: Jr. Amalia Puga = 13.8, Jr. Mario Urteaga = 50.1 y Parque Urbanización Cajamarca = 64. Estos fueron calculados a partir de la riqueza y abundancia. Cabe resaltar el parque de la Urbanización Cajamarca obtuvo un IPA mayor (mayor riqueza y abundancia), y al mismo tiempo fue la zona con mínimo flujo vehicular (0 vehíc/min). Y el Jr. Amalia Puga obtuvo el más bajo IPA (menor riqueza y menor abundancia) con el más alto flujo vehicular (36 vehíc/min).

Estos resultados se asemejan a los de Quispe, K., Nique, M., Chuquilín, E., Canseco, A., Anze, R., Franken, M., Zambrano, A., entre otros; dado que obtuvieron un IPA menores a 15 en zonas de mayor flujo vehicular, y al mismo tiempo menor presencia de abundancia

y riqueza líquénica. Así mismo presentan un IPA mayor a 30, en zonas de mayor número de especies y abundancia de líquenes, con menor presencia vehicular.

Finalmente, este proyecto posibilita realizar nuevos estudios, en las que se realicen más investigaciones, y busquen tecnología que permitan monitorear los contaminantes atmosféricos a partir de análisis realizado a organismos como son líquenes, y evidenciar que son los principales indicadores de la existencias de una alta tasa de contaminación en el distrito de Cajamarca.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.

- Se registró el flujo vehicular de las tres zonas de estudio en el distrito de Cajamarca, encontrando que las zonas de mayor contaminación sonora corresponde a los de mayor flujo vehicular.
- Se identificó 3 especies líquénicas: *Physcia stellaris*, *Candelaria concolor* y *Parmelia caperata*.
- Medir la abundancia (área ocupada) y la riqueza (número de especies) de líquenes, y determinar el IPA en cada zona de estudio.
- Relacionar la abundancia y riqueza (IPA) de los líquenes con el flujo vehicular de las tres zonas de estudio.
- Se midió la abundancia (área ocupada) y la riqueza (número de especies) de líquenes presentes en los árboles (*Fraxinus excelsior* L). L y a partir de ellos de determinó el IPA para cada zona. Las zonas con mayor IPA fueron aquellas que presentaban menor flujo vehicular y viceversa.
- Este proyecto evidencia que los bioindicadores como son los líquenes son alternativas menos costosa para el monitoreo de gases contaminantes productos de parque automotor, puesto que para la instalación de sistema de monitoreo básico se requiere de un presupuesto de S/. 21 500.00 soles para su implementación (Baradales, y otros, 2016), este monto no considera operativo y mantenimiento, así mismo es necesario un área disponible para su instalación. A comparación de los gastos que nosotros realizamos para la elaboración de este proyecto que es de S/. 2000.00.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con investigaciones referente a los líquenes como bioindicadores para el monitoreo de contaminantes atmosférica, dado que estos organismos por no contar con un sistema excretor, y sus nutrientes son tomados del atmosfera, tienden a absorber y almacenar todos los gases contaminantes producidos por el parque automotor e industrias; de esta manera se podría realizar análisis físico químicos de los organismos en estudio, para determinar concentraciones que se van acumulando en los líquenes.
- Las principales fuentes de información que existen, son claves para seguir haciendo investigación ya que ponen de manifiesto la tecnología limpias para el monitoreo y control de gases contaminantes en el Distrito de Cajamarca.

REFERENCIAS

Amo de Paz, Guillermo y Brugaz, Ana. 2009. *Líquenes epifíticos del Hayedo de Montejo de la Sierra Madrid.* Madrid : Editorial Complutense, 2009. ISBN.

Anabel Cueva Aguila, María Prieto, Gregorio Aragón y Angel Benítez. 2015. *Cambio en la Composición de Líquenes Epífictos Relacionados con la Calidad del Aire en la Ciudad de Loja (Ecuador).* Loja, Ecuador : s.n., 2015.

Angela Canseco, Rafael Anze, Margot Franken. 2006. *Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia.* La paz Bolivia : Unidad de Calidad Ambiental, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, 2006.

Cabrera, Gabriel Gustavo Giacobone y Sonia Elizabeth. 2009. *Líquenes como bioindicadores de calidad del aire .* Buenos Aires- Argentina : s.n., 2009.

Calvo Aldea, Diadora, Molina Álvarez, María Teresa y Salvachúa Rodríguez, Joaquín. 2009. *Cienci de la Tierra y Medio Ambiente.* España : McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A., 2009.

Cisneros, Juan Miguel Castañaza. 2013. *“Módulo pedagógico sobre la contaminación del aire”.* Jalapa, México : s.n., 2013.

David L. Hawksworth, Teresa Iturriaga y Ana Crespo. 2005. *Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los Trópicos.* Madril, España : -, 2005.

Fábregas, Angel Zambrano García y Claudia Rodríguez. 2011. *Líquenes como Bioindicadores de contaminación Atmosférica en Montevideo - Uruguay .* Montevideo , Uruguay : s.n., 2011.

Fábregas., Ángel Zambrano García y Claudia Rogríguez. 2011. *Líquenes como Bioindicadores de Contaminación Atmosférica en Montevideo- Uruguay* . Montevideo- Uruguay : s.n., 2011.

Grupo InfoStat, FCA.2011 *InfoStat versión estudiantil*. Argentina :**Universidad Nacional de Cordoba. 2011**

Kenneth, Ward. 1994. *Contaminación del Aire Origen y Control*. México : Limusa, 1994.

Luis Juan Rubiano Olaya, Martha Chaparro de Valencia. 2006. *Delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la universidad nacional de colombia mediante el análisis de bioindicadores (líquenes epifitos)*. Colombia : s.n., 2006.

López Varona, Miguel Ángel. 1993. Cuaderno de campo del Treparriscos. [En línea] Blogger, 18 de Julio de 1993. [Citado el: 08 de junio de 2017.] <http://treparriscosfieldnotebook.blogspot.pe/1993/07/parmelia-caperata.html>.

Nájera, Víctor Hugo Méndez Estrada y Julián Monge. 2011. *El uso de líquenes como biomonitores para evaluar el estado de la contaminación atmosférica a nivel mundial*. Perú : s.n., 2011.

Ñique, Katherine Quispe y Manuel. 2014. *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de tingo maría, Peru* . Perú : s.n., 2014.

Pinilla, Gabriel Antonio Pinilla y Agudelo. 1998. *Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos continentales de Colombia*. Colombia : Centro de investigaciones científicas , 1998.

Rubén Lijteroff, Luis Lima y Betzabé Prieri. 2009. *Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en*. San Luis : Revista Nacional de Contaminación Ambiental , 2009.

ANEXOS

Anexo 1: Análisis de varianza (ANOVA) para la variable tasa vehicular

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	36313.08	2	18156.54	19677.04	<0.0001
Lugar	36313.08	2	18156.54	19677.04	<0.0001
Error	152.25	165	0.92		
Total	36465.33	167			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.35843

Error: 0.9227 gl: 165

Anexo 2: Análisis de varianza (ANOVA) para la variable área ocupada por líquenes

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	792715.75	2	396357.88	52.52	<0.0001
Lugar	792715.75	2	396357.88	52.52	<0.0001
Error	1245276.20	165	7547.13		
Total	2037991.95	167			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=32.41582

Error: 7547.1285 gl: 165

Anexo 3: Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de especies

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7.51	2	3.76	17.61	<0.0001
Lugar	7.51	2	3.76	17.61	<0.0001
Error	35.20	165	0.21		
Total	42.71	167			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.17233

Error: 0.2133 gl: 165

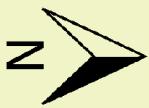
Anexo 4: Análisis de varianza para la variante IPA

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10783.82	2	5391.91	60.54	<0.0001
Lugar	10783.82	2	5391.91	60.54	<0.0001
Error	1870.34	21	89.06		
Total	12654.16	23			

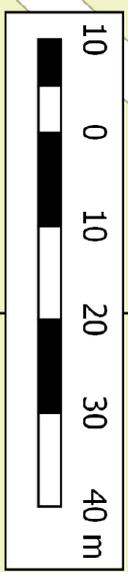
Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=9.81304

Error: 89.0638 gl: 21



Inventario de árboles estudiados en la Plazuela Miguel Grau

Anexo 5

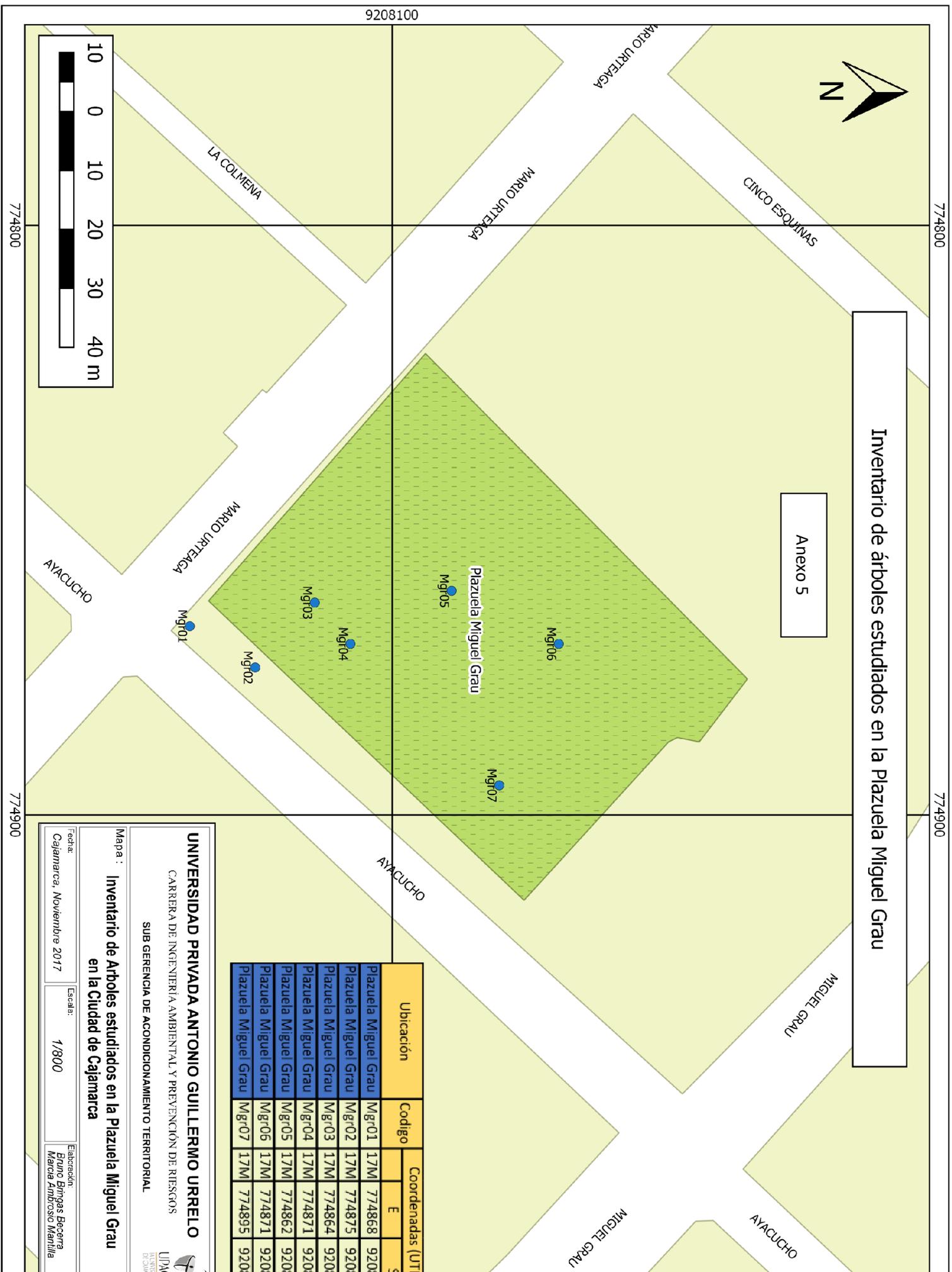


Ubicación	Codigo	Coordenadas (UTM)	
		E	S
Plazuela Miguel Grau	Mgr-01	774868	9200
Plazuela Miguel Grau	Mgr-02	774875	9200
Plazuela Miguel Grau	Mgr-03	774864	9200
Plazuela Miguel Grau	Mgr-04	774871	9200
Plazuela Miguel Grau	Mgr-05	774862	9200
Plazuela Miguel Grau	Mgr-06	774871	9200
Plazuela Miguel Grau	Mgr-07	774895	9200

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO
 CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS
 SUB GERENCIA DE ACONDICIONAMIENTO TERRITORIAL

Mapa : **Inventario de Arboles estudiados en la Plazuela Miguel Grau en la Ciudad de Cajamarca**

Fecha: Cajamarca, Noviembre 2017
 Escala: 1/800
 Elaboración: Bruno Bingham Becerra, Marcia Ambrosio Manilla

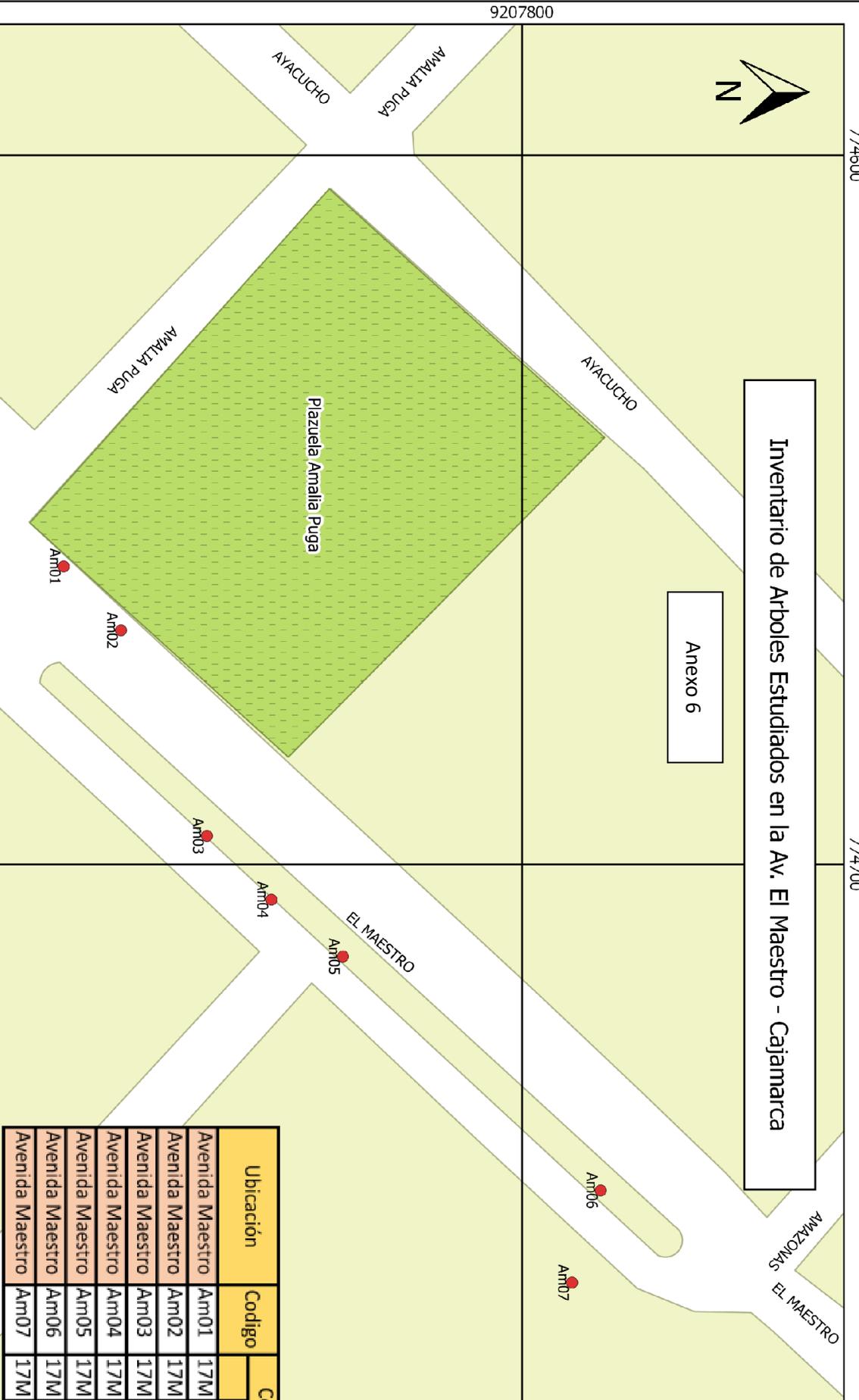




Inventario de Arboles Estudiados en la Av. El Maestro - Cajamarca

Anexo 6

Plazuela Amalia Puga



Ubicación	Codigo	Coordenadas (U	
		E	
Avenida Maestro	Am01	17M	774658
Avenida Maestro	Am02	17M	774667
Avenida Maestro	Am03	17M	774696
Avenida Maestro	Am04	17M	774705
Avenida Maestro	Am05	17M	774713
Avenida Maestro	Am06	17M	774746
Avenida Maestro	Am07	17M	774759

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO
 CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS
 SUB GERENCIA DE ACONDICIONAMIENTO TERRITORIAL

Mapa : **Inventario de Arboles estudiados en la Avenida El Maestro de la Ciudad de Cajamarca**

Fecha: Cajamarca, Noviembre 2017

Escala: 1/800

Elaborador: Emano Brings Becerra
 Marica Ambrosio Ibarra

9207700

9207800

774500

774500

774700

774700

774900

775000



Inventario de Árboles Estudiados en la Urbanización Cajamarca - Cajamarca

Anexo 7



9207800

9207900

774900

775000

Ubicación	Codigo	Coordenadas (UTM)	
		E	N
Urbanización Cajamarca	Urb01	17M 774957	9 774965
Urbanización Cajamarca	Urb04	17M 774965	9 774981
Urbanización Cajamarca	Urb08	17M 774981	9 774977
Urbanización Cajamarca	Urb09	17M 774977	9 774972
Urbanización Cajamarca	Urb10	17M 774972	9 774957
Urbanización Cajamarca	Urb13	17M 774957	9 774957
Urbanización Cajamarca	Urb14	17M 774957	9 774957

PROGRESO

CUMULLCA

LAS ORQUIDEAS

SHAULLO

Urb014

Urb10

Urb09

Urb08

COLMOULACHE

COLLADAR

JULIO C. GUERRERO

RIO URTEAGA

BELGICA

MARIO URTEAGA

COLMOULACHE

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

SUB GERENCIA DE ACONDICIONAMIENTO TERRITORIAL

Mapa : **Inventario de Árboles estudiados en la "Urbanización Cajamarca de la Ciudad de Cajamarca**

Fecha: Cajamarca, Noviembre 2017

Escala: 1/800

Elaboración: Bruno Binigas Becerra, Marcia Ambrosio Mantu

ANEXO 8



Imagen: Am01may291107

ANEXO 9



Imagen: Am02may291109

ANEXO 10



Imagen: Am03may291118

ANEXO 11



Am04may291107

ANEXO 12



Am05may291113

ANEXO 13



Am06may291121

ANEXO 14



|Am07may291125

ANEXO 15



Murt01may291132

ANEXO 16



Murt02may291134

ANEXO 17



Murt03may291137

ANEXO 18



Murt04may291134

ANEXO 19



Murt05may291141

ANEXO 20



Murt06may291143

ANEXO 21



Murt07may291146

ANEXO 22



Imagen: Urb01may291149

ANEXO 23



Imagen: Urb04may291150

ANEXO 24



Imagen: Urb08may291151

ANEXO 25



Imagen: Urb09may291153

ANEXO 26



Imagen: Urb10may291155

ANEXO 27



Urb13may291156

ANEXO 28



Imagen: Urb14may291157

ANEXO 29



Imagen: Am9may

ANEXO 30



Imagen: Murt13may

ANEXO 31

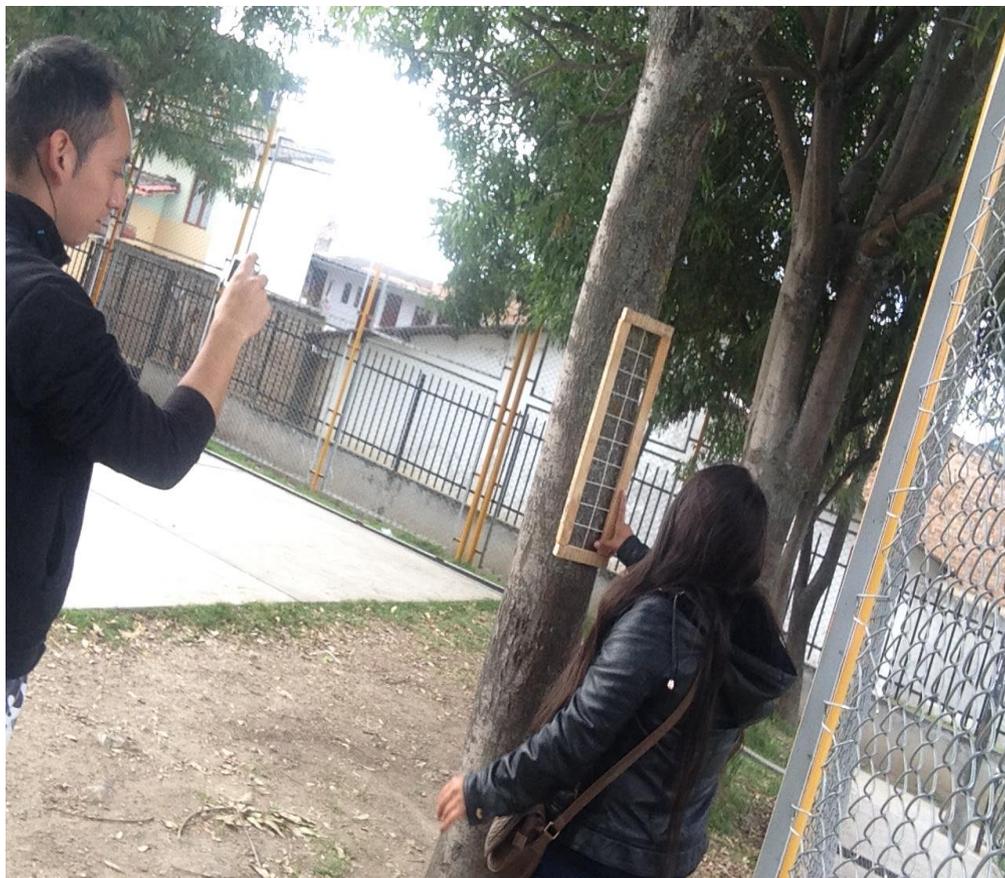


Imagen: Urb19may

Anexo 32: Cuadro de toma de datos – Amalia Puga

Documento	Especie	N° de Cuadros	Abundancia	Frecuencia (fi)	IPA árbol
Am01may291107.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	14	64.13884	0.7	0.7
Am02may291109.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	6	2.052812	0.3	0.35
Am02may291109.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	1	0.760574	0.05	
Am03may291118.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	12	8.330183	0.6	1.2
Am03may291118.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	12	2.007595	0.6	
Am04may291116.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	14	8.707341	0.7	1.15
Am04may291116.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	9	3.294218	0.45	
Am05may291113.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	87.236983	1	1.85
Am05may291113.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	17	20.859887	0.85	
Am06may291121.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	9	6.987427	0.45	0.5
Am06may291121.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	1	0.058089	0.05	
Am07may291125.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	10	9.326594	0.5	0.9
Am07may291125.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	8	13.518738	0.4	

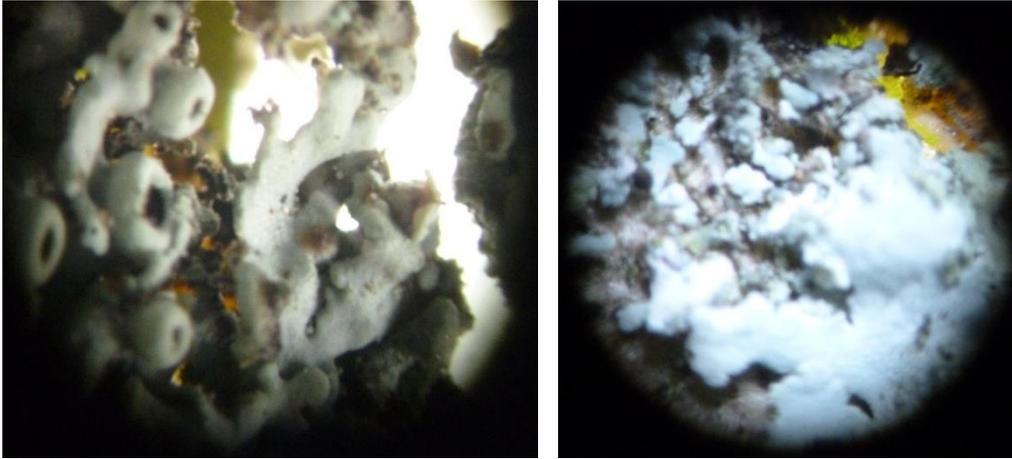
ANEXO 33: CUADRO DE TOMA DE DATOS – MARIO URTEAGA

Documento	Especie	N° de Cuadros	Abundancia	Frecuencia (fi)	IPA árbol
Murt01may291132.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	16	53.417304	0.8	0.85
Murt01may291132.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	1	0.111383	0.05	
Murt02may291134.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	137.950698	1	1.15
Murt02may291134.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	3	2.706576	0.15	
Murt03may291137.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	192.44481	1	1.45
Murt03may291137.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	9	1.898918	0.45	
Murt04may291134.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	239.007051	1	1
Murt05may291141.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	16	18.160939	0.8	1.05
Murt05may291141.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	5	1.02614	0.25	
Murt06may291143.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	213.65261	1	1.2
Murt06may291143.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	4	0.466866	0.2	
Murt07may291146.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	214.598328	1	1.35
Murt07may291146.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	3	0.567262	0.15	
Murt07may291146.JPG	<i>Parmelia caperata</i>	4	10.855663	0.2	

ANEXO 34: CUADRO DE TOMA DE DATOS – URBANIZACIÓN

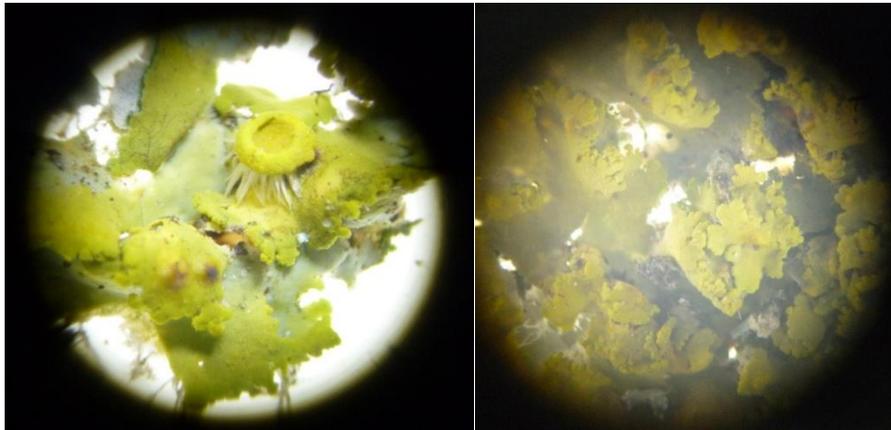
Documento	Especie	N° de Cuadros	Abundancia	Frecuencia (fi)	IPA árbol
urb01may291149.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	19	72.816801	0.95	1.15
urb01may291149.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	4	1.506133	0.2	
Urb04may291150.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	104.2615	1	1.4
Urb04may291150.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	8	8.063461	0.4	
Urb08may2951.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	19	30.657026	0.95	2
Urb08may2951.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	19	102.345397	0.95	
Urb08may2951.JPG	<i>Parmelia caperata</i>	2	3.311046	0.1	
Urb09may291153.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	11	90.89703	0.55	1
Urb09may291153.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	8	32.314023	0.4	
Urb09may291153.JPG	<i>Parmelia caperata</i>	1	9.450878	0.05	
Urb10may291155.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	77.334412	1	1.75
Urb10may291155.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	15	3.684074	0.75	
Urb13may291156.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	311.779212	1	1.7
Urb13may291156.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	14	9.038015	0.7	
Urb14may291157.JPG	<i>Physcia stellaris</i>	20	280.667138	1	2
Urb14may291157.JPG	<i>Candelaria concolor</i>	18	46.17222	0.9	
Urb14may291157.JPG	<i>Parmelia caperata</i>	2	10.471019	0.1	

ANEXO 35



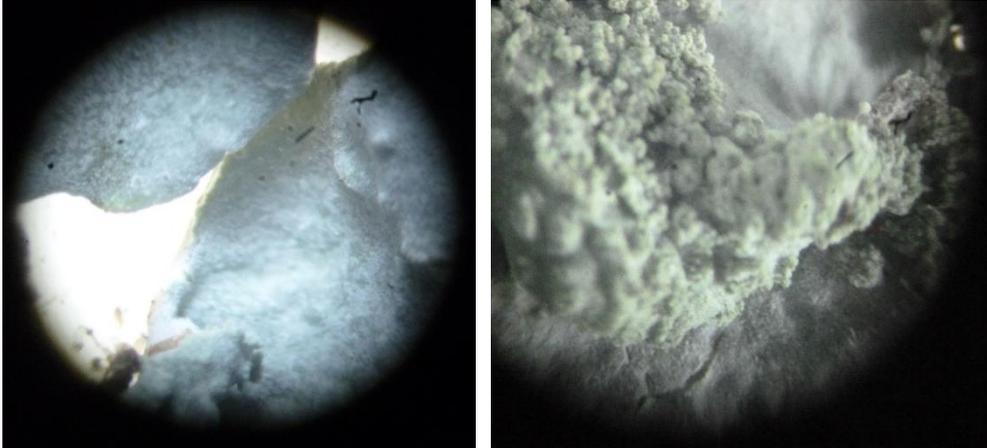
Physcia stellaris (L.) NyL., visualizadas en el microscopio

ANEXO 36



Candelaria concolor, visualizadas en el microscopio

ANEXO 37



Parmelia caperata (L.), visualizadas en el microscopio

GLOSARIO

- **Abundancia:** la palabra abundancia proviene del latín *abundantia* y se refiere a una gran cantidad que existe y que se dispone de algo. El término puede ser usado como sinónimo de prosperidad, riqueza o bienestar.
- **Aire:** El aire es una mezcla gaseosa en distinta proporción, los más importantes son: nitrógeno (78%), oxígeno (21%), dióxido de carbono (0.003), vapor de agua (4%) y otros gases en menor proporción.
- **Anemófilas:** Del griego anemos =viento. Son plantas que dependen de las corrientes de aire para transportar su polen (Fernández, I., Bellesta, M. y García, E.,2008)
- **Atmosfera:** La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la Tierra. Está formada por aire y partículas en suspensión.
- **Apotecios:** Estructura de reproducción sexual (ascocarpos) del hongo en forma de disco o de copa.
- **Cianobacteria:** Designa a ciertos organismos procarióticos fotosintéticos, clasificados como bacterias y como algas, debido a esta capacidad de realizar fotosíntesis
- **Combustión:** Secuencia de reacciones químicas entre combustible y un oxidante, generalmente aire, por las cuales se libera energía calórica y luminosa en un ambiente confinado.
- **Concentración:** En el ámbito de la física, por otra parte, concentración es la magnitud que permite medir y dar a conocer cuánta cantidad de sustancia se puede encontrar en cada unidad de volumen. El Sistema Internacional establece que la unidad de concentración es el mol por metro cúbico.
- **Coníferas:** Subdivisión de plantas gimnospermas (árboles y arbustos) de tronco recto, ramas horizontales, de forma cónica, hojas perennes, en forma de escamas o agujas, flores unisexuales y fruto en forma de piña.

- **Contaminación:** La contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas (seres vivos).
- **Correlación:** Se refiere al grado de parecido o variación conjunta existente entre las mismas
- **Densidad:** Su palabra proviene del latín (densitas, -ātis). La densidad es la cualidad de lo denso, o la acumulación de gran cantidad de elementos o individuos en un espacio determinado.
- **Dispersión:** a palabra dispersión posee un origen etimológico en latín “dispersionis”, el cual tiene como significado el acto de dividir, repartir o dispersarse; de manera general entonces puede describirse como la acción de algo que se separa en varios fragmentos por haberse dividido.
- **Ecosistema:** Sistema biológico constituido por una comunidad de seres vivos y el medio natural en que viven.
- **Emisión:** del latín emissio, el término emisión está relacionado con la acción y efecto de emitir (arrojar o echar algo hacia fuera).
- **Estratosfera:** Se extiende desde la tropopausa hasta los 50 Km de altura, límite de la estratosfera llamado estratopausa. En esta capa se genera la mayor parte del ozono atmosférico que se concentra entre los 15 y 30 Km de altura llamándose a esta zona capa de ozono u ozonosfera
- **Fotobionte:** Parte del líquen que realiza la fotosíntesis y está compuesta por el alga.
- **Heterotrofo:** Organismo que se alimenta de materia orgánica previamente elaborada, a partir de la que obtiene sus propios componentes estructurales y la energía que necesita (al descomponer parte de esos nutrientes orgánicos)

- **Hidrocarburo:** se conoce como hidrocarburo al compuesto de tipo orgánico que surge al combinar átomos de hidrógeno con otros de carbono. Según los expertos en la materia, en este compuesto la forma molecular se basa en átomos de carbono enlazados con átomos de hidrógeno. Estas cadenas de átomos de carbono pueden ser abiertas o cerradas y lineales o ramificadas.
- **Hifas:** Filamento constitutivo del micelio de un hongo. Puede ser tabicada, compuesta por una fila de células, o sifonada, compuesta por protoplasma continuo que contiene muchos micelos.
- **Indicador:** Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.
- **Límite Máximo Permisible (LMP):** es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.
- **Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA):** y los Límites Máximos Permisibles (LMP) son instrumentos de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la calidad y salud ambiental.
- **Micobionte:** Hongo que entra a formar parte de un líquen.
- **Monitoreo:** término no incluido en el diccionario de la Real Academia Española (RAE). Su origen se encuentra en monitor, un aparato que toma imágenes de instalaciones filmadoras o sensores y que permite visualizar algo en una pantalla. El monitor, por lo tanto, ayuda a controlar o supervisar una situación..
- **Nitrato:** Sal formada por combinación del ácido nítrico y una base; se emplea como oxidante, como abono por su riqueza en nitrógeno y en la fabricación de explosivos.

- **Organismos Estenoico:** Organismos que necesitan del cumplimiento riguroso de condiciones ambientales muy precisas para sobrevivir. Su capacidad de adaptación es limitada. Organismos que no toleran amplias variaciones de las condiciones ambientales.
- **Parmelia:** genero de líquenes de la clase Ascolichenes, subclase Ascomycetidae, orden Lecanorales, caracterizados por sus talos foliosos y a menudo unidos al sustrato por medio de rizinas. Los apotecios se hallan hundidos en el talo. Se encuentran sobre los árboles, rocas, etc. *Parmelia acetabulum* es de color verde pardusco, con lóbulos estrechos, higrófanos. Vive sobre los troncos de los árboles en bosques húmedos. *Parmelia subaurifera* es de color amarillento, y está cubierta de pequeñas verruguitas. *Parmelia tiliacea* tiene lóbulos cortos y grisáceos. *Parmelia laevigata* tiene lóbulos ramificados y forma manchas grisáceas sobre árboles y rocas silíceas.
- **Parque automotor:** el parque automotor está constituido por todos los vehículos que circulan por las vías de la ciudad, entre los que encontramos automóviles particulares, vehículos de transporte público y vehículos de transporte de carga.
- **Peltigera:** Peltigera es un género de aproximadamente 91 especies defolioso líquenes en la familiaPeltigeraceae. Comúnmente conocido como el liquen perro, líquenes de Peltigera son a menudo terricolous (que crece en el suelo), pero también pueden ocurrir en el musgo, árboles, rocas, y muchos otros sustratos en muchas partes del mundo.
- **Propagulos:** Órgano o fragmento de órgano, que poseen ciertas plantas para verificar su reproducción asexual
- **Pulmonaria:** Liquen de color pardo y superficie con ampollas que vive parásito sobre el tronco de algunos árboles.
- **Polinosis:**

- **Smog fotoquímico:** El smog es un tipo de contaminantes del aire. La palabra smog proviene de la contracción de las palabras inglesas “smoke” (humo) y fog (niebla)
- **Simbiosis:** es la interacción conjunta que tienen dos organismos diferentes, siendo un proceso de asociación íntima, producto de una historia evolutiva entrelazada.
- **Soredios:** Un soredio es un tipo de estructura reproductiva asexual producida por hongos liquenizados.
- **Sulfuro:** Combinación de azufre con otro elemento químico más electropositivo; generalmente está presente en minerales como la pirita, la calcopirita, la galena o la blenda.
- **Tóxico:** Que es venenosa o que puede causar trastornos o la muerte a consecuencia de las lesiones debidas a un efecto químico.
- **Troposfera:** Su espesor varía entre los 9 Km. sobre los polos y los 18 Km. sobre el ecuador, siendo su altura media 12 Km. Contiene la mayoría de los gases de la atmósfera. A los 500 metros iniciales se les denomina capa sucia, porque en ellos se concentra el polvo en suspensión procedente de los desiertos, los volcanes y la contaminación.