



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

LIQUENES COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AIRE
EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, LIMA PERÚ

Línea de investigación: Biodiversidad, Ecología y Conservación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Cari Acosta, Diego Alexander

Asesora:

Ventura Barrera, Carmen Luz

Jurado:

Martinez Cabrera, Rubén

Espinoza Farias, Sonia

Reyna Mandujano, Samuel

Lima – Perú

2022

Índice General

RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2 ANTECEDENTES.....	19
1.2.1 <i>Antecedentes Internacionales</i>	19
1.2.2 <i>Antecedentes Nacionales</i>	24
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	31
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	31
1.4 JUSTIFICACIÓN	32
1.5 HIPÓTESIS	33
1.5.1 <i>Hipótesis General</i>	33
1.5.2 <i>Hipótesis Específicas</i>	34
II. MARCO TEÓRICO.....	35
2.1 BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN	35
2.1.1 <i>Líquenes</i>	35
2.1.2 <i>Bioindicadores</i>	41
2.1.3 <i>Líquenes como Bioindicadores</i>	42
2.1.4 <i>Contaminación del Aire</i>	47

2.1.5	<i>La calidad del Aire</i>	47
III.	MÉTODO	52
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.2	ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL	53
3.3	VARIABLES	54
3.3.1	<i>Variable Independiente</i>	54
3.3.2	<i>Variable Dependiente</i>	55
3.3.3	<i>Operacionalización de Variables</i>	56
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	58
3.5	INSTRUMENTOS	60
3.6	PROCEDIMIENTOS.....	61
3.7	ANÁLISIS DE DATOS	64
IV.	RESULTADOS	66
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	112
VI.	CONCLUSIONES	116
VII.	RECOMENDACIONES	117
VIII.	REFERENCIAS	119
IX.	ANEXOS	123
	ANEXO A GALERÍA DE FOTOS DE LOS PARQUES DEL DISTRITO SAN MIGUEL	123
	ANEXO B CUADRANTES LIQUENOLÓGICOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS.....	155

ANEXO C MUESTRAS TOMADAS	170
ANEXO D SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL IPA.....	171
ANEXO E RESULTADOS DE RUIDO AMBIENTAL EN LOS PARQUES DE SAN MIGUEL.....	173
ANEXO F PLANOS.....	180

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	56
Tabla 2. Parques del Distrito San Miguel	67
Tabla 3. Área y cantidad de Spathodea Campanulata.....	70
Tabla 4. Clasificación de los parques por nivel de flujo vehicular	76
Tabla 5. Índice de Pureza Atmosférica (IPA) del Parque Juan Pablo II.....	89
Tabla 6. Índice de Pureza Atmosférica (IPA) del Parque Precusores	92
Tabla 7. Índice de Pureza Atmosférica (IPA) del Parque Ayacucho.....	94
Tabla 8. Contrastación de presencia elemental en los parques	109
Tabla 9 Parque Rafael Escardó	123
Tabla 10 Parque Simón BolívarE SIMÓN BOLIVAR.....	123
Tabla 11 Parque Miguel Grau.....	124
Tabla 12 Parque Rosa MerinoPAUE ROSA MERINO.....	124
Tabla 13 Parque Ayacucho	125
Tabla 14 Parque Virgen de Guadalupe	125
Tabla 15 Parque Paititi.....	126
Tabla 16 Parque Chicama Pucala	126
Tabla 17 Parque Vilcahuara.....	127
Tabla 18 Parque Inca Garcilaso de la Vega	127
Tabla 19 Parque Brasil.....	128
Tabla 20 Parque Argentina	128
Tabla 21 Parque la Medalla Milagrosa	129

Tabla 22 Parque Luis Moreno.....	129
Tabla 23 Parque José Martí.....	130
Tabla 24 Parque Monitor Huáscar	130
Tabla 25 Parque Isla del Gallo.....	131
Tabla 26 Parque Macarena.....	131
Tabla 27 Parque Udimá	132
Tabla 28 Parque Santa Eulalia	132
Tabla 29 Parque la Fraternidad	133
Tabla 30 Parque la Amistad.....	133
Tabla 31 Parque Mayor Fap Miguel Alegre Rodríguez.....	134
Tabla 32 Parque María Reiche.....	134
Tabla 33 Parque Santa Florencia	135
Tabla 34 Parque Junín.....	135
Tabla 35 Parque Pershing	136
Tabla 36 Parque Bartolomé Herrera	136
Tabla 37 Parque el Campillo.....	137
Tabla 38 Parque Juan XXIII	137
Tabla 39 Parque de los Banqueros.....	138
Tabla 40 Parque Santa Rosa	138
Tabla 41 Parque la Sagrada Familia	139
Tabla 42 Parque Capitán José Soto Merino	139
Tabla 43 Parque Plaza del Trabajo	140

Tabla 44 Parque Ecológico	140
Tabla 45 Parque Juan Pablo II	141
Tabla 46 Parque Paulo VI	141
Tabla 47 Parque Virgen de la Asunción	142
Tabla 48 Parque Virgen de Fátima}	142
Tabla 49 Parque Paul Harris	143
Tabla 50 Parque Ciudades Hermanas	143
Tabla 51 Parque José Abelardo Quiñones	144
Tabla 52 Parque 200 Millas	144
Tabla 53 Parque César Vallejo	145
Tabla 54 Parque Precursores 1.....	145
Tabla 55 Parque Precursores 2.....	146
Tabla 56 Parque Capitán Manuel Galindo.....	146
Tabla 57 Parque Solidaridad.....	147
Tabla 58 Parque Santos Chocano	147
Tabla 59 Parque Santiago Acuña.....	148
Tabla 60 Parque Tradiciones de Ricardo Palma	148
Tabla 61 Parque Residencial Callao	149
Tabla 62 Parque Mariscal Cáceres.....	149
Tabla 63 Parque Manuel Polo Jimenez.....	150
Tabla 64 Parque Santiaguito	150
Tabla 65 Parque Carabobo.....	151

Tabla 66 Parque Tungasuca	151
Tabla 67 Parque Israel	152
Tabla 68 Parque Miroquesada	152
Tabla 69 Parque Dammert	153
Tabla 70 Parque Amazonia	153
Tabla 71 Parque Machu Picchu	154

Índice de Figuras

Figura 1. Categorización de los líquenes en función del talo desarrollado	38
Figura 2 Vista satelital del Distrito San Miguel en Lima, Perú	53
Figura 3 Árbol Spathodea Campanulata	59
Figura 4 Rejilla de 50 x 10 cm.....	60
Figura 5 Flujograma metodológico planteado para el desarrollo de la investigación	62
Figura 6 Vista de aplicación del “Sound Meter”	73
Figura 7 Período de medición del ruido ambiental.....	74
Figura 8 Concentraciones de elementos químicos y metales – Parque Juan Pablo II	97
Figura 9 Imágenes LFD SSD MIX Parque Juan Pablo.....	98
Figura 10 Presencia de partículas aglutinadas en el parque Juan Pablo II.....	99
Figura 11 Presencia de partículas aglutinadas p.2 Parque Juan Pablo II	100
Figura 12 Composición elemental y espectroscopía del parque Precursores I.....	101
Figura 13 Resultados en imágenes SSD LFD MIX parque Precursores I	102
Figura 14 Concentración de partículas de Plagioclasas	103
Figura 15 Composición de partículas p.2 Parque Precursores I	104
Figura 16 Concentración elemental y espectroscopía parque Ayacucho.....	105
Figura 17 Resultado LFD SSD y MIX parque Ayacucho	106
Figura 18 Concentración elemental de partículas parque Ayacucho.....	107
Figura 19 Concentración elemental de partículas p.2 Parque Ayacucho.....	108
Figura 20 Distribución elemental en los parques.....	110

Resumen

El presente estudio se realizó en el Distrito San Miguel, el cual alberga 63 parques, entre las que se seleccionaron los parques Juan Pablo II, Precursores I y Ayacucho, de conformidad con la presencia de la especie *Spathodea Campanulata*. Se realizó la medición del Índice de Pureza Atmosférica (IPA) en los 03 parques; los resultados del cálculo del IPA en el parque Juan Pablo II fue de 3.2; para los parques Precursores I y Ayacucho fue de 3.5 y 8.5, respectivamente. Se analizó las muestras de líquen *Roccella*, los cuales fueron llevados a laboratorio para la prueba de microscopia de barrido ambiental, resultando una importante concentración de elementos en el parque Juan Pablo II, lugar donde hay un alto tránsito vehicular; se registró Silicio (25600 ppm), Calcio (12900 ppm), Aluminio (Juan Pablo II) y Hierro (8400 ppm). En base al IPA y de las concentraciones arrojadas en la prueba de microscopía ambiental indicaron que, el IPA para el parque Juan Pablo II, el mismo que resultó con un IPA de 3.2 y con la misma tendencia de proporción en los elementos metálicos que Precursores I, situación que, es extensiva al parque Ayacucho, cuyo IPA fue el más alto y menor concentración de partículas contaminantes en las muestras analizadas. Se concluyó la relación entre el IPA y la presencia de partículas contaminantes, permitiendo afirmar que, el líquen *Roccella* con su capacidad de absorber los elementos contaminantes, representa un bioindicador significativo de la calidad del aire en el Distrito San Miguel.

Palabras claves: calidad del aire, líquenes, bioindicadores, contaminación ambiental.

Abstract

The present study was carried out in the San Miguel District, which houses 63 parks, among which the Juan Pablo II, Precursores I and Ayacucho parks were selected, according to the presence of the species *Spathodea Campanulata*. The measurement of the Atmospheric Purity Index (IPA) was carried out in the 03 parks; the results of the calculation of the IPA in the Juan Pablo II park was 3.2; for the Precursores I and Ayacucho parks it was 3.5 and 8.5, respectively. Samples of *Roccella* lichen were analyzed, which were taken to the laboratory for the environmental scanning microscopy test, resulting in an important concentration of elements in the Juan Pablo II park, a place where there is high vehicular traffic; Silicon (25,600 ppm), Calcium (12,900 ppm), Aluminum (John Paul II) and Iron (8,400 ppm) were recorded. Based on the IPA and the concentrations obtained in the environmental microscopy test, they indicated that the IPA for the Juan Pablo II park, the same that resulted with an IPA of 3.2 and with the same proportion trend in the metallic elements as Precursors I, a situation that is extensive to the Ayacucho park, whose IPA was the highest and the lowest concentration of polluting particles in the samples analyzed. The relationship between the IPA and the presence of polluting particles was concluded, allowing us to affirm that the *Roccella* lichen, with its ability to absorb polluting elements, represents a significant bioindicator of air quality in the San Miguel District.

Keywords: air quality, lichens, bioindicators, environmental pollution

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la sociedad humana se enfrenta a problemas ambientales, pues su accionar durante siglos, ha traído consecuencias graves para el entorno natural en general y a diferentes escalas geográficas, desde lo global hasta lo local (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente [PNUMA], 2016). Es así que son numerosos los trabajos que enuncian la diversidad de amenazas y problemas ambientales que afectan el funcionamiento de los ecosistemas naturales y que van en detrimento del logro de un desarrollo sostenible para la calidad de vida humana.

Entre los numerosos problemas ambientales detectados y estudiados en la actualidad, vale la pena resaltar aquellos que según Meira (2013) presentan un carácter global, por su distribución a nivel mundial y porque además atañen al eje temático transversal de la presente investigación, tal es el caso de la degradación de la capa de ozono, el cambio climático y la contaminación atmosférica.

De estas tres dificultades globales, la contaminación atmosférica se constituye en un problema ambiental de especial interés para el desarrollo del presente proyecto investigación, ya que se corresponde con el marco situacional del problema concreto a ser abordado, vista la intención de efectuar una evaluación de la calidad del aire, como ejercicio académico – investigativo.

Rivera (2012) argumenta que la contaminación atmosférica representa un problema ambiental relacionado con el deterioro de la composición del aire, el cual se relaciona con la presencia de contaminantes o sustancias tóxicas para el desarrollo de la vida.:

Los contaminantes atmosféricos al ser respirados por los seres humanos generan problemas de salud. Según el PNUMA (2016) cada año mueren 6,5 millones de personas como consecuencia de enfermedades respiratorias ocasionadas por la mala calidad del aire.

Es así, que la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) determinó que la contaminación atmosférica representa el principal riesgo ambiental para la salud de los pobladores del continente americano.

En América, los niveles de contaminación, son consecuencia de la conjunción de una serie de factores como: la elevada densidad poblacional en las ciudades, la disposición inadecuada de residuos sólidos, el transporte público con parques automotores contaminantes, la quema de cultivos, los incendios, los hábitos tradicionales domésticos de cocina en estufas y a fuego abierto, la falta de aplicación de políticas públicas para el control de la emisión de gases contaminantes en las industrias urbanas, entre otras dificultades (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2017).

En el Perú ya se han adelantado investigaciones referentes al análisis de la contaminación atmosférica para diferentes poblaciones, prueba de esto es el estudio de Rivera (2012) que aborda como área de estudio, las ciudades de Lima y Callao, que busca determinar las relaciones de los factores contaminantes del aire y sus efectos en los habitantes, encontrando un creciente aumento

de la población y un mayor comportamiento contaminante. Asimismo, con un 70% el transporte (vehículos) es la mayor fuente de contaminación en Lima y Callao.

También se puede citar la investigación de Quispe et al. (2013) que recurrieron a los líquenes como bioindicadores para medir la calidad del aire en la ciudad de Tingo María, Perú, y el estudio de Ambrosio et al. (2017) que se ocupa de evaluar el uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca, en el Perú. Estos estudios adelantados para diferentes urbes peruanas, representan referentes de investigación nacional, pues en sus hallazgos los líquenes que están expuestos a un aumento de contaminación tienden a cambiar y volverse más resistentes. Además, la contaminación atmosférica tiene una estrecha relación con el factor vehicular.

Lo cierto es que todo lo expuesto anteriormente demuestra el creciente interés científico no sólo en el análisis de la contaminación del aire, sino además en el desarrollo de procedimientos metodológicos rigurosos y a la vez accesibles, que permitan efectuar valoraciones confiables sobre la calidad del aire, para poner en marcha programas de monitoreo ambiental y, por ende, la proposición de soluciones asertivas a la problemática de la calidad del aire.

Estas cuestiones validan el desarrollo de la presente investigación, desde diferentes perspectivas pues, en primer lugar, demuestran que se está abordando una línea de investigación actual de las ciencias ambientales y, en segundo lugar, dan fe de la pertinencia de la investigación, en el abordaje de un problema ambiental real y concreto, que afecta la salud de las personas y que requiere de control y gestión por parte de los actores involucrados.

En este orden de ideas, el presente estudio plantea la valoración de la calidad del aire utilizando como método de medición el Índice de Pureza Atmosférica (IPA), que será obtenido a partir de una serie de observaciones sobre muestras de líquenes, las cuales se recolectarán en tres puntos o sitios de muestreo, distribuidos en diferentes parques del ámbito territorial del Distrito San Miguel de Lima, Perú.

Así mismo, se espera lograr la cuantificación de los metales pesados por microscopia de barrido ambiental en líquenes del género *Rocella*, para luego establecer las relaciones entre el IPA y la concentración de metales pesados con la intención de proporcionar un análisis integral y relevante sobre la calidad del aire del Distrito San Miguel de Lima, Perú.

Este tipo de valoración constituye una alternativa frente al abanico de posibilidades metodológicas instrumentales para la medición de la calidad del aire (mediciones fijas, mediciones indicativas, y modelización), seleccionándose como método de investigación en el presente estudio, de acuerdo a sus ventajas comparativas, en cuanto a los costos económicos asociados y la gran utilidad de los líquenes como bioindicadores para estudiar los niveles de sustancias contaminantes en el aire y los efectos sobre los ecosistemas (Mares, 2017).

Así mismo, se justifica esta elección en las afirmaciones de Quispe et al. (2013) que refieren a los líquenes como organismos especialmente sensibles a los cambios de la calidad del aire. Según estos autores, los cambios paulatinos o drásticos de los niveles de sustancias contaminantes en el aire perturban la presencia o abundancia de esta especie vegetal, así como sus diferentes procesos fisiológicos, por lo cual se pueden utilizar como bioindicadores, para valorar el efecto ambiental de los cambios en la calidad del aire.

Por último, Ambrosio et al. (2017) señalan que los líquenes representan bioindicadores ideales para la lectura inmediata de la contaminación atmosférica, ya que al absorber sus nutrientes de la atmósfera y no poseer un sistema excretor especializado, tienden a almacenar agentes contaminantes, que causan un efecto adverso en su reproducción, abundancia y número de especies.

De este modo, el presente plan de trabajo de investigación se propone indagar a partir de las experiencias previas empíricas sobre la valoración de la calidad del aire mediante la utilización de líquenes como bioindicadores, tanto a nivel mundial como en el Perú, pero afinando la lupa de investigación sobre el Distrito San Miguel emplazado en el entorno urbano del Departamento de Lima, Perú.

Dado que en esta zona urbana del Perú se encuentra posiblemente aquejada por niveles de contaminación del aire generados sobre todo por el parque automotor, los cuales requieren del desarrollo de estudios que ofrezcan datos e informaciones pertinentes e indispensables para el respectivo monitoreo de la calidad del aire y la toma de decisiones y acciones oportunas por parte de las instituciones rectoras en la protección del medio ambiente.

1.1 Descripción y Formulación del Problema

Rivera (2012) expone que Lima se figura como una de las ciudades con mayores niveles de contaminación atmosférica debido principalmente a la producción de grandes cantidades de

monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, por las unidades de transporte que conforman el parque automotor de transporte público masivo y que todavía funcionan con motor diésel.

Por su parte, Ambrosio et al. (2017) indican que la contaminación atmosférica en el Perú ha ido en aumento de forma acelerada, llegando a niveles que exceden los patrones internacionales que protegen la salud pública, lo cual debe representar un “llamado de atención por parte del gobierno central, municipalidades e instituciones responsables de su cuidado y control” (Rivera, 2012, p.54).

Estas conclusiones son corroboradas desde el ámbito público en el documento titulado “Aire limpio para todos” presentado por el Ministerio de Ambiente del Perú (MAP, 2010) donde se especifica textualmente lo siguiente:

Los problemas de contaminación del aire están concentrados en las grandes ciudades, en especial Lima y Callao, y en lugares con industrias contaminantes, tales como las zonas mineras y pesqueras. En las ciudades, la causa principal de la contaminación es por el parque automotor, de incremento rápido en Lima (55% entre 1990 y 1996), constituido en gran parte por vehículos antiguos. Una solución e iniciativa tomada por el Ministerio de Transporte, es el bono del chatarreo, que pretende ir desalojando el parque automotor por nuevas unidades. (MAP, 2010, p.10)

Una contaminación importante y nociva se produce por el contenido de azufre en el combustible diésel, ampliamente usado, que afecta la salud de las personas y especialmente la de niños y niñas. En el Perú, con excepción del Centro Histórico de Lima, no se

monitorea la calidad del aire y no se toman medidas para implementar un sistema de monitoreo para orientar regulaciones correctivas. (MAP, 2010, p.10)

El Distrito San Miguel no escapa a esta realidad, ya que es uno de los cuarenta y tres (43) distritos que conforman la provincia de Lima, localizada en el departamento de Lima, Perú; y por tanto, se ve aquejado por los problemas descritos en los párrafos anteriores. Este distrito colinda con los distritos aledaños de San Isidro, Magdalena del Mar, Breña y Callao, además con el Centro de Lima y Pueblo Libre, concentrando una población mayoritariamente de carácter urbano.

Así mismo, el Distrito San Miguel concentra un importante núcleo comercial en un mosaico heterogéneo de usos urbanos, bien sea residenciales, educativos, industriales, de equipamiento y de recreación pública (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014). En todos estos usos urbanos existe la emisión de residuos, los cuales contaminan el entorno en el que se desenvuelven los habitantes de este distrito.

Es por ello que resulta idónea la realización de un estudio que se aboque a la medición de la calidad de aire a través de un método confiable, que permita obtener resultados que muestren el comportamiento del fenómeno de la contaminación atmosférica en esta zona urbana del Perú.

Aunado a ello, se busca que este método sea económico y eficaz, pues en la actualidad se realizan monitoreos de la calidad del aire mediante equipos muy costosos. Cabe resaltar que, diversos autores indican que los líquenes como bioindicadores está relacionada con el aspecto económico, ya que es uno de los métodos menos costosos para determinar la calidad del aire, En base a ello, se ha optado el uso de lo líquenes como un método para poder estimar la calidad del

aire; es por ello, que el presente estudio busca ver la relación que existe entre la presencia de líquenes y la calidad de aire en el Distrito de San Miguel, Lima Perú.

Asimismo, los resultados que se obtengan en la presente investigación podrán ser utilizados por los organismos públicos competentes en la materia, para desarrollar acciones que conlleven a una mejora significativa de la calidad del aire en el Distrito San Miguel, a través de mecanismos de monitoreo y control, y campañas educativas que sensibilicen a los habitantes sobre la importancia de preservar un aire limpio.

1.2 Antecedentes

Con el fin de proporcionar sustentación empírica al presente proyecto de investigación, en lo relacionado con los estudios previos que abordan la temática de los bioindicadores para la evaluación de la calidad del aire, tanto a nivel internacional como nacional, se reseñan algunas investigaciones, tomando en cuenta su data y la pertinencia con el problema concreto de estudio.

1.2.1 Antecedentes Internacionales

Una de las experiencias empíricas extranjeras más recientes que se encontró sobre la temática central del estudio es el estudio de Carrero et al. (2019) que se tituló Evaluación de la eficiencia de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en un tramo de la vía Villavicencio –Acacias, y que fue presentado ante la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás, emplazada en Villavicencio, Colombia, cuyo objetivo principal fue

analizar el comportamiento que mostraron los líquenes ante diversos cambios en la calidad del aire en el área de estudio.

La metodología cuantitativa empleada por estos autores se fundamentó en análisis de correlación estadística lineal, específicamente el coeficiente de Pearson, entre cada biotipo de liquen identificado y el Índice de Pureza Atmosférica (IPA), medido en una estación de monitoreo de calidad del aire ubicada en el área de estudio.

Determinándose que existen dos asociaciones significativas entre el biotipo de liquen folioso con el O₃ y el liquen costroso con el PM₁₀, y en relación a los otros biotipos de líquenes y contaminantes atmosféricos, no lograron determinar asociación alguna debido a al porcentaje de probabilidad de error superior al 10%.

Este estudio concluyó que la calidad del aire en el área objeto de estudio es favorable y óptima para los seres vivos, en función de dos resultados principales: (i) La concentración de contaminantes atmosféricos no sobrepasa los niveles máximos permisibles; y (ii) La dominancia en cuanto a cobertura del biotipo de liquen folioso, indica una buena calidad de aire, ya que la presencia de este organismo es habitual en zonas no contaminadas, sirviendo esto como bioindicador.

Otro trabajo de investigación presentado por Filippini (2018) en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, se tituló Bases para un sistema de monitoreo de calidad de aire con bioindicadores en áreas bajo diferentes usos de suelo, y se abocó al estudio de las comunidades de líquenes en dos sistemas muy disímiles: (i) El bosque, como un ambiente natural; y (ii) La trama

urbana, categorizada por un mosaico heterogéneo de usos urbanos del sureste de la provincia de Córdoba.

Este autor encontró resultados bien particulares, para ambos espacios; ya que en los bosques intervenidos, detectó que la cobertura total de líquenes disminuyó notablemente como consecuencia del impacto de la actividad ganadera intensiva; así como también, se redujo la diversidad de especies nitrófilas que presentan una gran tolerancia al amoníaco atmosférico.

No obstante, la presencia de la ganadería extensiva en estas áreas boscosas incrementó la diversidad total y de especies nitrófilas y produjo a su vez, el descenso de la diversidad de cianolíquenes. Mientras que en el bosque nativo, sin exposición a la actividad antrópica, la cobertura de diversas especies oligotrófilas sensibles al nitrógeno aumentaron con mayor proporción.

En los ambientes urbanos, la cobertura total de líquenes descendió notablemente con la presencia de la agricultura y las industrias; en sentido contrapuesto, al comportamiento de la diversidad total, la frecuencia y la diversificación de las especies nitrófilas, y el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) que aumentaron con mayor proporción en las zonas verdes urbanas como cortinas, grandes parques y forestaciones implantadas.

Por su parte, Acevedo et al. (2018) presentaron un proyecto de grado ante la Universidad Autónoma de Occidente en Santiago de Cali, Colombia, que llevó por título Líquenes como Bioindicadores de la calidad del aire y se focalizó en el reconocimiento y determinación de los cambios ambientales, concretamente de la biota, bien sea introducida de forma natural o artificial, para estimar la calidad del aire.

Los autores concluyeron que la evaluación de la calidad del aire a partir de los líquenes como bioindicadores, representa un método económico y eficaz, que proporciona resultados bien sean positivos o negativos, los cuales sirven como datos relevantes para la generación oportuna de propuestas de intervención ambiental, que puedan disminuir o mitigar la generación de problemas relacionados con la calidad del aire y la salubridad de la comunidad.

También se puede citar el estudio de Mares (2017) titulado Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire, el cual fue presentado ante la Universidad Complutense de España y estuvo orientado a la revisión documental de publicaciones científicas con el objeto de recopilar, analizar y comparar los datos e informaciones producidos en lo referente a: “el fundamento, metodología y utilidad del uso de los líquenes como bioindicadores de calidad del aire, centrándose en la información que aportan las variaciones en su ecofisiología y biodiversidad sobre la contaminación del mismo” (Mares, 2017, p.9).

En este sentido, la metodología utilizada por Mares (2017) se corresponde con una investigación teórica – documental, que le permitió concluir que existe “un número muy elevado de trabajos científicos que analizan los efectos del dióxido de azufre, compuestos nitrogenados, ozono, metales pesados y otros contaminantes atmosféricos sobre la morfología y fisiología de los líquenes” (Mares, 2017, p.10).

Mares (2017) afirma que las investigaciones revisadas muestran que los líquenes se han utilizado como bioindicadores a partir de métodos cualitativos y cuantitativos; los primeros abordan generalmente la observación de cambios en cuanto a la ausencia o presencia y distribución espacial de las poblaciones de líquenes, así como también, variaciones en su morfología. Mientras

que los segundos, utilizan medidas cuantitativas como variaciones en su contenido químico y procesos fisiológicos para estimar la contaminación del aire.

En definitiva, Mares (2017) apunta a la gran utilidad de los líquenes para el análisis de la contaminación atmosférica, ya que representan organismos con una alta sensibilidad a muchos de los contaminantes aéreos, entre estos: Ozono (O₃), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂) y metales pesados; configurándose como un recurso fiable para la evaluación de la contaminación del aire.

Por último, se cita el estudio elaborado por Cohn-Berger et al. (2016) sobre los Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala tuvo como propósito fundamental categorizar los niveles de contaminación aérea por medio del Índice de Pureza Atmosférica (IPA) y relacionar este resultado con los datos de distribución y tamaño de cobertura de cada especie de líquen seleccionada para el estudio, así mismo desarrolló el Factor de Clasificación Ambiental (ECF) y el cambio en la diversidad de los líquenes en árboles de Jacaranda, en 32 puntos muestrales del corredor metropolitano en la ciudad de Guatemala.

De los resultados obtenidos en la investigación de Cohn-Berger et al. (2016), se reseña que 16 familias de 23 géneros y 65 especies de líquenes mostraron evidencias de un aumento alarmante de los niveles de IPA, de 4.5 a 25.5, y un comportamiento homogéneo en cuanto a los índices de contaminación a lo largo del corredor metropolitano. Este aumento significativo de sustancias tóxicas en la atmósfera de la ciudad de Guatemala ha causado un desmejoramiento progresivo de la calidad del aire.

Por ende, Cohn-Berger et al. (2016) recomiendan incorporar un sistema de monitoreo ambiental atmosférico que sea accesible y económico, y que permita además determinar a corto plazo, las diferentes zonas de la ciudad de Guatemala que presentan los mayores índices de contaminación atmosférica, para incentivar a los organismos competentes a tomar las medidas necesarias para el control de este problema ambiental. Otra conclusión importante de esta investigación gira en torno a la propuesta de diez (10) especies foliosas de líquenes para ser manejadas como bioindicadoras de la contaminación aérea.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

Entre las investigaciones nacionales que se han ocupado del tema de los líquenes como bioindicadores para la medición de la calidad del aire, se puede referir primeramente la investigación de Mendoza (2018), que tiene por título: Evaluación de la calidad del aire empleando líquenes como indicadores en la ciudad de Chachapoyas, Amazonas, 2017, y que se orientó principalmente al estudio de calidad del aire empleando líquenes como bioindicadores.

En este caso, el autor realizó colectas de muestras de líquenes en 36 puntos muestrales, distribuidos en seis sectores; y en forma paralela también colectó la corteza de dos forofitos por sector, para la respectiva medición de su pH, y la temperatura y humedad del medio. Todo esto con el propósito de correlacionar la diversidad de líquenes y el Índice de Pureza Atmosférica Modificado (IPAM) con las variables ambientales y las especies de forofitos.

Los resultados obtenidos de esta investigación experimental muestran que el pH de la corteza de las especies de forofito, la humedad y la temperatura del medio no se correlacionaron fuertemente con la diversidad líquénica. Adicionalmente, se estudió la distribución espacial de la contaminación atmosférica en esta área urbana, a través de la generación digital de mapas de isocontaminación, con la herramienta de interpolación conocida como Kriging, y disponible en el programa ArcGis, encontrándose evidencias de que el sector del centro de la ciudad de Chachapoyas es el más contaminado, especialmente por SO^2 .

Otra investigación que se puede citar es el estudio elaborado y presentado por Villamar (2018) en la Universidad Nacional del Antiplano, con la finalidad de analizar la relación existente entre la calidad del aire y la diversidad de líquenes presentes en un área urbana, concretamente en la ciudad de Puno, Perú.

Es así que este autor, Villamar (2018) evaluó la calidad de aire mediante el Índice de Pureza Ambiental, a partir de muestras de especies de líquenes recolectadas en ocho puntos de evaluación, “donde se utilizó una grilla liquenológica de 10x50 cm. dividido en 20 cuadros de 5 cm. trazando cuadrantes imaginarios en el área de interés de la investigación, cada árbol (forofito) tiene una distancia mínima de 250cm (0,25 x 0,25)” (Villamar, 2018, p.11). Así mismo, evaluó la capacidad de absorción de metales pesados del liquen *Xanthoparmelia* sp, para lo cual trasplantó muestras de este liquen, del Bosque Las Magnolias a la Avenida El Ejército, que luego fueron sometidas a la prueba por ICP-Espectrofotómetro de omisión óptica.

Los resultados obtenidos por Villamar (2018) se pueden discriminar en dos partes, en función de los objetivos de su investigación; la primera parte hace alusión al Índice de Pureza Ambiental, que se categorizó de la siguiente manera:

- *Clasificación I - Contaminación muy alta:* Se detectó en las zonas identificadas como Avenida El Ejército (59.72 de IPA) y el cementerio Laykakota (16.23 de IPA).
- *Clasificación II – Contaminación alta:* En la Avenida Aviación (60.55 de IPA).
- *Clasificación III – Contaminación media:* La carretera antigua de Chucuito (124 de IPA); el Barco Centro de Investigación de Chucuito (281.53 de IPA); Salcedo-INIA (185 de IPA); Jr. Manuel Acosta (107.8 de IPA).
- *Clasificación IV – Sin contaminación:* Bosque las Magnolias (732.6 de IPA).

Además, también concluye que “no existe diferencias significativas para la riqueza líquénica en las diferentes zonas de la ciudad de Puno. También no hay mayor abundancia de líquenes en relación a las zonas con mejor calidad el aire” (Villamar, 2018, p.11).

La segunda parte tiene que ver con el análisis de metales pesados de las muestras del líquen *Xanthoparmelia* sp., encontrando una media promedio de 28,2 ppm en los forofitos analizados de la Av. el Ejército, lo cual le permitió a Villamar (2018) determinar la existencia de bioacumulación de plomo, y corroborar la utilidad del líquen foliáceo *Xanthoparmelia* sp, como bioindicador del plomo en el diagnóstico de la calidad atmosférica.

Dentro de la misma línea de investigación y base fundamental para este proyecto se encuentra el trabajo de los autores López y Naydu titulado: “Calidad del aire mediante la

Liquenobiota Saxícolas en la Zona Arqueológica de Teatino-Reserva Nacional Lomas de Lachay, Huacho-Lima-Perú, 2017”, mismo que fue desarrollado en la zona Arqueológica de Teatino-Reserva Nacional Lomas de Lachay, cuya ubicación es en el Distrito de Huacho, Provincia de Huaura, Departamento de Lima. La finalidad del estudio fue el evaluar la calidad del aire mediante la liquenobiota saxícola en la zona Arqueológica de Teatino-Reserva Nacional Lomas de Lachay, la realización se fundamentó en el análisis de campo y laboratorio experimental a través de la Microscopía Electrónica de Barrido ambiental (MEBA), registrando muestras de líquenes de la especie *Parmotrema andinum*; que fueron expuestos en los resultados de la presente investigación.

Después de ser analizadas minuciosamente del evidenciando la presencia de metales pesados acumulados en los líquenes, esos materiales fueron: Aluminio (Al), Hierro (Fe), Bario (Ba), Titanio (Ti), y Azufre (S) valores en tabla expresados en ppm (partes por millón) siendo este último un elemento altamente toxico; es de hacer mención que los resultados no fueron los esperados en la investigación, esto debido a que los metales y elementos no son parte de la emanación gaseosa de vehículos que circulan por la zona de estudio, sin embargo no se desechó dentro del proyecto de campo la capacidad de absorción del liquen porque fueron encontrados en la toma de muestra y posterior análisis de laboratorio concentraciones máximas para la zona Teatino 2 (zona contaminada que fue caso estudio) y Habich (zona de alto tránsito vehicular).

Adicionalmente dentro de los parámetros establecidos en toda investigación se estableció y correlacionó las siguientes variables: orientación, inclinación, altitud y distancia al mar, para determinando así cómo influyen en el crecimiento y desarrollo del liquen, y la influencia en variable Tamaño-Altitud solamente aplicado para la Zona Teatino 1.

Otro estudio nacional muy pertinente como experiencia empírica previa es el trabajo de grado presentado por Ambrosio et al. (2017) ante la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, en el que se evaluó la utilización de líquenes, como bioindicadores para la estimación de la contaminación atmosférica, de origen vehicular en tres zonas del distrito de Cajamarca, Perú. Para la consecución de los objetivos de la investigación, Ambrosio et al. (2017) desarrollaron una metodología cuantitativa, fundamentada en el análisis de la varianza de los indicadores bajo estudio, a través del software estadístico *InfoStat. Versión estudiantil.2016*.

Logrando determinar diferencias significativas de los indicadores para los tres lugares de estudio, las cuales estuvieron influenciadas por el nivel de flujo vehicular de cada zona urbana, comprobándose una vez más, que los líquenes son excelentes bioindicadores de la contaminación atmosférica, generada por la emisión de gases contaminantes del parque automotor urbano.

Siguiendo el orden cronológico, Huamán (2016) efectuó una investigación titulada *Diversidad de líquenes cortícolas y calidad de aire en el distrito de Huancayo*, presentada ante la Universidad Nacional del Centro del Perú, cuyo objetivo principal se centró en la determinación de la relación entre la diversidad de líquenes cortícolas y la calidad de aire en la zona urbana del distrito de Huancayo, Perú.

La metodología desarrollada por Huamán (2016) fue de tipo básica y aplicada, bajo un nivel descriptivo correlacional, en el que la población se conformó por 26 parques, y a través de un muestreo no probabilístico intencional, se escogieron 4 parques para la composición de la muestra, estos fueron: Cerrito de la Libertad, Parque de la Identidad Huanca, Constitución y La Ribera.

En los parques mencionados, el autor estimó la riqueza y abundancia de líquenes cortícolas mediante el Índice de Shannon y calculó la concentración de emisiones (NO_2 , SO_2 y CO) presentes en la atmósfera, para luego comparar los valores obtenidos con los “Estándares de calidad ambiental” (ECA).

Para el análisis correlacional se utilizó el Índice de Pearson (r), que arrojó como resultado una correlación directamente proporcional entre las especies *Caloplaca Pyracea* (Ach.) Th.Fr. y *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) y la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2). Así como también, una correlación inversamente proporcional entre la especie *Physcia stellaris* (L.) Nyl y la concentración de dióxido de azufre (SO_2). Llegando a la conclusión general, de que existe una correlación entre la diversidad de líquenes cortícolas y la calidad de aire, pero la misma no es estadísticamente significativa.

En último lugar, Quispe et al. (2013) llevó a cabo una investigación titulada *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María, Perú*, la cual abordó las áreas urbanas de la ciudad de Tingo María aquejadas por una elevada contaminación atmosférica como consecuencia de un parque automotor desactualizado en cuanto al uso de combustibles no contaminantes.

Es así, que estos autores determinaron un Índice de Pureza Atmosférica (IPA), para cada zona de monitoreo, y desarrollaron un método de cartografía de líquenes, a lo largo del Jirón Huánuco y las avenidas Amazonas, Ucayali, Alameda Perú y Raimondi de la ciudad de Tingo María, con el objeto de evaluar la presencia o ausencia de líquenes, tomando como punto de

partida, que estos organismos actúan como bioindicadores de la calidad del aire, a través de su frecuencia y abundancia.

Los resultados que obtuvieron de la aplicación del procedimiento metodológico, les permitió concluir que sólo para la zona urbana identificada como Z1, los niveles de contaminación atmosférica fueron bajos o sin contaminación, mientras que, para el resto de las zonas urbanas monitoreadas, los niveles de contaminación fueron moderados, lo cual está estrechamente relacionado con las tasas de flujos vehiculares.

En una publicación científica de la Universidad Nacional de San Marcos, se encuentra el referente *Línea de Base Liquélica para monitorear la calidad del aire en el parque El Olívar, San Isidro, Lima*, cuyos autores son Ramírez et al. (2013). La misma resaltó el comportamiento de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire, en virtud de su capacidad para recabar las partículas de plomo provenientes de las emisiones de los vehículos circundantes al parque El Olívar de la región de San Isidro.

En efecto, en dicha zona existe la prevalencia de la especie arbórea Olívar, el mismo que sirve como ecosistema al tipo de líquen Roccella y cuya cantidad y cobertura, fue registrado y analizado para con ello, calcular el Índice de Pureza Ambiental, el cual, no superó el valor de 6,5. Consecuentemente, las muestras líquénicas presentaron una ingente concentración de Plomo, en consistencia con los resultados advertidos en el IPA, en tal sentido que, los autores concluyeron sobre la efectividad del empleo del biotipo de líquen, para estimar la calidad del aire en una zona específica de evaluación.

Todas las investigaciones reseñadas en los párrafos anteriores son una muestra de la pertinencia del presente proyecto de investigación, y además dan cuenta, de la utilidad de los líquenes como bioindicadores para la evaluación de la calidad del aire en diferentes contextos, naturales y urbanos, y bajo diferentes formas de abordar el problema concreto de la investigación.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la relación que existe entre la presencia de líquenes y la calidad de aire en el Distrito de San Miguel, Lima Perú.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las especies de líquenes presentes en el árbol de la especie *Spathodea campanulata* en el parque más representativo de bajo, medio y alto tránsito vehicular del Distrito de San Miguel.
- Calcular el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) para el parque más representativo de bajo, medio y alto tránsito vehicular del Distrito de San Miguel.
- Determinar la presencia de metales pesados en el liquen del género *Roccella* del parque más representativo de bajo, medio y alto tránsito vehicular del Distrito de San Miguel.
- Relacionar el IPA y la concentración de metales pesados para los parques seleccionados del Distrito de San Miguel.

1.4 Justificación

En base a los resultados obtenidos por la Unidad de Desarrollo Sostenible Región de América Latina y el Caribe del Banco Mundial (2007) se puede argumentar que la contaminación atmosférica de las ciudades peruanas es uno de los problemas ambientales que enfrenta el gobierno peruano, pues según los datos proporcionados por este análisis ambiental elaborado en el año 2007 se estimó que la mala calidad del aire es la causa de aproximadamente 3900 muertes de personas al año en las ciudades del Perú.

Esta situación es reportada también por Quispe, et al. (2013) para la ciudad de Tingo María, al igual que los investigadores Ambrosio et al. (2017) para el Distrito de Cajamarca y Villamar (2018) para la ciudad de Puno, quienes aseveran además que la causa principal de la contaminación del aire es el parque automotor, el cual origina emisiones de gases tóxicos, que al incorporarse a la atmósfera ocasionan efectos globales como el efecto invernadero, y consecuencias locales, como problemas de salud en los habitantes de estas urbes peruanas.

Más recientemente, en el año 2019, Elliot Tarazona, representante de la Asociación Automotriz del Perú (2019), rindió declaraciones en *el 12° Foro y Exhibiciones de Estaciones de Servicio 2019*, en las que expresó que a nivel general en el Perú, el parque automotor es escaso y antiguo, lo que genera un elevado consumo de combustible fósil y una mayor contaminación ambiental en las ciudades con más habitantes y tráfico vehicular.

Esta situación de contaminación atmosférica que condiciona el entorno urbano del Perú amerita ser atendido desde diferentes focos, tanto desde la gestión administrativa y reguladora de

los entes rectores, como desde la universidad, a través de investigaciones científicas que aporten datos certeros y recientes sobre la situación de la calidad del aire para las distintas urbes del Perú.

Por esta razón, el presente proyecto de investigación plantea abordar la evaluación de la contaminación atmosférica del Distrito San Miguel, que forma parte del área urbana de Lima, Perú, y en el que se desarrollan usos urbanos, predominantemente comerciales y residenciales; esto con el fin primordial de analizar la calidad del aire con el uso de líquenes como bioindicadores, a través del Índice de Pureza Atmosférica (IPA) y de la concentración de metales pesados por microscopía del barrido ambiental.

Los resultados que se obtengan de la investigación no solo alimentarán la línea de investigación ambiental, sino que además proporcionaran datos e informaciones relevantes sobre la calidad del aire del Distrito San Miguel, que podrán ser utilizados por los entes rectores en materia de monitoreo y regulación ambiental.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

Existe relación entre la presencia de líquenes y la calidad del aire en el Distrito de San Miguel, Lima Perú mediante el uso de métodos como el Índice de Pureza Atmosférica y Barrido Ambiental.

1.5.2 Hipótesis Específicas

Hipótesis específica 1

La cantidad y distribución de especies de líquenes en el árbol de la especie *Spathodea campanulata* es afectada por el nivel de tránsito vehicular de los parques del Distrito de San Miguel.

Hipótesis específica 2

El Índice de Pureza Atmosférica (IPA) es una buena herramienta para medir la calidad del aire en los parques seleccionados del Distrito de San Miguel.

Hipótesis específica 3

La mayor presencia de metales pesados en el liquen del género *Roccella* se relaciona con un mayor tránsito vehicular en los parques seleccionados del Distrito de San Miguel.

Hipótesis específica 4

La mejor calidad del aire se corresponde con un mayor Índice de Pureza Atmosférica (IPA) y una menor concentración de metales pesados en los parques seleccionados del Distrito de San Miguel.

II. MARCO TEÓRICO

Este apartado se dedica al desarrollo de los referentes teóricos que sirven de sustento científico para las variables principales de la investigación y, por ende, se estructura en diversos ítems que abordan los aspectos temáticos principales relacionados con los líquenes como bioindicadores para la valoración ambiental de la atmósfera y la contaminación del aire como tal.

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 Líquenes

La concepción más elemental sobre los líquenes, proviene de su origen etimológico, del latín *lichen*, término que traduce al español como “chupar” o “succionar”, según Itali (2007), este grupo de organismos conocido ampliamente como líquenes, es definido por la Asociación Internacional de Liquenología (IAL) como "una asociación estable de un hongo y un simbionte fotosintético del que resulta un talo estable con una estructura específica" (Itali, 2007, p. 2).

Siguiendo las líneas taxonómicas referidas por Itali (2007) se puede referir que los líquenes no representan un grupo natural como tal, sino biológico; y se le clasifica dentro del reino *Fungi*, porque son considerados hongos (micobiontes) asociados con algas (holobiontes). En esta asociación biológica, los hongos, se encargan de conformar la estructura talina o cuerpo vegetativo, mientras que las algas, son los constituyentes fotosintetizadores, es decir, se encargan de la fotosíntesis.

Al respecto, el investigador liquenólogo Theler considera que un liquen no se trata de un organismo único, sino que representan diminutos ecosistemas simbióticos, donde las algas producen y los hongos consumen (Italí, 2007). “Constituyen un caso llamativo de hongo, pues no tiene raíces, flores ni hojas; toman el agua y los nutrientes directamente de la atmósfera y también los contaminantes allí presentes” (Méndez et al., 2011).

Entre las diversas características que se detallan en la literatura académica sobre los organismos reconocidos como líquenes se considera oportuno precisar algunas referencias teóricas sobre el simbiote, el talo liquénico, su reproducción, ecología y su utilización, a fin de proporcionar el debido sustento teórico a las dimensiones ontológica y epistemológica del estudio.

2.1.1.1 Simbiote.

De acuerdo a Fernández (2017) las primeras ideas sobre la simbiosis datan del trabajo de Simon Schwender (1829-1919), Antón de Bary (1831-1888) y Albert Frank (1839-1900), quienes tomaron a los líquenes como organismos biológicos para la investigación científica. Actualmente, se considera que en los líquenes la simbiosis ocurre cuando el hongo toma de nutrientes desde el alga (Méndez et al., 2011).

Es así que el hongo obtiene su alimento gracias a las sustancias que son sintetizadas por el alga mediante la fotosíntesis, mientras que el alga consigue del hongo, la provisión necesaria de humedad, debido a su mayor capacidad de absorción de agua, que le evita la desecación. Esta simbiosis particular entre el hongo y el alga, les permite como un liquen, colonizar ecosistemas con climas extremos (Fernández, 2017).

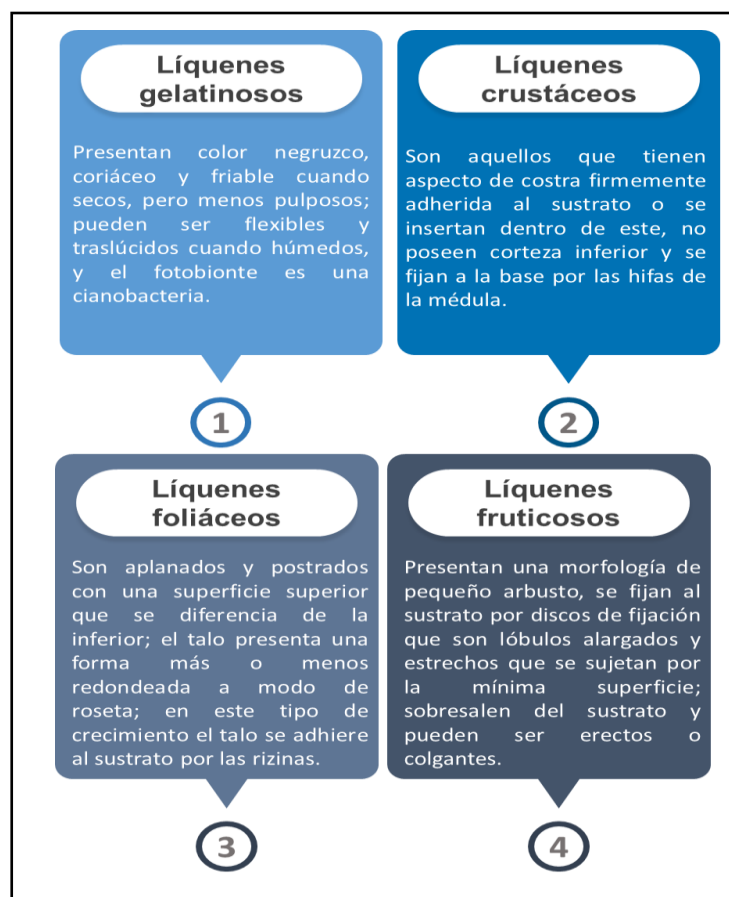
2.1.1.2 *Morfología de talo en el simbiote liquénico.*

En la literatura académica se reseña que en función del tipo de talo que se desarrolla en los líquenes se pueden reconocer una diversidad de relaciones que se establecen en el simbiote (Fernández, 2017); cuestión que sirve como criterio para un modelo de categorización de los líquenes de acuerdo a la morfología de su talo en: Líquenes crustáceos, foliáceos, fruticulosos, escuamulosos, compuestos, gelatinosos, y leprarioides (Fernández, 2017).

Al respecto, Coutiño y Montañez (2000 citados por Vaillant, 2014) clasifican a los líquenes “en cuatro grupos fundamentales: gelatinosos, crustáceos, foliáceos y fruticosos” (p. 52), discriminándolos a grandes rasgos de acuerdo a la forma, color, flexibilidad y adherencia del talo desarrollado en el liquen (Ver figura 1). Lo expuesto en las líneas precedentes deja entrever la complejidad y diversidad de la clasificación de los líquenes que toma como punto de partida la morfología del tallo.

Figura 1.

Categorización de los líquenes en función del talo desarrollado



Nota. Elaboración propia

De las categorías de líquenes descritas brevemente en la figura 1, Fernández (2017) asevera que los líquenes más representativos en los estudios empíricos son tres: Crustáceos, foliáceos y fruticulosos; los cuales se amplían un poco más en las líneas siguientes:

- **Talo Crustáceo.** Entre las características más resaltantes del talo crustáceo, se puede referir que son talos con organización, tanto homómera como heterómera, y crecen fuertemente

unidos al sustrato. Además, pueden sobrevivir en ambientes muy extremos y en superficies rocosas expuestas (Fernández, 2017).

Este tipo de líquenes crustáceos, presentan diversa morfología, ya que existen especies con márgenes no limitados, que apenas se diferencian del sustrato, y líquenes con bordes bien delimitados, que se diferencian claramente del medio. También se encuentran especies con talos lobulados radialmente y con bordes laxamente unidos al sustrato; los individuos con talos areolados, que poseen una división en su cara superior con numerosos surcos que delimitan areolas. Por último, el talo más complejo dentro de los líquenes crustáceos es el llamado escamoso, donde las areolas crecen hasta llegar a separarse parcialmente del sustrato (Fernández, 2017).

- **Talo Folioso.** Los líquenes que presentan talos foliosos se fijan al sustrato por medio de unos cordones especiales de hifas llamadas ricinas, pudiendo parcialmente despegarse de este. Adicionalmente, pueden presentar una distribución homómera o heterómera, en forma aplanada y lobulada (Fernández, 2017).

- **Talo Fruticoloso.** El talo de los líquenes fruticulosos es alargado, cilíndrico o muy estrecho, presentando por lo general un único punto de unión al sustrato. Estos líquenes pueden crecer en forma apical o intercalar, ramificándose, a veces muy profusamente. En el caso de los líquenes homómeros, pueden ser macizos o huecos, mientras que los heterómeros son aplanados (Fernández, 2017).

- **Talo Heteromórficos.** Son los líquenes que desarrollan dos tipos de morfología en su talo, pudiendo ser fruticoloso - crustáceo o folioso-escamosa, dimórficos, etc. En estos

líquenes se diferencia un talo horizontal o talo primario adherido al sustrato, y otro vertical o secundario, portador de los cuerpos fructíferos (Fernández, 2017, p. 7).

2.1.1.3 *Reproducción de los Líquenes*

Según Fernández (2017) la reproducción en los líquenes es asexual y se realiza entre porciones de talo y representantes de los dos biontes, o a partir de estructuras especializadas llamadas soledios e isidios. Por su parte, el hongo puede reproducirse asexual y sexualmente, según sean las características propias del grupo al que pertenece.

En este sentido, sexualmente son capaces de diseminarse en busca de un alga a la que asociarse, y asexualmente, también pueden desarrollar estructuras reproductoras asexuales y reproducirse por su cuenta, en espera de encontrar el alga (Chlorophyta) o la cianobacteria (Cyanophyta) adecuada con la que asociarse (Fernández, 2017).

2.1.1.4 *Ecología y Utilización de los Líquenes.*

En cuanto a la colonización, estos organismos son colonizadores primarios en casi todos los ecosistemas conocidos, gracias a su capacidad de adaptación a medios con escasos nutrientes, siendo posible encontrar líquenes en medios extremadamente hostiles para la vida, como zonas polares o desérticas (Fernández, 2017).

Debido a su carácter colonizador, tienen un rol fundamental en la naturaleza, ejemplo de esto ocurre en muchos ecosistemas rocosos, donde los líquenes inician la degradación superficial

de las rocas, la acumulación de polvo y la formación de un sustrato apto para que se establezcan otros organismos como musgos y plantas vasculares, y luego pequeños organismos invertebrados y vertebrados (Chávez, 2017). Otra cuestión relevante, es su capacidad para fijar el nitrógeno de la atmósfera, y proporcionárselo al suelo, forman parte del ciclo del nitrógeno en los ecosistemas (Fernández, 2017).

De acuerdo a Fernández (2017), los usos de los líquenes son múltiples y variados, entre los que resalta su utilidad como indicador biológico para la calidad del aire, pues absorben del aire sus nutrientes, y son extremadamente sensibles a las impurezas que puedan estar presentes en la atmósfera, un ejemplo, es su susceptibilidad a la presencia de dióxido de azufre y cobre.

2.1.2 Bioindicadores

García (2019) afirma que los indicadores biológicos o como se reconocen comúnmente en la bibliografía referente, los bioindicadores se corresponden con organismos vivos que, por sus características biológicas intrínsecas, son sensibles a la presencia de contaminantes o tóxicos en su entorno natural inmediato, y por ende se utilizan para estimar la calidad del ambiente donde viven.

Estos bioindicadores pueden ser desde pequeñas algas hasta grandes mamíferos, bajo el entendido de que todos los seres vivos presentan sensibilidad a la contaminación, sobre todo a algunas sustancias tóxicas, como los metales pesados, las partículas, el dióxido de carbono, el dióxido de azufre, entre otros (Chávez, 2017).

Este nivel de sensibilidad dependerá de factores internos de los organismos biológicos, tales como procesos fisiológicos y su capacidad de adaptación al medio o entorno (Mares, 2017). No obstante, para los análisis de calidad ambiental comúnmente se utilizan organismos de pequeño tamaño y de fácil recogida, como algas, insectos, moluscos, pequeños crustáceos o plantas (García, 2019).

Por esta razón, los bioindicadores representan una alternativa rápida y eficaz para medir la contaminación ambiental, frente a métodos más exigentes y costosos, siempre y cuando se cumpla con procesos metodológicos rigurosos para la recogida de las muestras biológicas, y se analice de forma minuciosa las características de los organismos y su relación con el impacto de la contaminación.

2.1.3 *Líquenes como Bioindicadores*

De acuerdo a los autores Bosch et al. (2013), para que un organismo pueda ser reconocido como bioindicador, debe responder a la contaminación ambiental con alteraciones en sus funciones vitales o con la acumulación en sus tejidos de las sustancias contaminantes, para que de esta manera pueda proporcionar información sobre la degradación del medio en el que se encuentra.

Un ejemplo de buenos organismos bioindicadores utilizados para la evaluación de la calidad ambiental, son los líquenes, debido principalmente a que toman sus nutrientes de la atmósfera y al no poseer un sistema especializado de excreción, conservan en su interior los contaminantes absorbidos del aire, que se acumulan en sus tejidos hasta eventualmente superar el

nivel de concentración tolerado, y causar la muerte de este organismo (Gabriele citado por Bosch et al, 2013).

De esta manera, los líquenes presentan una elevada capacidad para absorber contaminantes del aire como los metales pesados, dióxido de carbono, dióxido de azufre, entre otros, y por consiguiente, se utilizan para la detección de niveles de contaminación ambiental, concretamente la contaminación atmosférica. Aunado a las características propias de los líquenes, se le suma su distribución espacial mundial, su escasa movilidad y su largo ciclo vital lo cual facilita significativamente el levantamiento de las muestras biológicas y la realización de estudios para diferentes momentos temporales, conocidos como monitoreos ambientales (Cohn-Berger et al., 2016).

2.1.3.1 *Importancia de los Líquenes como Bioindicadores*

La importancia de los líquenes como bioindicadores radica en sus características únicas que les confieren un papel clave para la evaluación de la contaminación ambiental, en comparación con otros organismos que pueden ser utilizados para el mismo fin, es decir, para obtener información “sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio, siendo utilizadas sobre todo para determinar el gas contaminante predominante en la atmósfera o que grado de contaminación presenta la atmósfera (Ribera et al, 2012).

Según Ribera et al. (2012) los líquenes son importantes bioindicadores ya que son organismos sensibles a las diferentes concentraciones de contaminantes en la atmósfera, llegando

a resistir la contaminación hasta niveles que determinan daños irreversibles o su desaparición; por ende, en aquellos sitios con altos niveles de contaminación sólo se encontraran las especies de líquenes más resistentes.

Otra ventaja de los líquenes como bioindicadores está relacionada con el aspecto económico, ya que es uno de los métodos menos costosos para determinar la calidad del aire, en vista de que se trata de organismos vivos que ya habitan el lugar estudiado o que pueden ser trasplantados, para luego ser analizados, sin generar un costo excesivo en cuanto a instrumentación se refiere.

Así mismo, Ribera et al. (2012) advierten que otra gran ventaja de los líquenes como bioindicadores se refiere al hecho de que:

Continuamente están en su hábitat, cosa que un equipo de medición no hace (pues toman las muestras de aire de forma periódica), por lo que si en algún instante, por muy corto que sea, tiene lugar algún hecho que pueda afectar al medio ambiente, los indicadores biológicos lo detectarán, mientras que probablemente los equipos de análisis no estarían operativos y no lo detectarían. (Ribera et al., 2012, p. 35).

Finalmente, en el artículo de Ribera et al. (2012) se exponen una serie de razones que argumentan la importancia de los líquenes como bioindicadores y que respaldan la expansión de su uso como método exitoso para la estimación de la contaminación atmosférica. Estas razones se citan textualmente a continuación:

- “Son organismos vivos. Eso quiere decir que sus respuestas nos indican directamente si se está produciendo algún daño sobre los seres vivos” (Ribera et al., 2012, p. 35).

- “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” (Ribera et al., 2012, p. 36).
- “No poseen una cutícula protectora y absorben nutrientes y contaminantes a través de gran parte de su superficie” (Ribera et al., 2012, p. 36).
- “Su naturaleza simbiótica, ya que, si cualquiera de los simbioses se ve afectado por algo, ambos organismos mueren” (Ribera et al., 2012, p. 36).
- “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” (Ribera et al., 2012, p. 36).
- “Son organismos perennes que pueden ser muestreados durante todo el año” (Ribera et al., 2012, p. 36).

2.1.3.2 *Líquenes y la Detección de Metales Pesados.*

Según Vásquez (2015), los metales pesados son elementos químicos altamente tóxicos para el medio ambiente y para la vida humana, cuya condición más agravante es que no pueden ser degradados ni química ni biológicamente, y por tanto persisten en la naturaleza.

Bosch et al. (2013) exponen que:

El Cd es uno de los metales pesados más tóxicos ya que puede producir daño en pulmones, riñones, sistema nervioso central, sistema inmune e infertilidad, pudiendo dañar el ADN y desarrollar cáncer e incluso provocar la muerte. El Cu puede dañar

el hígado y los riñones e incluso causar la muerte. El Mo es altamente tóxico produciendo disfunción hepática, deformidades en articulaciones, irritación ojos y piel, etc. el Sb puede producir enfermedades pulmonares, problemas digestivos y de corazón. (Bosch et al. 2013, p.35)

Los líquenes tienen la capacidad de captar los metales pesados de la atmósfera y pueden acumularlos en sus espacios intercelulares; según Méndez et al. (2011) “son muchos los metales que se han estudiado en las células de los líquenes: Al, As, B, Cd, Ca, Cr, Cu, Fe” (Méndez et al., 2011, p.54); dando cuenta de la enorme utilidad que tienen estos organismos simbióticos como biomonitores, es decir, bioindicadores y bioacumuladores.

En este orden de ideas, los líquenes han sido utilizados ampliamente para medir la calidad atmosférica, como bioindicadores, cuando se analiza sus “síntomas particulares como respuesta a los cambios ambientales” (Méndez et al., 2011, p.64), y también como bioacumuladores “cuando por medio de ellos, se logran medir químicamente las sustancias acumuladas en sus tejidos” (Méndez et al., 2011, p.64).

En el caso particular de la medición de los metales pesados se utilizan los líquenes como bioacumuladores, bajo la premisa de que el método a aplicar para la medición, arrojará como resultado la cantidad o concentración de metales pesados acumulados en este organismo, bien sea, en un corto periodo de tiempo, o en un lapso temporal largo; todo dependerá de la capacidad de la especie liquénica para resistir los daños ocasionados por la presencia de metales pesados en su estructura celular.

2.1.4 Contaminación del Aire

La atmosfera se compone de gases como el oxígeno, nitrógeno y argón; sin embargo, la emisión de sustancias tóxicas por las diferentes actividades que desarrolla el ser humano, desde hace mucho tiempo, han generado la acumulación de gases extraños a la composición atmosférica. Tal es el caso del monóxido de carbono y dióxido de carbono, que son considerados unos de los principales agentes de contaminación atmosférica, y más recientemente, el *black carbón* u hollín, que torna el aire de una tonalidad gris (Toro, 2019).

También existen sustancias tóxicas que están asociados a otros compuestos denominados orgánicos volátiles, que contaminan el aire y se identifican con olores fuertes que provienen del benceno y tolueno (Toro, 2019); los cuales generan daños a la salud de las personas que se exponen a este tipo de contaminación, en especial problemas de índole respiratorio, que de ser agudos pueden transformarse en un problema crónico cuando la exposición es prolongada.

2.1.5 La calidad del Aire

La atmósfera representa la envoltura gaseosa del planeta Tierra, con un espesor aproximado de 200 kilómetros envuelve al planeta protegiéndolo de las radiaciones extraterrestres y proporcionando gases vitales para la vida, como el oxígeno (Troposfera, 2015). Esta capa gaseosa es un medio continuo a través del cual son transportados y dispersados muchos gases y partículas, entre estas sustancias tóxicas y contaminantes, que se trasladan alrededor de todo el planeta gracias al movimiento del aire, que se produce a escala planetaria, regional y local.

Una vez en la atmósfera, la persistencia de estos contaminantes dependerá de diversos factores, que pueden ser meteorológicos, como el lavado por la lluvia, o por la acción de las fuerzas gravitacionales, como la deposición o el impacto contra superficies, o por la ocurrencia de diversas reacciones químicas, que transforman los contaminantes y producen otras sustancias que también pueden ser contaminantes, y por ende, se le denominan contaminantes secundarios (Troposfera, 2015).

En el ámbito científico, una de las variables que indica el nivel de concentración de sustancias químicas, es la *inmisión o calidad del aire*, la cual dependerá en gran medida, en primera instancia, de la cantidad de contaminantes que recibe desde una fuente de emisión; y en segundo lugar, la capacidad atmosférica para diluir las concentraciones de sustancias contaminantes, marcada principalmente por las condiciones meteorológicas; es decir, en una atmósfera estable, se propiciará la acumulación de contaminantes y se facilitará la formación de contaminantes secundarios, mientras que, en una atmósfera inestable, la difusión de los contaminantes será más eficaz debido a las turbulencias (Troposfera, 2015).

La variación de la temperatura con la altura también es un elemento clave en el fenómeno de dispersión atmosférica y por tanto en la concentración de contaminantes, por ejemplo, los gases tóxicos calientes emitidos por las instalaciones industriales, pueden ascender más fácilmente cuando el aire que los rodea se encuentra con temperaturas inferiores, lo cual ejerce un efecto reductor de la concentración de contaminantes que los gases tóxicos arrastran en su seno (Troposfera, 2015).

2.1.5.1 *Índice de Pureza Atmosférica (IPA)*

El Índice de Pureza Atmosférica (IPA) mide la gradualidad en los niveles de contaminación atmosférica a partir de la suma de frecuencia de especies liquénicas dentro de una grilla de muestreo (Pérez, 2014).

Es de notar que Nimis et al. (1990 citados por Pérez, 2014) usaron el IPA propuesto por Ammann et al. (1987) para monitorear SO₂ en la atmósfera bajo diferentes condiciones climáticas; estos autores hicieron una selección de especies indicadoras y luego compararon los datos obtenidos sobre la frecuencia acumulada de líquenes y los valores de contaminación actual; a través de métodos de análisis multivariado (Pérez, 2014).

En el caso del uso de los líquenes como bioindicadores, los investigadores Gonzales et al. (2016) exponen que el IPA “es un índice biológico que considera la presencia, cobertura, abundancia y distribución de las especies de líquenes en una misma área, donde la contaminación existente puede producir alteraciones en la estructura de las poblaciones liquénicas” (Gonzales et al., 2016, p. 458).

2.1.5.2 *Monitoreo de la calidad del aire*

Debido al contexto geográfico del presente proyecto de investigación se referirá solo lo relacionado a las prácticas de monitoreo ambiental de la calidad del aire en el Perú, es así que, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) es el ente público responsable de realizar la vigilancia de la calidad del aire en el territorio del Perú, a través de una

Red de Monitoreo Automático de la Calidad del Aire (REMCA), la cual mide seis de los diez contaminantes estipulados en los estándares de calidad ambiental para aire, y se encuentra a la vanguardia tecnológica, pues en cada una de las estaciones se cuenta con estaciones meteorológicas automáticas (SENAMHI, 2019).

Todo esto bajo la concepción de que el monitoreo de la calidad del aire en las zonas urbanas, sobre todo en las grandes ciudades, apunta a la medición y análisis de “la variación temporal [...] y espacial de la concentración del material particulado PM₁₀ y PM_{2,5}” (Pacsi, 2016, p. 274), los cuales son ampliamente reconocidos como contaminantes atmosféricos que afectan la salud respiratoria y cardíaca de la población (Pacsi, 2016).

2.1.5.3 *Estándar de la Calidad Ambiental para el Aire (ECA)*

En el territorio peruano, la Ley General del Ambiente N° 28611 define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como una medida de nivel de concentración que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente, en lo referente a elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo en su condición de cuerpo receptor; es decir, que las concentraciones de los contaminantes del aire no deben superar este nivel para evitar problemas en la salud y el ambiente (SENAMHI, 2019).

Adicionalmente en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM se establecen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, que según el epígrafe 2.2 del artículo 2 del susodicho marco jurídico fungen como parámetros de obligatoria referencia para caracterizar “las emisiones

de las actividades productivas, extractivas y de servicios” (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, 2017, p. 7).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de Investigación

Tomando como referencia el texto metodológico de Hernández et al. (2014) se puede argumentar que el presente plan de tesis propone una investigación de tipo aplicada, puesto que se aborda un problema ambiental práctico relacionado con la valoración de la calidad del aire en un área urbana de la ciudad de Lima, Perú, con el fin primordial de ofrecer datos pertinentes y oportunos a las instituciones rectoras en la materia, para contribuir a un seguimiento y control eficaz de la contaminación atmosférica.

Respecto al nivel del estudio, se plantea un estudio descriptivo – explicativo (Hernández et al. 2014), puesto que en primera instancia se pretende describir la calidad del aire en función de las características seleccionadas de los líquenes; lo cual implica en segunda instancia, la explicación de las relaciones que se concretan entre los niveles de contaminación atmosférica y las características propias de los líquenes que serán objeto de análisis.

En cuanto al diseño de la investigación, se recurre a un diseño de campo atendiendo a las consideraciones metodológicas de Arias (2012), quien expresa que un estudio de campo se focaliza “en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna” (Arias, 2012, p. 31).

En este orden de ideas, se trata de un diseño de campo no experimental en respuesta al hecho de que la fase de recopilación de los datos no contempla la generación intencionada de alguna situación de experimentación específica sino la observación de las dimensiones de las

variables principales de la investigación, concordando entonces con las ideas de Hernández et al. (2014) que plantean que en los estudios experimentales “no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza” (Hernández et al., 2014, p. 152).

3.2 Ámbito Temporal y Espacial

El ámbito espacial seleccionado como área de estudio es el Distrito de San Miguel, que desde el punto de vista político administrativo se trata de un distrito urbano del área metropolitana de Lima en el Perú (Ver figura 2 y anexo B). Precisando un poco más, se considera oportuno referir que se seleccionarán tres parques localizados dentro de los linderos administrativos del susodicho distrito urbano, de los cuales se extraerán las respectivas muestras de líquenes.

Figura 2

Vista satelital del Distrito San Miguel en Lima, Perú



Nota. elaboración propia a partir de mosaico Google Earth, 2020).

En lo referente al alcance temporal del estudio se recurre a un estudio de corte transversal o transeccional puesto que los datos e informaciones de interés para el investigador serán recolectados y analizados durante un lapso de tiempo específico (Bavaresco, 2013), de manera que el propósito central de la investigación será describir y explicar las variables principales objeto de estudio; así como también “analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (Hernández et al., 2014, p. 174).

3.3 Variables

3.3.1 Variable Independiente

3.3.1.1 Líquenes como Bioindicadores.

Los líquenes son organismos simbióticos que desarrollan características biológicas específicas como su asociación mutualista, la cual les dota de sensibilidad o resistencia antes los agentes tóxicos del aire relacionados con diferentes grados o niveles de contaminación atmosférica, cuestión que representa una propiedad intrínseca que se utiliza como bioindicador para evaluar la calidad del medio ambiente y su evolución con el paso del tiempo (Méndez et al., 2011 y Mares, 2017).

3.3.2 *Variable Dependiente*

3.3.2.1 *Calidad del Aire*

Se puede conceptualizar como la presencia de materias, sustancias o formas de energía en la atmósfera, las cuales pueden implicar riesgo o daño para la salud de las personas y del medio ambiente (Mares, 2017). En la literatura académica se encuentra que comúnmente “la calidad del aire se evalúa por medio de los denominados niveles de inmisión, que vienen definidos como la concentración media de un contaminante presente en el aire durante un período de tiempo determinado” (Vásquez, 2015, p.41).

3.3.3 Operacionalización de Variables

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Independiente: líquenes como bioindicadores	Los líquenes son organismos simbióticos que desarrollan una asociación mutualista, la cual les dota de sensibilidad ante la contaminación atmosférica, cuestión que representa una propiedad intrínseca que se utiliza como bioindicador para evaluar la calidad del aire (Méndez et al., 2011 y Mares, 2017).	Sirven para la evaluación de la calidad del aire, y pueden estudiarse para un momento determinado o un periodo de tiempo.	• Características propias. • Frecuencia.	• Número de especies de líquenes por árbol. • Número de cuadrículas ocupadas (densidad).
Dependiente: calidad del aire	Presencia de materias, sustancias o formas de energía en la atmósfera, las cuales pueden implicar riesgo o daño para la	Representa la contaminación atmosférica, que se mide a través de diferentes métodos,	• Índice Pureza atmosférica. • Concentración de Metales pesados.	• Número de estaciones (sitios de muestreo). • Número de especies

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
	salud de las personas y del medio ambiente (Mares, 2017).	bien sea instrumentales o por bioindicadores.		presentes en cada estación. • Cobertura relativa.

Fuente: Elaboración Propia (2021).

3.4 Población y Muestra

Tamayo (2002) define una población como la totalidad del fenómeno a estudiar, que posee una característica común, la cual representa la variable bajo estudio y da origen a los datos de la investigación. En este sentido, la población del estudio se compone de sesenta y tres (63) parques de tránsito o flujo vehicular que se localizan y distribuyen espacialmente dentro de los linderos del área urbana del Distrito de San Miguel de Lima, Perú.

Por su parte, la muestra representa “el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico” (Tamayo, 2002, p.38), lo cual permite aseverar que la muestra de estudio se conformará de tres parques de tránsito o flujo vehicular seleccionados dentro del Distrito de San Miguel de Lima, Perú, los cuales serán tipificados de acuerdo al nivel de flujo vehicular en alto, medio y bajo. Es preciso indicar que, la denominación de parques de tránsito de flujo vehicular (alto, medio y bajo) se debe entender como el flujo vehicular adyacente a referidos parques.

En este punto conviene precisar entonces que la selección de las unidades muestrales se realizará a través de un muestreo no probabilístico intencionado, que en primera instancia tomará como criterios de inclusión los siguientes: - (i) La presencia de un mínimo de cinco árboles de la especie *Spathodea Campanulata*; (ii) La presencia del líquen del género *Roccella* (Ver figura 3); (iii) El nivel de tránsito o flujo vehicular (Bajo, medio y alto); y (iv) La distribución espacial representativa dentro del Distrito de San Miguel de Lima, Perú.

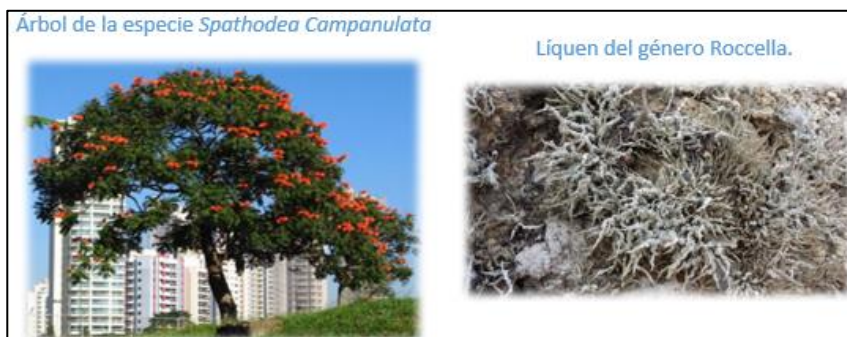
El árbol de la especie *Spathodea Campanulata* pertenece a la familia Bignoniaceae y se conoce comúnmente con el nombre de Tulipero de Gabón, “es un árbol de hoja perenne y

crecimiento rápido con una altura aproximada de unos 20m y un diámetro de copa de entre 3 y 4m” (Sánchez, 2015, párr. 2). Por otra parte, el género *Roccella* de líquenes “presentan talo aplanado con color blanco a gris y ascosporas con tres septos” (Ramírez, 2018 citado por Calderón, 2019, p. 17). Luego se aplicará un segundo criterio relacionado con el nivel de tránsito o flujo vehicular, para lo cual se realizará un monitoreo de ruido mediante la aplicación de mediciones en horas de mayor tráfico, específicamente de 8 am a 9 am y de 4:30 a 6:30 pm. Estas mediciones deberán proporcionar los datos cuantitativos necesarios para categorizar a los parques automotores en alto, medio y bajo nivel de tránsito o flujo vehicular.

Una vez categorizados los parques automotores en alto, medio y bajo nivel de tránsito vehicular se procederá a efectuar un mapeo de su localización y distribución espacial en el Distrito San Miguel de Lima, Perú, con la intención de discriminar la selección de los tres parques que conformaran la muestra de acuerdo a un último criterio referido a una distribución espacial representativa.

Figura 3

Árbol Spathodea Campanulata



Nota. (Tomado de Sánchez, 2015) y líquen del género *Roccella* (Tomado del Instituto de Investigación de la Biodiversidad - IRBio, 2018).

3.5 Instrumentos

Para la respectiva recolección de los datos e informaciones de interés sobre las variables principales de la investigación, se aplicará la técnica de observación directa, que según Rojas (2011) se corresponde con “un procedimiento típico, validado por la práctica de investigación” (Rojas, 2011, p. 291) para la recogida de información sobre una problemática científica abordada en un estudio con diseño de campo.

En lo referente a los instrumentos de recolección de datos es importante referir que se realizó una indagación en los estudios previos y se encontró que algunos autores como Ambrosio et al. (2017) y Villamar (2018) emplearon fundamentalmente una rejilla de 50cm x10 cm conocida como “grilla liquenológica” (Calderón, 2019, p. 29) , la cual fue colocada a una altura de 1,5 metros del suelo sobre los árboles que presentaban los líquenes objetos de estudio (Ver figura 4).

Figura 4

Rejilla de 50cm x10 cm



Nota. (Tomado de Ambrosio et al., 2017 y Calderón, 2019).

Visto la aplicación y validación de la rejilla de 50cmx10cm como instrumento para la recolección de los datos sobre la abundancia y riqueza de los líquenes en investigaciones previas se decidió escoger el susodicho instrumento para la recogida de información del estudio que se desea llevar a cabo sobre la evaluación de la calidad del aire del Distrito San Miguel de Lima, Perú. También se utilizarán otros recursos o materiales que servirán para registrar los datos de las observaciones realizadas sobre la respectiva rejilla, entre estos se puede mencionar: una cámara fotográfica para la captura de las imágenes en los diferentes momentos de observación, una lupa y la aplicación de clinometer para la identificación de las especies de líquenes y fichas de registro que servirán para llevar las respectivas anotaciones sobre los datos que se recojan.

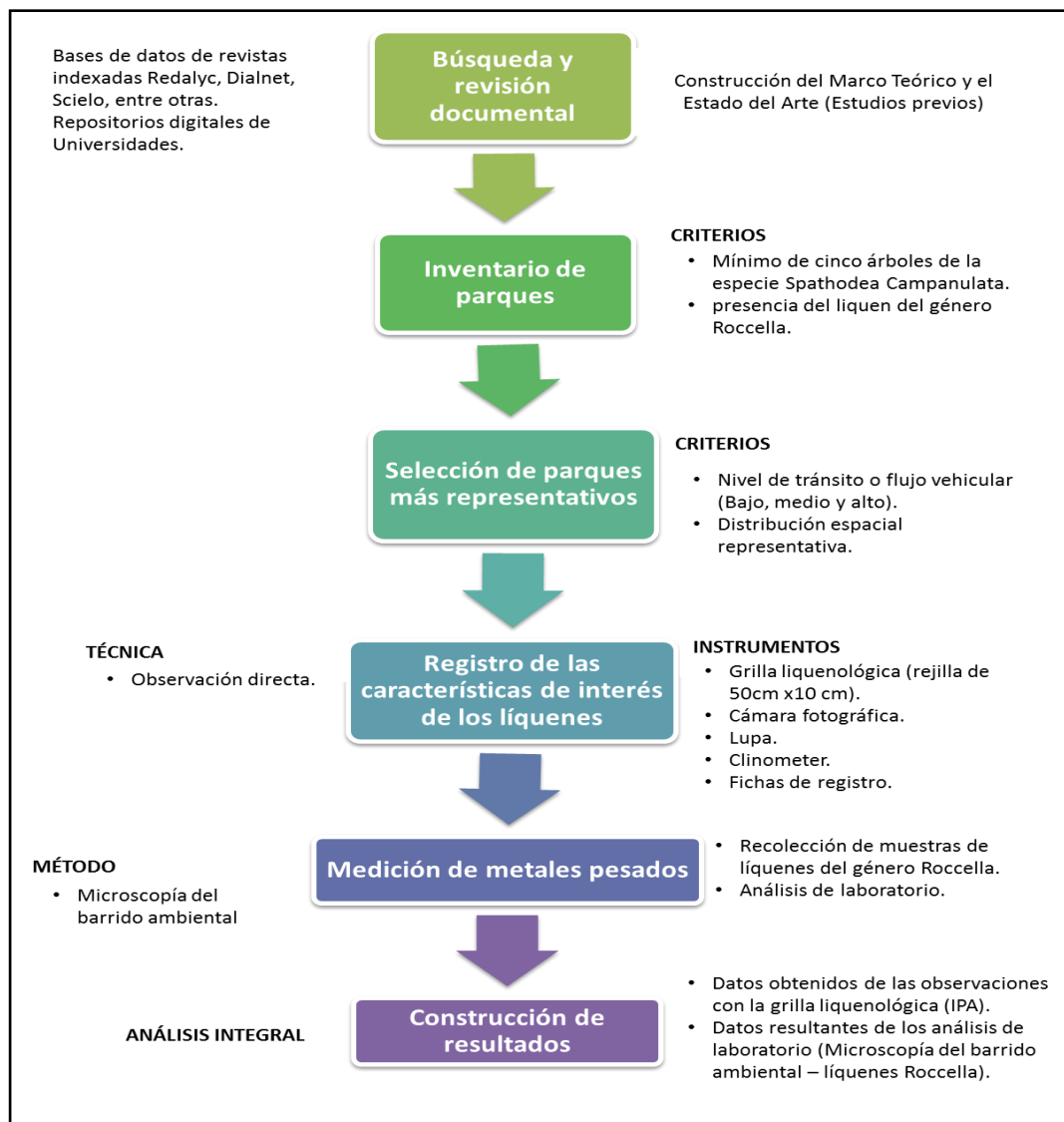
Por otra parte, se recolectarán muestras de líquenes del género *Rocella* en los tres parques que conformaran la muestra, con el fin primordial de consignar las susodichas muestras en un laboratorio especializado, donde se llevará cabo el procesamiento necesario para la determinación de la presencia de metales pesados.

3.6 Procedimientos

La ruta metodológica planteada para la consecución de los objetivos de la investigación se detalla en la figura 5, la cual se inicia con la búsqueda y revisión documental sobre el tema central de la investigación, a fin de construir el marco teórico y el estado del arte que servirá de referente científico para la investigación.

Figura 5

Flujograma metodológico planteado para el desarrollo de la investigación



Nota. Elaboración propia

Luego se realizará un inventario de aquellos parques que presentan un mínimo de cinco árboles de la especie *Spathodea Campanulata* y además cuentan con la presencia del líquen del género *Roccella*. Posterior a esto, la segunda etapa se centra en la selección de los parques más representativos de acuerdo a los criterios del nivel de tránsito o flujo vehicular (Bajo, medio y alto) y la distribución espacial representativa dentro de la jurisdicción político administrativa del Distrito de San Miguel en Lima, Perú.

Una vez hecha la selección respectiva y conformada la muestra del estudio, se procederá con el registro de líquenes observados, para lo cual se utilizará la respectiva rejilla de 50cm x10 cm, así como el uso de una cámara fotográfica, una lupa, la aplicación de clinometer y el registro de observaciones en las fichas correspondientes.

Estas observaciones se focalizarán en la obtención de: (i) La abundancia de los líquenes, que se refiere a la frecuencia de aparición de las especies de líquenes en las celdas que componen la grilla liquenológica; y (ii) La riqueza de los líquenes “como el número de especies presentes en cada uno de los árboles muestreados” (Ambrosio et al., 2017, p. 78).

Por otro lado, es preciso indicar que adicionalmente se recolectaran muestras del líquen del género *Roccella* de los tres parques seleccionados, con el fin de efectuar la valoración de la presencia de metales pesados a través de análisis de laboratorio, específicamente el método de microscopía del barrido ambiental. Finalmente, se realizará un análisis integral de los resultados que se obtengan con la grilla liquenológica y la medición de los metales pesados.

3.7 Análisis de Datos

De forma coherente se establece que los datos recogidos en la fase de campo servirán de insumo para el cálculo del Índice de Pureza Atmosférica (IPA), el cual es definido en la formula presentada por Ambrosio y Bringas (2017) como “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” (Ambrosio et al., 2017, p. 84).

$$IPA_j = \sum (Q_i \times F_i)$$

Donde:

IPA_j = Índice de Pureza Atmosférica de la estación j.

F_i = Frecuencia de la especie i.

Q_i = Factor de tolerancia o resistencia de la especie i.

La frecuencia de cada especie (F_i) se calcula mediante: “(N_i/N_t) más el número de los árboles examinados cubiertos por la especie en cuestión” (Ambrosio et al., 2017, p. 84), donde:

N_i = Número de celdas de la gradilla liquenológica ocupadas por una especie de liquen.

N_t = Número total de celdas de la gradilla liquenológica (20).

El factor de tolerancia o resistencia de la especie i (Q_i) “resulta ser una constante para cada especie, en el área de investigación, siendo inversamente proporcional a la contaminación” (Ambrosio et al., 2017, p. 84) y se obtiene mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

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.

Así mismo, se realizará la medición respectiva de metales pesados en la muestra de líquenes del género *Roccella*, a través del método de microscopía del barrido ambiental en un laboratorio especializado para tales fines. Este método se constituye actualmente en una de las estrategias “más versátiles para el examen y análisis de características microestructurales de objetos sólidos” (Kang et al., 2013, p. 660) y de muestras biológicas.

Una vez se obtengan los resultados del IPA devenidos de la grilla liquenológica y la concentración de metales pesados para las muestras de los líquenes del género *Roccella*, se procederá a realizar un análisis comparativo de estos datos, con la finalidad de probar y verificar las hipótesis de la investigación. Finalmente, la información cuantitativa y cualitativa resultante de estos análisis será objeto de tratamiento, a través del uso de gráficos y tablas.

IV. RESULTADOS

Dentro de los objetivos planteados para el desarrollo de la investigación, se tiene como primer paso, la determinación de las unidades muestrales para el estudio, siendo la población, todos los parques ubicados en el Distrito San Miguel. En este marco de ideas, se realizó inicialmente, el reconocimiento de los parques y la clasificación de los mismos, de acuerdo con el flujo vehicular de presencia.

En efecto, el reconocimiento de las zonas públicas destinadas para las actividades de esparcimiento en el Distrito San Miguel, se efectuó en provecho de los Planos de Zonificación de los Usos de Suelos, provistos en el espacio web del Distrito, con el apoyo de la delimitación del software ArcGIS 10.3; es así que, en la tabla 1 se presenta los nombres de los parques del distrito de San Miguel y la ubicación UTM.

Como puede observarse en la tabla 3, se tienen las 63 zonas de esparcimiento con su ubicación georeferenciada; en consecuencia, se hace preciso determinar dentro del emplazamiento de los mismos, la presencia de la especie arbórea *Spathodea*, la misma que se dio por medio del diagnóstico visual de cada uno de los parques del Distrito.

Mientras en los datos recabados de la tabla 4, se distingue que, la mayor cantidad de *Spathodea Campanulata* es, Juan Pablo II con (20), Plaza del Trabajo con (11), César Vallejo (9), Precursores y Santa Eulalia con (7), 200 Millas, Ayacucho y Virgen de Guadalupe con (6).

Tabla 2.*Parques del Distrito San Miguel*

Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18S)		Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18S)	
		Norte	Este			Norte	Este
1	Rafael Escardó	8663857	271822	33	La Sagrada Familia	8663276	272910
2	Simón Bolívar	8663781	271603	34	Capitán José Soto Merino	8663485	272992
3	Miguel Grau	8663721	271340	35	Plaza del Trabajo	8663688	273041
4	Rosa Merino	8663916	271462	36	Ecológico	8663892	273061
5	Ayacucho	8664010	271507	37	Juan Pablo II	8664180	273084
6	Virgen de Guadalupe	8664133	271253	38	Paulo VI	8663141	273471
7	Paititi	8664039	271209	39	Virgen de la Asunción	8663197	273107
8	Chicama Pucala	8664049	271020	40	Virgen de Fátima	8664545	272456
9	Vilcahuara	8663828	271098	41	Paul Harris	8664234	272102
10	Inca Garcilaso de la Vega	8663649	271127	42	Ciudades Hermanas	8664572	272173

Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18S)		Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18S)	
		Norte	Este			Norte	Este
11	Brasil	8663994	270836	43	José Abelardo Quiñones	8664530	271918
12	Argentina	8664176	270615	44	200 millas	8663620	271761
13	La Medalla Milagrosa	8664296	270918	45	Cesar Vallejos	8663790	272178
14	Luis Moreno	8664443	270915	46	Precursores 1	8664873	271862
15	José Martí	8664653	271268	47	Precursores 2	8664826	272180
16	Monitor Huáscar	8664768	271451	48	Capitán Manuel Galindo	8665591	271513
17	Isla del Gallo	8664527	271368	49	Solidaridad	8665515	271117
18	Macarena	8662800	273749	50	Santos Chocano	8665198	271189
19	Udima	8662700	273942	51	Santiago Acuña	8665120	271517
20	Santa Eulalia	8663077	274113	52	Tradiciones de Ricardo Palma	8665359	271529
21	La Fraternidad	8663211	274275	53	Residencial Callao	8665451	271875
22	La Amistad	8663339	274278	54	Mariscal Cáceres	8665239	271877

Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18S)		Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18S)	
		Norte	Este			Norte	Este
23	Mayor FAP Miguel Alegre Rodríguez	8663461	274399	55	Manuel Polo Jiménez	8664979	271869
24	Maria Reiche	8663323	273989	56	Santiaguito	8665063	272111
25	Santa Florencia	8663373	273898	57	Carabobo	8663483	271984
26	Junín	8663651	273910	58	Tungasuca	8663760	272499
27	Pershing	8663730	273822	59	Israel	8663358	272716
28	Bartolomé Herrera	8663706	273687	60	Miroquesada	8663739	272917
29	El Campillo	8663797	273598	61	Dammert	8663726	273239
30	Juan XXIII	8663498	273699	62	Amazonia	8664151	272940
31	De Los Banqueros	8663419	273414	63	Machu Picchu	8664412	271635
32	Santa Rosa	8663563	273519				

Fuente: Elaboración Propia (2021).

Tabla 3.*Área y cantidad de Spathodea Campanulata*

Código	Nombre	Área (ha)	Spathodea Campanulata¹	Código	Nombre	Área (ha)	Spathodea Campanulata¹
1	Rafael Escardó	0.45	3	33	La Sagrada Familia	2.31	4
2	Simón Bolívar	1.66	0	34	Capitán José Soto Merino	1.02	0
3	Miguel Grau	0.42	0	35	Plaza del Trabajo	1.36	11
4	Rosa Merino	0.58	2	36	Ecológico	0.48	0
5	Ayacucho	0.65	6	37	Juan Pablo II	3.19	20
6	Virgen de Guadalupe	0.65	6	38	Paulo VI	0.48	1
7	Paititi	0.6	1	39	Virgen de la Asunción	0.6	0
8	Chicama Pucala	1.24	2	40	Virgen de Fátima	1.91	2
9	Vilcahuara	0.71	0	41	Paul Harris	1.11	0
10	Inca Garcilaso de la Vega	0.2	1	42	Ciudades Hermanas	1.2	2
11	Brasil	0.6	0	43	José Abelardo Quiñones	2.07	3

Código	Nombre	Área (ha)	Spathodea Campanulata¹	Código	Nombre	Área (ha)	Spathodea Campanulata¹
12	Argentina	1.13	0	44	200 millas	0.83	6
13	La Medalla Milagrosa	0.58	4	45	Cesar Vallejos	1.3	9
14	Luis Moreno	0.6	2	46	Precursores 1	1.33	2
15	Jose Martí	1.09	1	47	Precursores 2	1.18	7
16	Monitor Huáscar	0.89	0	48	Capitán Manuel Galindo	0.26	1
17	Isla del Gallo	0.22	0	49	Solidaridad	0.09	0
18	Macarena	0.44	3	50	Santos Chocano	1.87	2
19	Udima	0.2	0	51	Santiago Acuña	1.05	2
20	Santa Eulalia	0.47	7	52	Tradiciones de Ricardo Palma	0.76	1
21	La Fraternidad	0.32	0	53	Residencial Callao	0.7	0
22	La Amistad	0.19	1	54	Mariscal Cáceres	0.56	1
23	Mayor FAP Miguel Alegre Rodríguez	0.25	0	55	Manuel Polo Jiménez	0.61	0
24	María Reiche	0.29	0	56	Santiaguito	0.31	0
25	Santa Florencia	0.36	0	57	Carabobo	0.48	0

Código	Nombre	Área (ha)	Spathodea Campanulata¹	Código	Nombre	Área (ha)	Spathodea Campanulata¹
26	Junín	0.41	0	58	Tungasuca	0.44	2
27	Pershing	0.53	1	59	Israel	0.57	0
28	Bartolomé Herrera	0.3	0	60	Miroquesada	0.67	2
29	El Campillo	0.47	1	61	Dammert	0.62	0
30	Juan XXIII	1.07	3	62	Amazonia	0.38	0
31	De Los Banqueros	1.11	1	63	Machu Picchu	0.37	0
32	Santa Rosa	0.73	0				

Nota: (1) Cantidad de Spathodea Campanulata. *Fuente:* Elaboración Propia (2021).

En esta misma línea de ideas, se tiene que la selección de los parques se realizó conforme al flujo vehicular que presentan, pudiéndose ser éstos, bajo, medio y alto tránsito, en el período de diciembre de 2019 a febrero de 2020, en las horas de mayor congestión u hora pico, 08:00-09:00-16:30 y 18:30. Para obtener la clasificación del flujo en los parques del Distrito, en complemento de la observación realizada, se utilizó la aplicación *Sound Meter* o Sonómetro, para recabar datos referenciales sobre la cantidad de ruido en el entorno; lo que se puede visualizar en la figura 5.

Figura 6

Vista de aplicación del “Sound Meter”



Nota. Imagen obtenida de Google Play

Para la consecución del propósito, fue necesario de la complejión de los siguientes pasos.

- Se describió el entorno de cada parque seleccionado, con ello identificar el origen del ruido ambiental.

- En el recorrido se identificaron como las principales fuentes generadoras de ruido, tránsito, construcciones, riego, actividades deportivas, ladrido de perros, sonido de aves.
- La corrida de la aplicación del “Sound Meter” para la medida referencial, se efectuó en consideración del Protocolo Nacional de Monitoreo Ambiental y a 1,5m de altura, en dirección a la fuente emisora.
- Se mantuvo una distancia razonable para la toma de los datos.
- Se tomó en consideración, detener la medición en caso lluvia.
- El lapso para la toma del registro fue de 15 minutos, tal como se puede apreciar en la figura siguiente.

Figura 7

Período de medición del ruido ambiental



Nota. Imagen obtenida de la aplicación Sound Meter

Con los datos obtenidos en las mediciones efectuadas en cada uno de los parques, se realizó la próxima tabla, distinguiendo en cada uno de los parques, la cantidad de ruido, así como de su fuente de generación. En la tabla 6, se identifican la clasificación de los parques por el nivel de flujo vehicular, siendo que 12 de ellos, presentaron un nivel de flujo alto, 35 con un nivel medio y 16 parques con flujo vehicular bajo. Teniendo en cuenta lo descrito en los apartados superiores, en los cuales, se presentaron los parques con la cantidad de decibelios ponderados en la medición, así como de la cantidad de *Spathodea Campanulata*, por lo cual, en el cruce de dichos parámetros, se seleccionó como zonas de muestra, Juan Pablo II, Precursores I y Ayacucho, por cuanto los dos primeros, son los que albergan más de 10 especies arbóreas y registran alto nivel de ruido, mientras que, en el caso de Ayacucho, se encuentra en la clasificación de los parques que albergan las 6 especies.

Tabla 4.*Clasificación de los parques por nivel de flujo vehicular*

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmáx dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
37	Juan Pablo II	20	43.4	61	82	Alto	Tránsito de vehículos, claxon de vehículos, tránsito de personas al centro comercial Plaza San Miguel, personas realizando deporte (trote, bicicleteada), paseo de mascotas, sonido de aves, obras de construcción, riego de parques, cortes de césped, ladrido de perros, personas en paradero.	19/02/2020
			44.7	63	85	Alto	Tránsito de vehículos, claxon de vehículos, tránsito de personas al centro comercial Plaza San Miguel, obras de construcción, ladrido de perros y personas en paradero.	15/04/2022

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmáx dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
			45.1	60	83.1	Alto	Tránsito de vehículos, claxon de vehículos, tránsito de personas al centro comercial Plaza San Miguel, personas realizando deporte y personas en paradero.	13/05/2022
			45.2	63	82	Alto	Tránsito de vehículos, claxon de vehículos, tránsito de personas al centro comercial Plaza San Miguel, personas realizando deporte y feria cercana.	17/06/2022
36	Ecológico	0	51	59.4	71.5	Alto	Tránsito de vehículos, personas realizando deporte (trote, bicicleteada), paseo de mascotas, sonido de aves, obras de construcción, riego de parques, ladrido de perros, personas en paradero.	19/02/2020

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmáx dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
31	De Los Banqueros	1	44.8	58.5	84.5	Alto	Sonido de aves, niños jugando, tránsito de vehículos y paseo de mascotas.	6/12/2019
35	Plaza del Trabajo	11	43	57.8	74.2	Alto	Sonido de aves, tránsito de personas y paseo de mascotas.	19/02/2020
41	Paul Harris	0	44.5	56.8	66.9	Alto	Riego de jardines, personas jugando fútbol, tránsito de personas, obras de construcción, tránsito de vehículos.	19/12/2019
48	Capitán Manuel Galindo	1	50	55.4	63.2	Alto	Tránsito vehicular en la Av. Venezuela (combis, carros, motos), tránsito de personas sonido de aves y paseo de mascotas.	21/12/2019
14	Luis Moreno	2	41.9	55	73.1	Alto	Riego de jardines, tránsito de personas, paseo de mascotas y tránsito de vehículos.	7/01/2020
47	Precursores 2	7	43.7	53.1	66.5	Alto	Personas realizando deporte (trote, bicicleteada), paseo de mascotas, sonido de aves, obras de construcción,	7/01/2020

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmay dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
							riego de parques, ladrido de perros, tránsito de vehículos, personas en paradero.	
34	Capitán José Soto Merino	0	40.4	52.9	82.3	Alto	Sonido de aves, tránsito de vehículos y paseo de mascotas.	30/01/2020
25	Santa Florencia	0	39.2	51.2	67.1	Alto	Sonido de pájaros, paseo de mascotas y tránsito de vehículos.	10/12/2019
12	Argentina	0	42	50.7	58.8	Alto	Sonido de aves, personas trotando, ladrido de perros y tránsito de personas en dirección al mercado.	10/01/2020
46	Precursores 1	2	41.3	51.7	63.3	Medio	Personas realizando deporte (trote, bicicleteada), paseo de mascotas, sonido de aves, obras de construcción, riego de parques, ladrido de perros, tránsito de vehículos, personas en paradero.	7/01/2020

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmaz dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
			40.1	47.6	62.1		Personas realizando deporte (trote, bicicleteada), obras de construcción, tránsito de vehículos y personas en paradero	01/04/2022
			42	49.5	57.2		Personas realizando deporte, paseo de mascotas, ladrido de perros, tránsito de vehículos y personas en paradero	06/05/2022
			43.4	48.0	58.6		Personas realizando deporte (trote, bicicleteada), paseo de mascotas, tránsito de vehículos y personas en paradero	03/06/2022
16	Monitor Huáscar	0	36.6	49.3	68.2	Medio	Sonidos de aves, tránsito de personas, vehículos, construcción de viviendas.	7/01/2020
27	Pershing	1	34.9	49.3	54	Medio	Sonido de pájaros, paseo de mascotas y obras de construcción.	10/12/2020
9	Vilcahuara	0	38.2	47.8	60.9	Medio	Sonido de aves, niños jugando y personas tratando	20/01/2020

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmay dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
23	Mayor FAP Miguel Alegre Rodriguez	0	35.9	47.7	59.3	Medio	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	10/12/2020
19	Udima	0	40.9	47.3	50.1	Medio	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	25/02/2020
26	Junín	0	42.3	46	49	Medio	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	10/12/2020
33	La Sagrada Familia	4	38.9	46	56.6	Medio	Sonido de aves, niños jugando y paseos con mascotas.	30/01/2020
40	Virgen de Fátima	2	39.6	46	50.1	Medio	Sonido de aves y obras de construcción.	5/02/2020
44	200 millas	6	29.6	45.7	65	Medio	Paseo de mascotas, ladrido de perros y tránsito de personas.	29/01/2020
15	Jose Martí	1	36.4	45.1	67.1	Medio	Sonido de ambulancias, tránsito de personas al instituto, niños jugando, paseo de mascotas y sonido de aves.	7/01/2020
55	Manuel Polo Jimenez	0	32.7	45.1	67.3	Medio	Tránsito de personas y sonido de música en viviendas.	27/12/2019

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmay dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
45	Cesar Vallejos	9	34.6	45	64.5	Medio	Sonido de pájaros, niños jugando y paseo de mascotas.	29/01/2020
51	Santiago Acuña	2	36.2	44.9	60.7	Medio	Sonido de aves, tránsito de personas y paseo de mascotas.	21/12/2019
43	José Abelardo Quiñones	3	37.7	44.6	51.3	Medio	Paseo de mascotas, ladrido de perros y tránsito de personas.	19/12/2019
7	Paititi	1	27.9	44.1	64.8	Medio	Sonido de aves, paseo de mascotas y personas trotando	20/01/2020
52	Tradiciones de Ricaldo Palma	1	32.8	44.1	55.9	Medio	Personas realizando deporte y ladrido de perros.	21/12/2019
29	El Campillo	1	31.6	42.6	56.6	Medio	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	6/12/2020
11	Brasil	0	34.8	42.5	50.9	Medio	Música en vivienda, ladrido de perros, tránsito de personas y niños jugando.	10/01/2020
49	Solidaridad	0	35.2	42.2	49.7	Medio	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	21/12/2019

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmáx dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
56	Santiaguito	0	34.3	42.2	60.9	Medio	Sonido de aves, ladrido de perros y tránsito de personas.	27/12/2019
61	Dammert	0	35.78	42.2	50.7	Medio	Reuniones familiares, sonido de aves y tránsito de personas.	5/02/2020
63	Machu Picchu	0	35.4	42.1	48.4	Medio	Paseo de mascotas, obras de limpieza, tránsito de personas y vehículos.	19/12/2019
2	Simón Bolívar	0	33.6	41.9	54.6	Medio	Sonido de aves y niños jugando.	24/01/2020
18	Macarena	3	29.8	41.9	54.7	Medio	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	25/02/2020
20	Santa Eulalia	7	33.6	41.9	52.8	Medio	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	25/02/2020
4	Rosa Merino	2	31.2	41.4	63.4	Medio	Sonido de aves y personas trotando.	24/01/2020
13	La Medalla Milagrosa	4	29.3	41.1	56.6	Medio	Tránsito de personas, ladrido de perros, sonido de aves y tránsito de vehículos.	10/01/2020
8	Chicama Pucala	2	34.4	41	58.2	Medio	Paseo de mascotas, ladrido de perros y personas trotando	10/01/2020

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmaz dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
54	Mariscal Cáceres	1	32.7	41	56.8	Medio	Riego de parques y sonido de aves.	27/12/2019
57	Carabobo	0	35.6	41	50.3	Medio	Sonido de obras de construcción, paseo de mascotas y niños jugando.	29/01/2020
42	Ciudades Hermanas	2	34.1	40.9	47	Medio	Riego de parque, obras de construcción, tránsito de personas.	19/12/2019
53	Residencial Callao	0	32.6	40.8	51.8	Medio	Paseo de mascotas, sonido de aves, juego de fútbol.	27/12/2019
32	Santa Rosa	0	38.2	40.2	45.8	Medio	Paseo de mascotas, sonido de aves, juego de fútbol.	6/12/2020
28	Bartolomé Herrera	0	30.3	40.1	59	Medio	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	10/12/2020
24	Maria Reiche	0	33	40	43	Medio	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	10/12/2020
58	Tungasuca	2	32.6	39.9	58.9	Bajo	Paseo de mascotas y personas ejercitando.	5/02/2020

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmay dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
62	Amazonia	0	38.9	39.9	40.1	Bajo	Paseo de mascotas y personas ejercitando.	5/02/2020
3	Miguel Grau	0	31.4	39.7	52.4	Bajo	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	24/01/2020
6	Virgen de Guadalupe	6	28.9	39.5	61.7	Bajo	Sonido de aves, ladrido de perros, música en vivienda y alarma de estacionamiento.	20/01/2020
60	Miroquesada	2	30.6	39.1	54.7	Bajo	Paseo de mascotas, sonido de aves y obras de construcción.	5/02/2020
21	La Fraternidad	0	28	38.9	49.3	Bajo	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	25/02/2020
50	Santos Chocano	2	30.4	38.9	52.9	Bajo	Limpieza de parques, corte de césped, ladrido de perros y paseos con bicicletas.	21/12/2019
39	Virgen de la Asunción	0	27.4	38.2	51.9	Bajo	Paseo de mascotas, tránsito bajo de vehículos.	30/01/2020
22	La Amistad	1	34.7	38.1	54.6	Bajo	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	10/12/2019
5	Ayacucho	6	33.6	37.1	40.7	Bajo	Sonido de aves y ladrido de perros.	24/01/2020

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmay dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
		6	29.3	35	38	Bajo	Sonido de aves y ladrido de perros.	22/04/2022
		6	33.1	36.4	39.1	Bajo	Paseo de mascotas, tránsito bajo de vehículos.	27/05/2022
		6	31.3	37	40.1	Bajo	Paseo de mascotas, tránsito bajo de vehículos.	24/06/2022
59	Israel	0	29.4	37.1	53.8	Bajo	Sonido de aves, tránsito de personas y paseo de mascotas.	30/01/2020
30	Juan XXIII	3	33	37	40.1	Bajo	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	6/12/2019
1	Rafael Escardó	3	29.8	36.7	54.2	Bajo	Riego de parque, ladrido de perros, tránsito de personas y sonido de aves.	29/01/2020
38	Paulo VI	1	27.9	34.4	45.8	Bajo	Paseo de mascotas y sonido de aves.	19/02/2020
17	Isla del Gallo	0	28.7	32.8	39.9	Bajo	Sonido de aves y ladrido de perros.	7/01/2020
10	Inca Garcilaso de la Vega	1	28.1	32.1	39.6	Bajo	Sonido de pájaros y paseo de mascotas.	20/01/2020

Código	Nombre	Cantidad de Spathodea Campanulata	LAmin dB (A)	LAeqT dB(A)	LAmay dB (A)	Flujo Vehicular	Descripción	Día de Monitoreo
Nota:								
LAmin dB (A): Nivel de Presión Sonora Mínima.								
LAeqT dB(A): Nivel de Presión Sonora Equivalente								
LAmay dB (A): Nivel de Presión Sonora Máxima								

Fuente. Elaboración Propia (2021).

Para dar continuidad a las respuestas de los objetivos de investigación, se expone a continuación, el cálculo del Índice de Pureza Atmosférica para los parques, Juan Pablo II, Precursores I y Ayacucho, resultando de la siguiente información que se contiene en las tablas a continuación. Es importante señalar que, para cada parque, se tomaron cinco árboles, identificándose las especies liquénicas, c.f *Physia* sp, *Leproplaca* sp., cf *arthonia* sp., *Lepraria* sp., cf *Pyrenula* y su cantidad en los cinco cuadrantes previstos para cada especie arbórea (ver anexo B) para con ello, determinar la frecuencia de los líquenes en las zonas de estudio.

Los resultados del cálculo del índice hacen referencia que, para el parque Juan Pablo II, el valor fue de 3,2, mientras que, para Precursores I fue de 3,5 y Ayacucho con un índice de 8,5, cuyo detalle se explica.

Tabla 5.*Índice de Pureza Atmosférica (IPA) del Parque Juan Pablo II.*

N °	Características		Especies de Líquenes	Cuadrante					Cobertura (%)	Frecuencia	IPA
	Circunferencia (cm)	Inclinación		Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	Cuadrante 5			
1	62	62.3°	cf. Physcia sp.	1.23	0	0	0	0	0.246	1	3.2
			Leproplaca sp.	0	0.92	0.34	1.36	0	0.524	3	
2	69	71.2°	Leproplaca sp.	0.162	0	0	0	0	0.0324	1	5
			cf. Arthonia sp.	0.86	16.04	0.14	0.3	0.85	3.638	5	
3	77	82°	cf. Arthonia sp.	3.37	2.15	2.41	0.99	1.42	2.068	5	
4	61	56.8°	cf. Physcia sp.	0.012	0	0	0	0	0.0024	1	

			Leproplaca sp.		0.5	0.27	0.73	0.26	0.23	0.398	5									
			Lepraria sp.		0.05	0	0	0	0	0.01	1									
5	98	75.9°	cf. Arthonia sp.		3.62	13.27	6.33	2.14	1.35	5.342	5									
Especies	Frecuencia 1 (F1)		Frecuencia 2 (F2)		Frecuencia 3 (F3)		Frecuencia 4 (F4)		Frecuencia 5 (F5)		Frecuencias					Q		f'	Q x f	
cf. Physcia sp.	1	0.246	0	0	0	0	1	0.0024	0	0	1	0	0	1	0	2	5	0.4	1.5	0.6
Leproplaca sp.	3	0.524	1	0.0324	0	0	5	0.398	0	0	3	1	0	5	0	3	5	0.6	2	1.2
cf. Arthonia sp.	0	0	5	3.638	5	2.068	0	0	5	5.342	0	5	5	0	5	3	5	0.6	2	1.2
Lepraria sp.	0	0	0	0	0	0	1	0.01	0	0	0	0	0	1	0	1	5	0.2	1	0.2
IPA																				3.2

	Sumat	N° de	forófitos	Sumatoria/N°	de	Tabla	Sumatoria	Variab	Sumatoria/Vari
	oria	presentes		Forófitos				les	ables
cf. Physcia sp.	0.2484	2		0.1242		1 + 2	3	2	1.5
Leproplaca sp.	0.9544	3		0.318133		1 + 3	4	2	2
cf. Arthonia sp.	11.048	3		3.682667		1 + 3	4	2	2
Lepraria sp.	0.01	1		0.01		1 + 1	2	2	1

Fuente. Elaboración Propia (2021)

Tabla 6.*Índice de Pureza Atmosférica (IPA) del Parque Precursores*

N°	Características	Especies	de	Cuadrante					Cobertu	Frecue	IP
	Circunfere	Inclina	Líquenes	Cuadra	Cuadran	Cuadran	Cuadran	Cuadran	ra	ncia	A
	ncia (cm)	ción		nte 1	te 2	te 3	te 4	te 5	(%)		
1	60	70°	cf. Pyrenula	20	50	60	31	12	34.6	5	3.
			cf. Arthonia sp.	0	0	0	0	0	0	0	5
2	63	85°	cf. Pyrenula	7.6	47	70	70	72	53.32	5	
			cf. Arthonia sp.	0	0	0	0	0	0	0	
3	64	77°	cf. Pyrenula	42	80	50	60	40	54.4	5	
			cf. Arthonia sp.	0	0	0	0	0	0	0	
4	81	88°	cf. Pyrenula	0	0	0	0	0	0	0	
			cf. Arthonia sp.	68	52	70	60	58	61.6	5	
5	179	84°	cf. Pyrenula	0	0	0	0	0	0	0	
			cf. Arthonia sp.	46	80	70	54	42	58.4	5	
Especies	Frecuencia	Frecuenc	Frecuenci	Frecuenci	Frecuencia	F			Q	f'	Q x f
	1 (F1)	ia 2	a 3	a 4	5						
		(F2)	(F3)	(F4)	(F5)						

N°	Características			Especies		de Cuadrante										Cobertu		Frecue		IP
	Circunfere		Inclina	Líquenes		Cuadra		Cuadran	Cuadran	Cuadran	Cuadran	Cuadran	Cuadran	Cuadran	ra	ncia	A			
	ncia (cm)		ción			nte 1		te 2	te 3	te 4	te 5					(%)				
cf.	5	34.6	5	53.3	5	54.4	0	0	0	5	5	5	0	0	3	5	0.6	3.	2.1	
Pyrenula				2															5	
cf.	0	0	0	0	0	0	5	61	5	58.4	0	0	0	5	5	2	5	0.4	3.	1.4
Arthonia																			5	
sp.																				
IPA																				3.5

	Sumatori	N°	de	forófitos	Sumatoria/N°	de	Tabla	Sumatori	Variable	Sumatoria/Variabl
	a	presentes			Forófitos			a	s	es
cf. Pyrenula	142.32	3			47.44		4 + 3 7		2	3.5
cf. Arthonia	120	2			60		5 + 2 7		2	3.5
sp.										

Fuente. Elaboración Propia (2021)

Tabla 7.*Índice de Pureza Atmosférica (IPA) del Parque Ayacucho*

N°	Características	Especies de	Cuadrante						Cobertura	Frecuen	I
	Circunfer	Inclin	Líquenes	Cuadra	Cuadr	Cuadrante 3	Cuadra	Cuadrant	(%)	cia	P
	encia (cm)	ación		nte 1	ante 2		nte 4	e 5			A
1	161	85°	cf. Pyrenula	32	8	6	4	2	10.4	5	8.
			cf. Arthonia	14	22	38	44	42	32	5	5
			sp.								
2	156	76°	cf. Pyrenula	0	70	80	60	62	54.4	5	
			cf. Arthonia	50	96	24	80	70	64	5	
			sp.								
3	127	87°	cf. Pyrenula	80	80	26	80	70	67.2	5	
			cf. Arthonia	0	0	2	0	0	0.4	1	
			sp.								
4	120	89°	cf. Pyrenula	0	0	0	0	4	0.8	1	
			cf. Arthonia	48	70	64	72	38	58.4	5	
			sp.								
5	139	88°	cf. Pyrenula	0	0	0	2	2	0.8	2	

N°	Características		Especies de Líquenes	Cuadrante					Cobertura (%)	Frecuen cia	I P A
	Circunfer encia (cm)	Inclin ación		Cuadra nte 1	Cuadr ante 2	Cuadrante 3	Cuadra nte 4	Cuadrant e 5			
cf. Arthonia sp.	191.2	5		38.24		4 + 5	9	2	4.5		

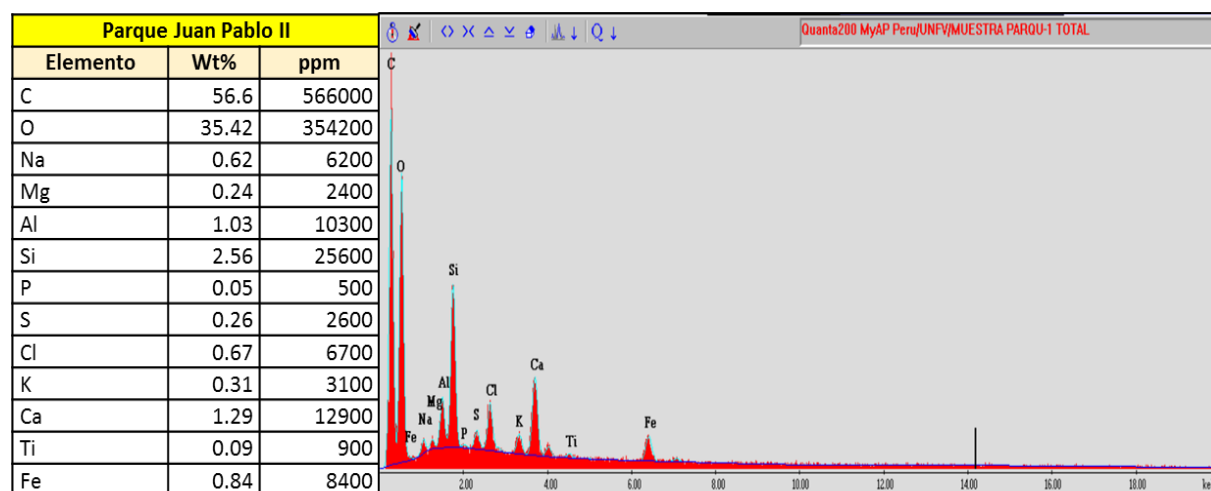
Fuente. Elaboración Propia (2021)

Como se logró distinguir en las tablas anteriores, el parque que posee el índice de pureza ambiental más elevado, corresponde al parque Ayacucho, siendo que, la contraparte se halló en la zona comprendida por Juan Pablo II. Es así que, para el cumplimiento del tercer objetivo de investigación, fue necesario la aplicación de la técnica de microscopía de barrido ambiental para la observación y análisis de las especies de líquen *Rocella*, obteniéndose los resultados que se indican en los apartados siguientes;

Aplicando la técnica de análisis microscópico sobre las muestras líquénicas del parque Juan Pablo II, resultó la próxima proporción contenida en la figura 7.

Figura 8

Concentraciones de elementos químicos y metales – Parque Juan Pablo II



Fuente. Elaboración Propia (2021)

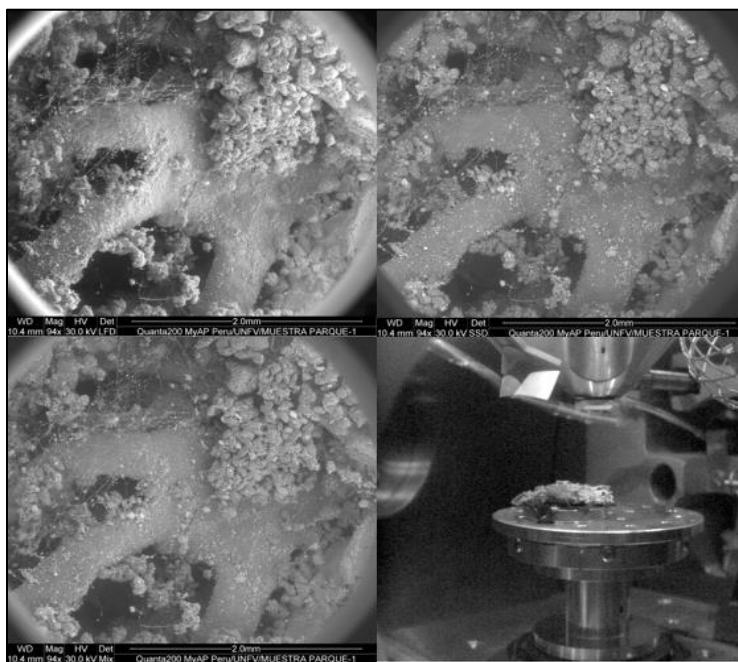
En efecto, la figura anterior alude que, en las muestras tomadas se pudo identificar una mayor concentración de Silicio, Calcio y Aluminio, con más presencia de, Carbono y Oxígeno; de

manera complementaria, se presenta la imagen microscópica tipo LFD, SSD y MIX, recogidas y cuyo diagnóstico se ubica en la próxima figura 8.

El diagnóstico de la imagen superior demuestra la estructura del líquen *Roccella* usando el detector de electrones secundarios en bajo vacío (LFD), la segunda imagen se muestra la estructura del líquen *Roccella* usando el detector de electrones retrodispersados (SSD), la tercera imagen se muestra la estructura del líquen *Roccella* usando el detector mixto (MIX), y la cuarta imagen se muestra la colocación de la muestra previo a su análisis. La presencia de partículas adheridas al líquen el cual, se le reconoce por su aspecto brillante, podría estar relacionado con los elementos de la composición mineralógica del sustrato (roca) o la existencia de metales pesados.

Figura 9

Imágenes LFD SSD MIX Parque Juan Pablo II

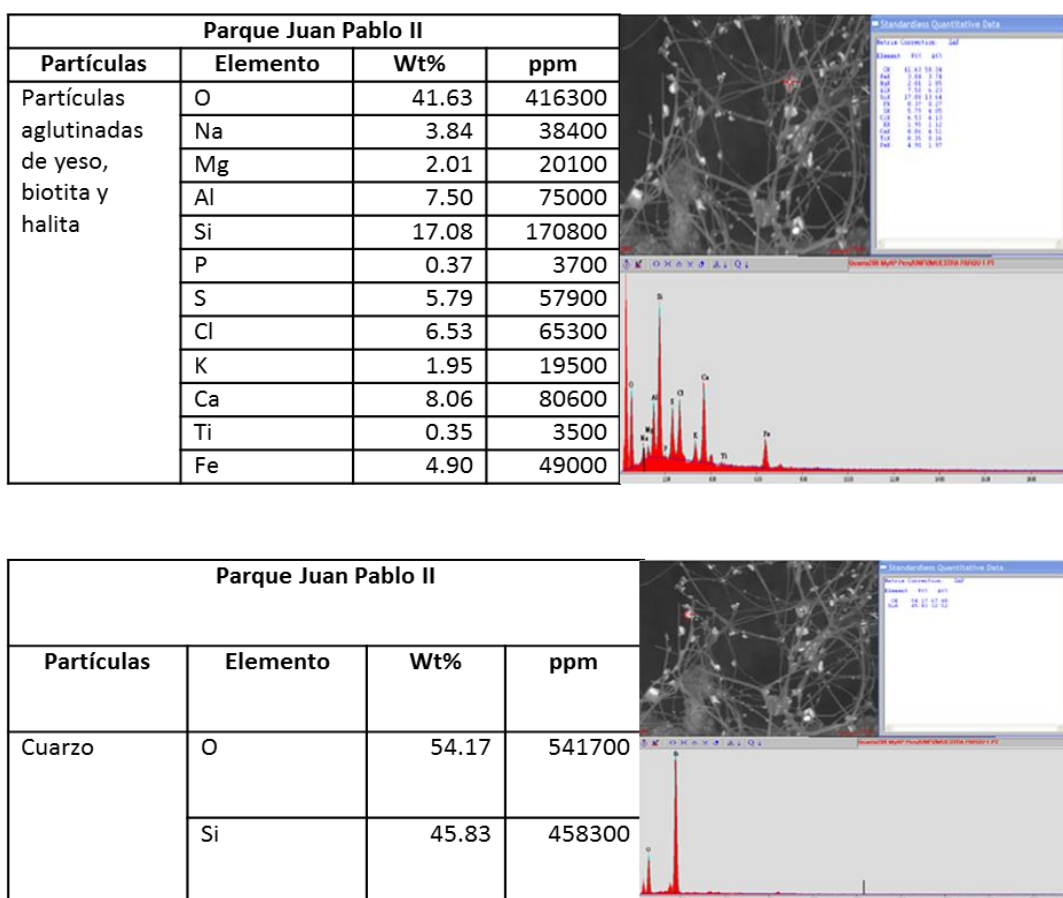


Fuente. Elaboración Propia (2021)

En esta misma línea de ideas, se tiene en los apartados siguientes, la presencia de elementos como, lagioclasa con sericita, barita, ilmenita, goethita, cuarzo y aglutinadas de yeso, biotita y halita, las mismas que, se logran observar en la próxima figura 9.

Figura 10

Presencia de partículas aglutinadas en el parque Juan Pablo II

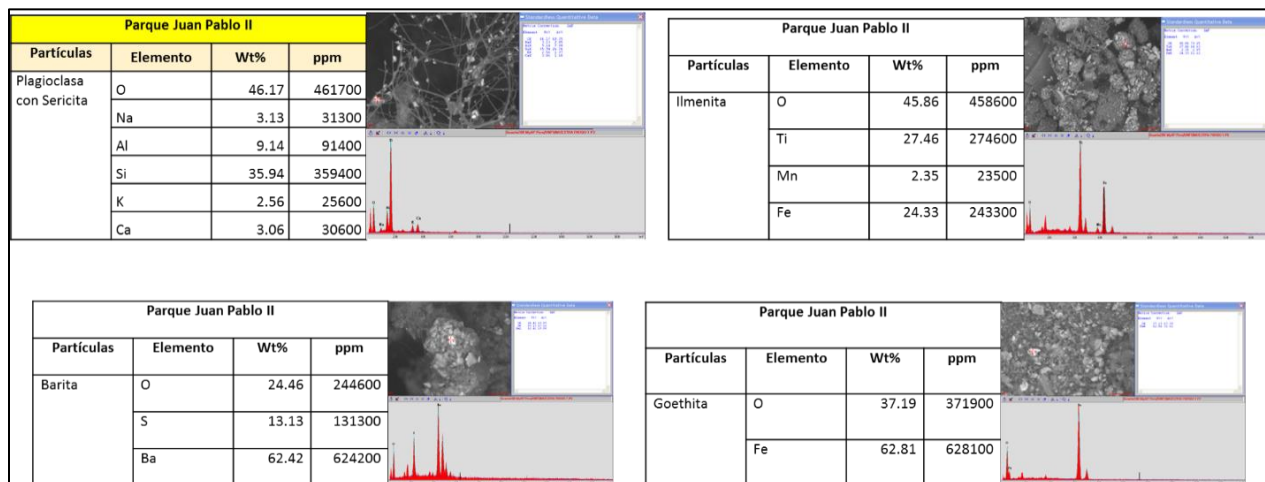


Fuente. Elaboración Propia (2021)

En la figura 9, se observa una mayor composición de los elementos, Silicio y Cuarzo, seguido del oxígeno (componente intrínseco de la muestra) y Azufre.

Figura 11

Presencia de partículas aglutinadas p.2 Parque Juan Pablo II

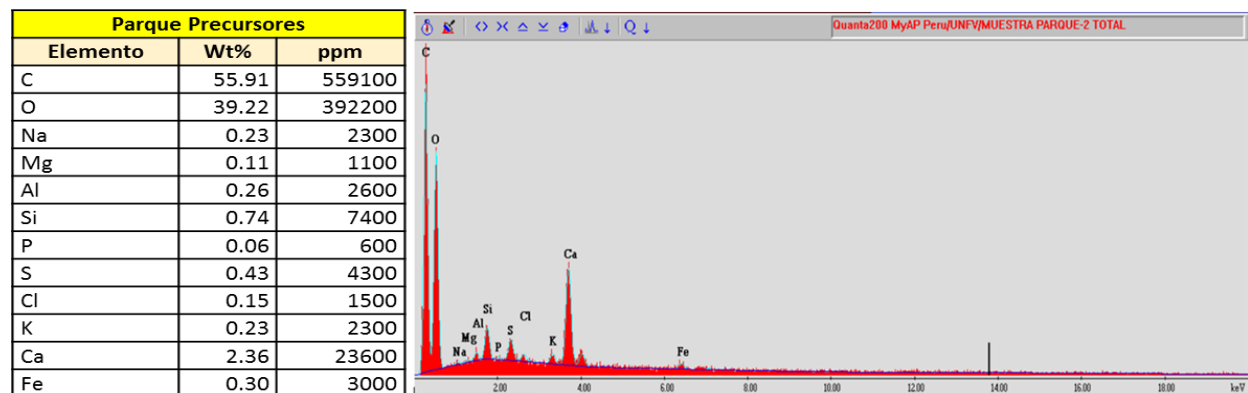


Fuente. Elaboración Propia (2021)

De acuerdo con los resultados presentados anteriormente, en el parque Juan Pablo II, se identificó una alta concentración de, Silicio, Hierro, Calcio, Aluminio, Bario, Titanio y Azufre. Se dispone la figura 7 a continuación, relacionada con la proporción de elementos hallados en las muestras del parque Precursores I, aunado con la espectroscopía de energía dispersa EDS.

Figura 12

Composición elemental y espectroscopía del parque Precursores I

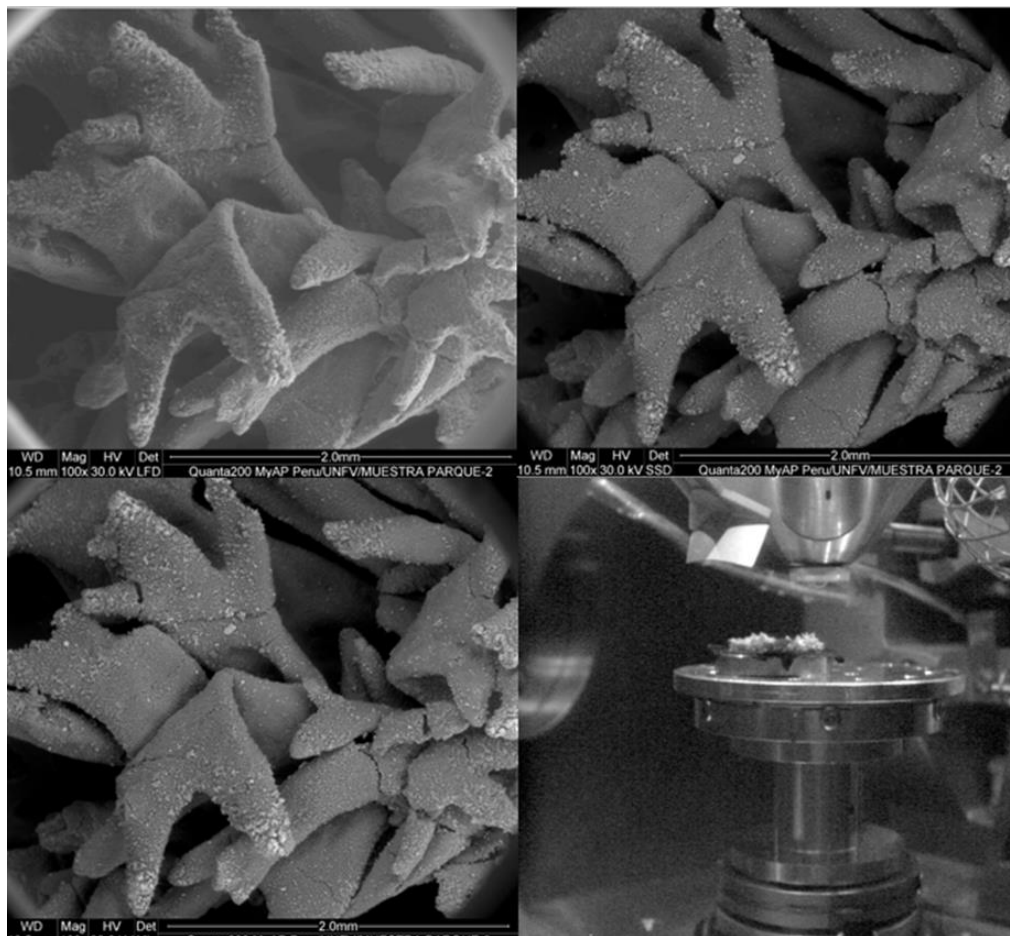


Fuente. Elaboración Propia (2021)

Lo que apunta la información presentada en la figura 11, respecta a, una concentración elemental en las muestras del parque Precursores I, con prevalencia de Calcio, Silicio, Potasio, Azufre y Aluminio, conforme es la distribución presentada en la espectroscopía; de esta manera, se continúa con la presentación de las imágenes microscópicas de las condiciones de las muestras tomadas en el parque en cuestión, las mismas que, se observan en la próxima figura 12.

Figura 13

Resultados en imágenes SSD LFD MIX parque Precursores I



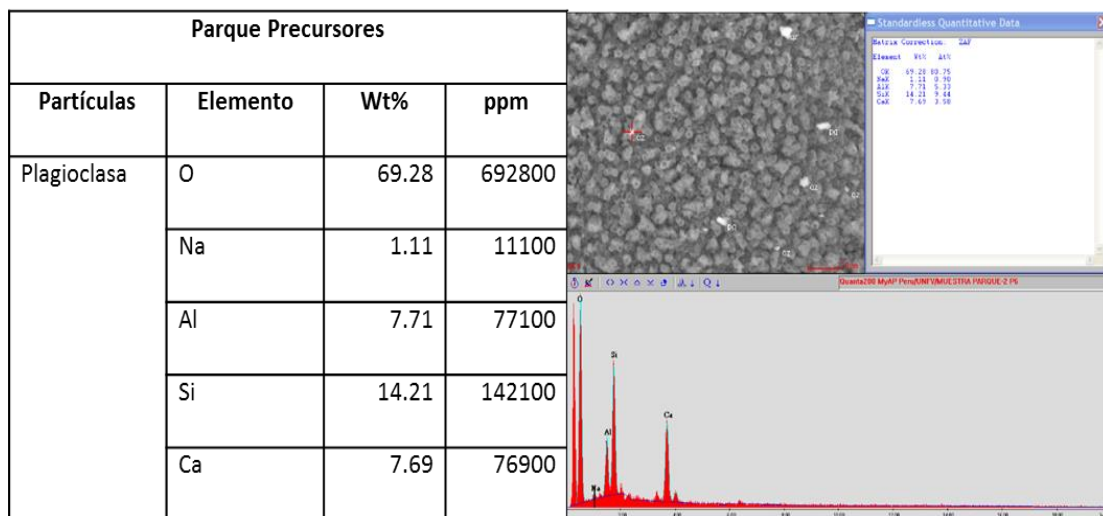
Fuente. Elaboración Propia (2021)

En la primera imagen se muestra la estructura del líquen Roccella usando el detector de electrones secundarios en bajo vacío (LFD), la segunda imagen se muestra la estructura del líquen Roccella usando el detector de electrones retrodispersados (SSD), la tercera imagen se muestra la estructura del líquen Roccella usando el detector mixto (MIX), y la cuarta imagen se muestra la colocación de la muestra previo a su análisis.

Es de esta forma que se puede añadir que, la presencia de partículas adheridas al liquen el cual se le reconoce por su aspecto brillante, podría estar relacionado con los elementos de la composición mineralógica del sustrato (roca) o la existencia de metales pesados. Consecuentemente con el marco del diagnóstico espectroscópico, se tiene la presencia de partículas de plagioclasas y biotita y serisita contenidas en las figuras 13.

Figura 14

Concentración de partículas de Plagioclasas

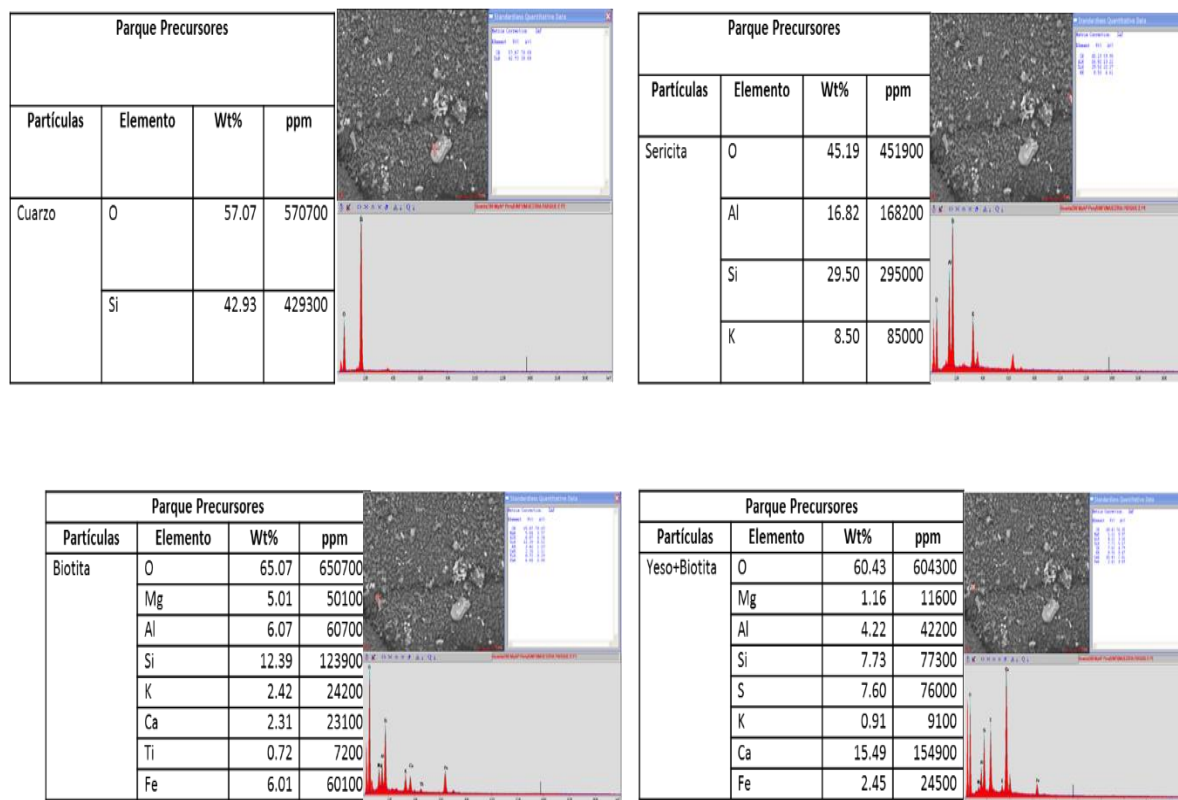


Fuente. Elaboración Propia (2021)

La concentración de partículas de Plagioclasas en las muestras de Precursores I, señala la existencia de altas proporciones para Silicio, Aluminio y Calcio; en complemento, se añade a través de la figura 10, el resto de composiciones encontradas, correspondientes a, Cuarzo, Sericita, Biotita y Yeso.

Figura 15

Composición de partículas p.2 Parque Precursores I.

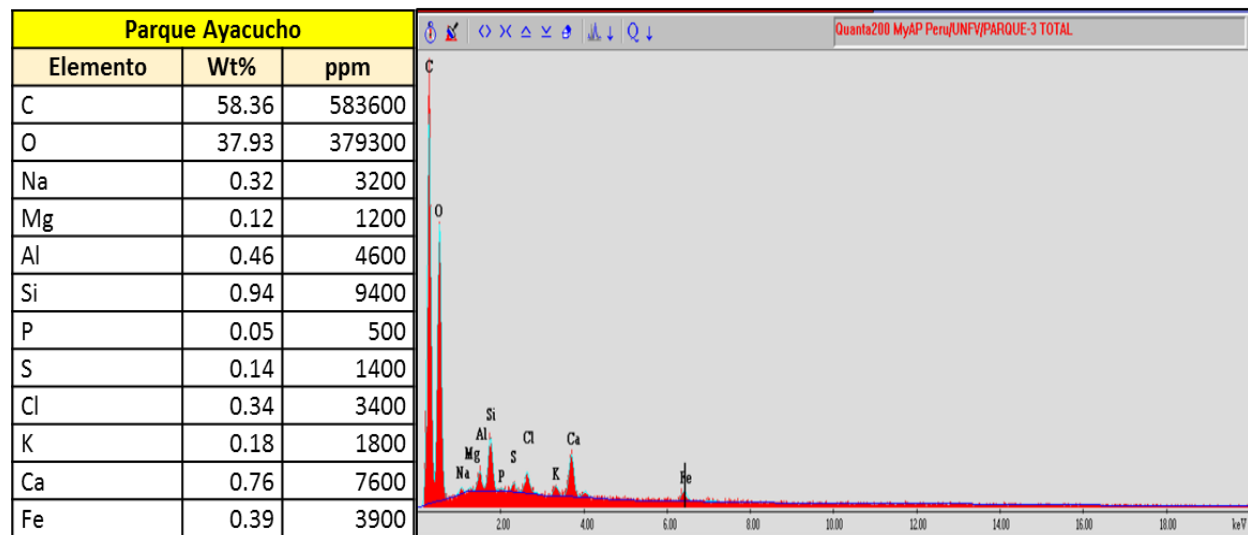


Fuente. Elaboración Propia (2021)

Según la espectroscopía sugerida en la figura 14 y respecto a la concentración de las partículas mencionadas en las muestras, se resume que, la mayor proporción de ellas, se asocia con la presencia de, Calcio, Silicio y Aluminio. Finalmente, se expone la espectroscopía y concentración de elementos químicos, encontrados en las muestras del parque Ayacucho, enmarcados en la figura 15.

Figura 16

Concentración elemental y espectroscopía parque Ayacucho

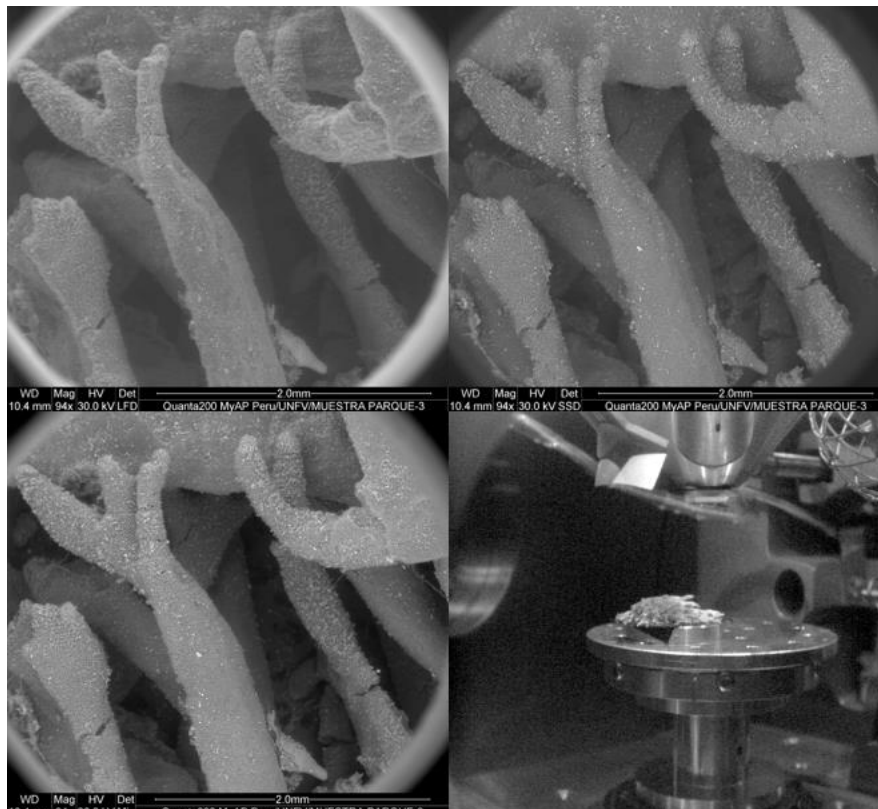


Fuente. Elaboración Propia (2021)

Los valores de la espectroscopía en Ayacucho demuestran la presencia de concentraciones de, Silicio, Calcio y Aluminio, al margen de la existencia de Carbono y Oxígeno, los mismos que, son elementos sustanciales de la estructura de los líquenes *Roccella*; es así que, se añaden los resultados complementarios en las imágenes LFD SSD y MIX de las muestras estudiadas.

Figura 17

Resultado LFD SSD y MIX parque Ayacucho



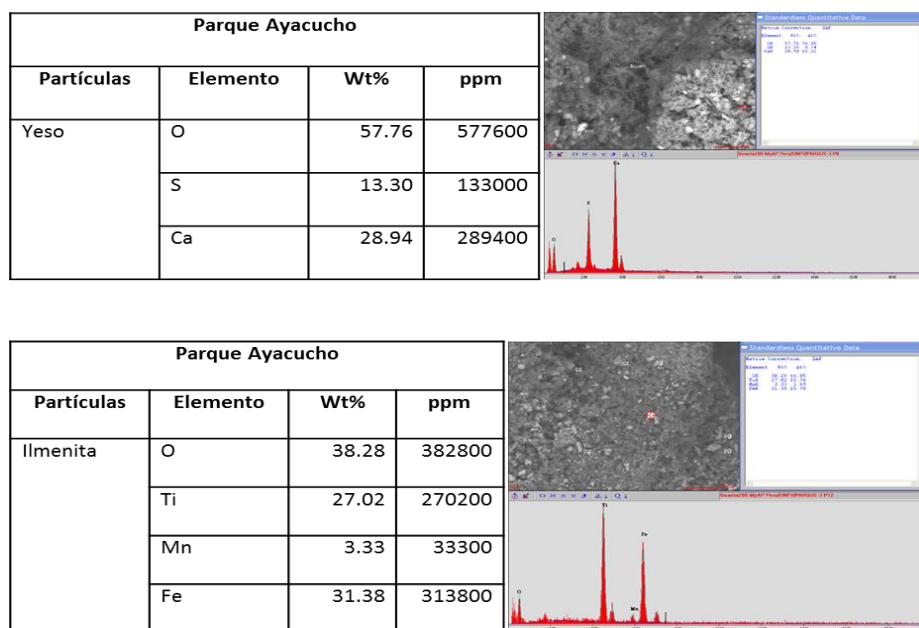
Fuente. Elaboración Propia (2021)

En la primera imagen se muestra la estructura del líquen Rocella usando el detector de electrones secundarios en bajo vacío (LFD), la segunda imagen se muestra la estructura del líquen Rocella usando el detector de electrones retrodispersados (SSD), la tercera imagen se muestra la estructura del líquen Rocella usando el detector mixto (MIX), y la cuarta imagen se muestra la colocación de la muestra previo a su análisis. Entretanto, la presencia de partículas adheridas al líquen el cual se le reconoce por su aspecto brillante, podría estar relacionado con los elementos

de la composición mineralógica del sustrato (roca) o la existencia de metales pesados. Continuando con la presentación de los resultados del análisis espectroscópico, se tiene en la próxima figura, la concentración de partículas de, Yeso e Ilmenita hallados en las muestras estudiadas del parque Ayacucho.

Figura 18

Concentración elemental de partículas parque Ayacucho

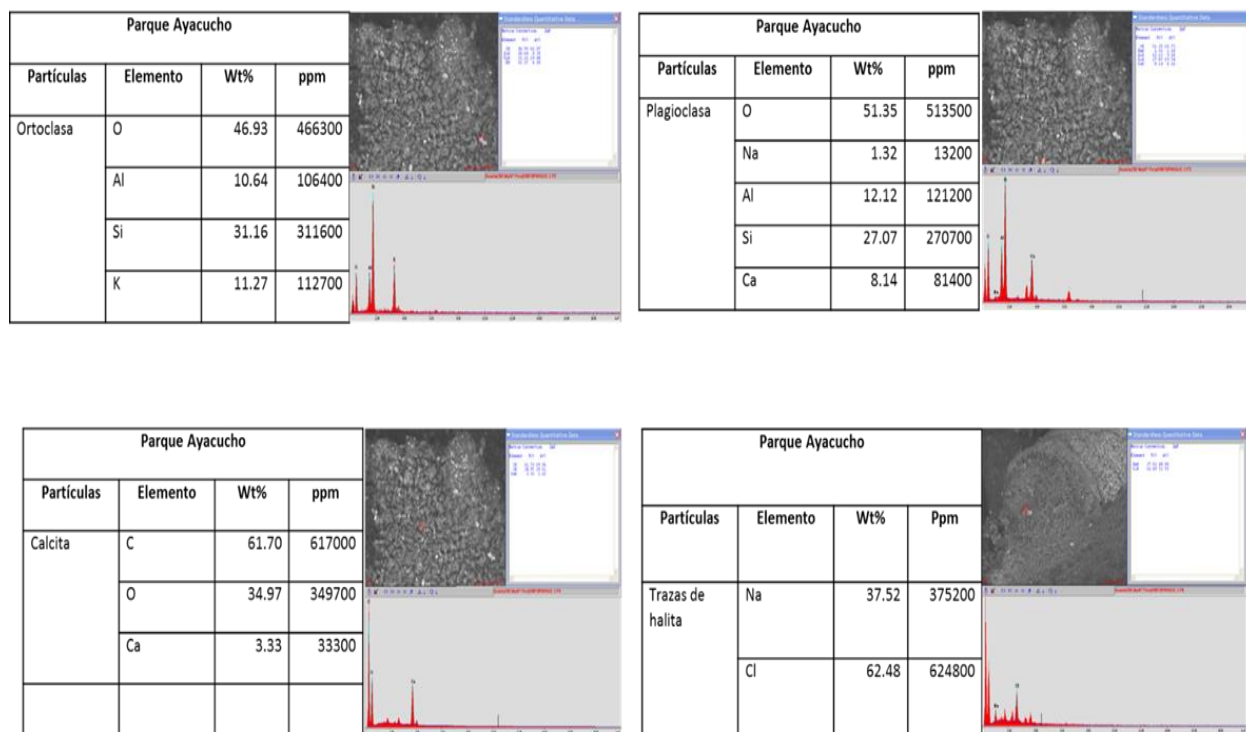


Fuente. Elaboración Propia (2021)

Los valores advierten una importante concentración de, Calcio, Titanio y Hierro; de igual manera, se añaden las concentraciones obtenidas para partículas de, Ortoclasas, Plagioclasas, Calzita y Trazas de Halita en la siguiente figura 18.

Figura 19

Concentración elemental de partículas p.2 Parque Ayacucho



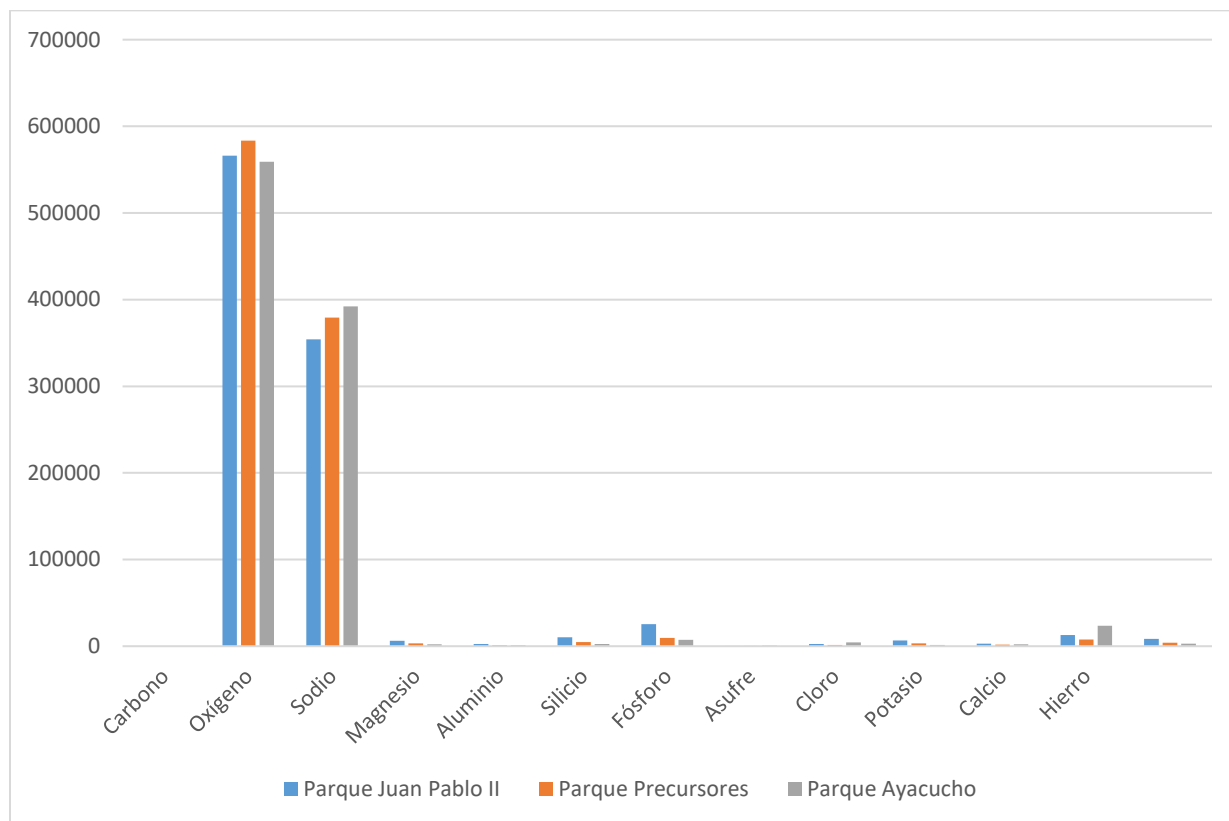
Fuente. Elaboración Propia (2021)

De los resultados para el análisis espectroscópico de las muestras del parque Ayacucho, se hallaron, concentraciones significativas de, Cloro, Sodio, Silicio, Aluminio y Potasio. En este sentido, para poder constituir un análisis global del diagnóstico encontrado sobre las muestras de los tres parques estudiados, se tiene la siguiente contrastación de los elementos encontrados en las mismas consecuentemente con la tabla 11 y figura 15.

Tabla 8.*Contrastación de presencia elemental en los parques*

	Parque Pablo II	Juan Parque Precursores	Parque Ayacucho
Elemento	ppm	ppm	ppm
Carbono	566000	583600	559100
Oxígeno	354200	379300	392200
Sodio	6200	3200	2300
Magnesio	2400	1200	1100
Aluminio	10300	4600	2600
Silicio	25600	9400	7400
Fósforo	500	500	600
Azufre	2600	1400	4300
Cloro	6700	3400	1500
Potasio	3100	1800	2300
Calcio	12900	7600	23600
Hierro	8400	3900	3000

Fuente. Elaboración Propia (2021)

Figura 20*Distribución elemental en los parques**Fuente. Elaboración Propia (2021)*

En observación de la información expuesta en la tabla 11 y figura 19, se logra distinguir que, las mayores concentraciones de partículas elementales se debieron a la presencia de, Silicio, sobretodo en el parque Juan Pablo II, Calcio, con mayor proporción en Ayacucho, seguido del Aluminio, con una tendencia similar a la descrita en el Silicio, éstas existencias, se siguen de, Cloro, Sodio y Potasio.

En atención a los índices de Pureza Ambiental IPA calculados para los parques de muestra de estudio, se obtuvo, como bien se explicó en los apartados anteriores que, Juan Pablo II con un IPA de 3,2 es la zona con menor concentración de pureza, lo cual se refleja de igual manera, en las pruebas de microscopia de barrido ambiental, donde se encontraron en las muestras liquénicas, proporciones importantes de, Silicio, Calcio y Aluminio, de manera fundamental, en consecuencia con, el índice calculado para el parque Precursores I, el mismo que resultó con un IPA de 3,5 y con la misma tendencia de proporción en los elementos metálicos que Juan Pablo II, situación que, es extensiva al parque Ayacucho, cuyo IPA fue el más alto y presenta a la vez, menor concentración de partículas contaminantes en las muestras analizadas.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Distrito San Miguel es un territorio compuesto por la disposición de 63 zonas de parques, de los cuales, se seleccionó una muestra de tres, de acuerdo con las mediciones sucesivas de la cantidad de tráfico vehicular, a partir de los datos referenciales del ruido, conforme se explicó en el apartado de resultados; de allí se obtuvo que, las unidades a estudiar fueron, Juan Pablo II que, registró una media de 61dB, considerada como de alto tráfico, Precursores I con un registro de 51,7 dB en la misma clasificación que el anterior y Ayacucho, con 37,1 dB, catalogado como bajo, pero, con una importante concentración de la especie arbórea *Spathodea Campanulata*; en efecto, la cantidad de especies liquénicas encontradas en el árbol mencionado, coinciden con los resultados de la investigación de Acevedo et al. (2018) donde los mismos señalan, la eficacia del empleo de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire, conforme son los hallazgos microscópicos de elementos contaminantes en su evaluación.

En esta misma línea de ideas, están los resultados presentados por Ambrosio et al. (2017) donde, en su estudio revelan que, la cantidad de especies arbóreas para la toma de muestras liquenológicas, es inversamente proporcional a la tasa de flujo vehicular calculado por los autores, es decir, en los parques de muestra, Amalia Puga, Mario Urteaga y Urbanización, mientras más alto fue la tasa de flujo vehicular, menor fue la cantidad de árboles a analizar, lo que guarda cierta similitud con los resultados de la investigación, en la dirección de relacionar, el tránsito vehicular circundante y la biodiversidad de las especies presentes.

Es así que, se tiene para el cálculo del índice de Pureza Atmosférica, el parque Juan Pablo II obtuvo un valor de 3,2, Precursores I de 3,5 y Ayacucho de 8,5 lo que ciertamente, tiene relación

con las mediciones referenciales del ruido, como un semblante de la densidad de tránsito vehicular, tal situación que, es similar a lo planteado por Cohn-Bergel et al. (2016) donde, expresaron en sus indagaciones científicas que, las zonas del corredor metropolitano de Guatemala destacadas con menor IPA, son aquellas que están sujetas a más factores de contaminación.

Lo mismo ocurre con Carrero et al. (2018) quienes utilizaron en su investigación, un biotipo de líquen folioso en las adyacencias de la ciudad de Villavicencio, donde obtuvieron como hallazgos fundamentales que, a mayor concentración de partículas contaminantes como PM10 y O3 menor era el índice de pureza ambiental calculado sobre la variedad muestral; estos aportes se corresponden con los resultados de la investigación, en consecuencia con, la dimensión de los IPAs, conforme fue la densidad de tránsito vehicular, expresado como presión sónica medida.

Así mismo, los hallazgos de la investigación, coinciden con los presentados por Ambrosio et al. (2017) donde el IPA de los tres parques analizados en el trabajo de estos autores, se alinean con la tasa de flujo vehicular identificado, siendo que, para las zonas con mayor tránsito de vehículos, menor fue el índice de pureza ambiental calculado.

En consecuencia, se identifica la postura de Fillipini (2018) cuya clasificación de la contaminación de las zonas boscosas en la provincia de Córdoba que analizó, fue de la mano con la expansión de las actividades de ganadería extensiva, la misma que amerita de la degradación de importantes cantidades de terrenos e inserción del uso de sustancias contaminantes. Por su parte, Villamar (2018) planteó una clasificación de las zonas estudiadas, conforme fue el grado de contaminación estimado, según el IPA calculado para cada una, consistente con el desarrollo de las ideas del segundo objetivo de investigación.

Caso similar ocurre con los resultados presentados en la investigación de Ramírez et al. (2013) los mismos que, argumentaron el valor del IPA calculado para el parque El Olívar de 6,5, con un perfil análogo de las condiciones ambientales del estudio, siendo que, San Miguel y San Isidro, pertenecen a la zona occidental costera y el biotipo de líquen de análisis fue el *Roccella*; los autores hallaron importantes concentraciones de Plomo en las muestras estudiadas, por cuanto señalaron que, el líquen *Roccella* es un bioindicador significativo de la calidad del aire, coincidiendo así, con el comportamiento de absorción de los líquenes de los parques observados en esta investigación.

Así mismo, los hallazgos obtenidos en la evaluación de la microscopía de barrido ambiental, se diferenció una concentración significativa de los siguientes elementos, Silicio, Calcio, Aluminio y Hierro, los mismos que, son originarios de las emanaciones de los vehículos que circundan los parques analizados; en tal sentido que, las proporciones encontradas de Silicio, se trata del proceso de descomposición de los lubricantes motores, mientras que, el calcio se debe al desgaste de los componentes como rodamientos. El Aluminio y Hierro, provienen del envejecimiento del sistema de frenos de los vehículos; de igual modo, estos datos son respaldados a la luz de lo añadido por López et al. (2017) quienes presentaron las evidencias de la capacidad de absorción de la especie líquénica *Parmotrema andinum* de este tipo de elementos metálicos y altamente contaminantes que, se originan en el ciclo de combustión de los vehículos. De igual manera, se encuentran los resultados de Mares (2017) que entre sus conclusiones afirmó que, los líquenes pueden variar su ecofisiología a medida que absorben los componentes azufrados y nitrogenados provenientes de las emisiones contaminantes vehiculares.

En cuanto al grado de relación entre el IPA y la presencia de contaminantes en los parques estudiados, los resultados de la prueba de microscopía ambiental advierten la existencia del mismo, en virtud de que, a mayor concentración de elementos contaminantes, menor fue el dimensionamiento del índice de pureza; situación que fue similar a lo descrito por Carrero et al. (2018) quien determinó la relación entre la existencia de las partículas PM₁₀ y el IPA en las muestras de líquenes foliosos; en esta misma línea de ideas, el análisis de Villamar (2018) apuntó que, en la habilidad del liquen foliáceo *Xanthoparmelia* sp, para la detección de plomo en la discriminación del diagnóstico de la calidad del aire, no encontró diferencias significativas entre la presencia de la diversidad liquénica en la ciudad del Puno y el nivel de concentración de Plomo en el aire del entorno.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se seleccionaron tres parques de acuerdo con, la densidad de tránsito automotriz, basándose en los registros de una evaluación referencial del ruido, a lo cual, se identificó la zona recreacional de Juan Pablo II con una media de 61 dB, Precursores con 51,7 dB y Ayacucho con 37,1 dB que, de igual manera, fueron los parques que, albergaron la mayor cantidad de *Spathodea Campanulata*, de donde se extrajeron las muestras de líquen *Roccella*.
- 6.2. El cálculo del Índice de Pureza Atmosférica en los parques seleccionados, señalaron los siguientes valores, Juan Pablo II 3,2 Precursores I 3,5 y Ayacucho 8,5.
- 6.3. A través del análisis de microscopía de barrido ambiental, se identificó importantes concentraciones de elementos como, Silicio, Calcio, Aluminio y Hierro, los cuales, pueden ubicarse su fuente en las emanaciones de los gases del parque automotor.
- 6.4. La concentración de elementos contaminantes en las muestras observadas, guarda relación con el índice de pureza atmosférica calculado para los parques, por lo tanto, el líquen *Roccella* se constituye como un bioindicador de la contaminación ambiental existente en un entorno, debido a su capacidad de absorber partículas que provienen de emisiones adversas, siendo las mismas, consistentes con el diagnóstico del tránsito vehicular efectuado en el primer objetivo de investigación.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. En consecuencia con la distribución urbana del Distrito San Miguel y la proximidad de las zonas recreacionales con la circulación masiva del flujo automotor, es preciso que, las autoridades distritales emprendan campañas de concienciación y reglamentación, las mismas que, pueden ser iniciativas de la municipalidad, por medio de la colocación de avisos ilustrativos en zonas recreacionales como las presentadas en la investigación, complementariamente con mensajes en redes sociales que se conviertan en tendencias, es decir, empleando reflexiones conservacionistas, asumidas con hashtag.
- 7.2. Aunado a esto, el gobierno municipal de San Miguel, deberá asumir una modificación en las ordenanzas, en la cual se considere, la inclusión del requerimiento de que, para emitir la permisología concerniente a la circulación vehicular, el propietario presente constancia de mantenimiento del vehículo, como por ejemplo, alguna verificación que, permita constatar el mantenimiento de inyectores que coadyuve a la mitigación de las emisiones de gases contaminantes.
- 7.3. En este sentido, se recomienda que la municipalidad de San Miguel ejecute pruebas de barrido ambiental, tomando en cuenta, los resultados obtenidos en esta investigación, para mesurar la cantidad de contaminantes existentes en las muestras liquénicas, sumado al establecimiento del IPA, de acuerdo con la metodología presentada en el anexo E; en efecto, la realización de las pruebas microscópicas, se encuentran por el orden de S./ 1,500 como un precio estándar, desde donde, la organización estatal podrá referenciar las licitaciones requeridas para ello.

7.4. Todo lo anteriormente dispuesto, se encuentra en el orden de, esgrimir acciones correctivas, de cara a los índices de contaminación encontrados, ya que, se encontró una patente relación entre el Índice de Pureza Ambiental calculado en los parques analizados y la concentración de partículas contaminantes en las muestras, por lo cual, el líquen *Roccella* asumió la cualidad de absorción de las mismas, de acuerdo con los hallazgos de las pruebas de microscopia ambiental y el tránsito vehicular de las adyacencias a los mismos; en complemento, la especie *Spathodea Campanulata* es un ecosistema propicio, para la recolección de muestras líquénicas del tipo *Roccella*, por lo que, se facilita un análisis de las condiciones contaminantes de un contexto, a través de la manipulación de esta variedad.

VIII. REFERENCIAS

- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. Obtenido de <https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
- Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2017). *Hacia un planeta sin contaminación. Informe del Director Ejecutivo*. Obtenido de <https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/k1708350s.pdf>
- Asociación Automotriz del Perú. (2019). *AAP: Los efectos de un parque automotor escaso y antiguo*. Obtenido de <https://aap.org.pe/aap-los-efectos-de-un-parque-automotor-escaso-y-antiguo-2/>
- Dancé, J., & Sáenz, D. (2013). *Estado de la situación y gestión ambiental en el Perú (Informe de investigación)*. Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/contabilidadyeconomia/images/pdf/investigacion/Estado.pdf>
- Fernández, C. (2017). *Qué es un líquen?* Obtenido de <https://caumas.org>: <https://caumas.org/wp-content/uploads/2017/08/Trabajp-para-la-biblioteca-Qu%C3%A9-es-un-liquen..pdf>
- García, A. (2019). *BIOINDICADORES DE CALIDAD. CAPÍTULO I: LÍQUENES*. Obtenido de <http://eimaformacion.com>: <http://eimaformacion.com/bioindicadores-de-calidad-liquenes/>
- Gonzales, N., Luján, M., Navarro, G., & Flores, R. (2016). Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de

- Cochabamba. *Acta Nova*, 7(4), 455-482. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v7n4/v7n4_a06.pdf.
- Hernández, A., Reinoso, M., & Hernández, F. (2018). Contaminantes atmosféricos procedentes de centrales azucareros de la provincia de Holguín. 34(3). Obtenido de *Minería y Geología*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Distrito Federal, México: McGraw-Hill / Interamericana Editores.
- Mares, I. (2017). *Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire*. Obtenido de <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/IRENE%20MARES%20RUEDA.pdf>
- Meira, P. (2013). Problemas ambientales globales y educación ambiental. Una aproximación desde las representaciones sociales del cambio climático. *Revista Integra Educativa*, 6(3), 29-64.
- Méndez, V., & Monge, J. (2011). El uso de líquenes como biomonitores para evaluar el estado de la contaminación atmosférica a nivel mundial. *Biocenosis*, 25(1-2), 51-67. Recuperado de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1188/1219>.
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2014). *Plano de Zonificación de Lima Metropolitana - San Miguel*. Obtenido de <http://imp.gob.pe/images/Planos%20de%20Zonificacion/1%20San%20Miguel.pdf>
- Pérez, O. (2014). *Cálculo del Índice de Pureza Atmosférica (IPA) en La Plata y alrededores (Buenos Aires, ARGENTINA)*. Obtenido de [www.researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/262876286_Calculo_del_Indice_de_Pureza_Atmosferica_IPA_en_La_Plata_y_alrededores_Buenos_Aires_ARGENTINA](http://www.researchgate.net/publication/262876286_Calculo_del_Indice_de_Pureza_Atmosferica_IPA_en_La_Plata_y_alrededores_Buenos_Aires_ARGENTINA)

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente . (2016). *Healthy Environment, Healthy People*. Obtenido de <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17602/K1602727%20INF%20%20Eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Querol, X. (2018). *La calidad del aire en las ciudades. Un reto mundial*. Obtenido de <http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>
- Quispe, K; Ñique, M; Chuquilin, E;. (2013). LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE TINGO MARÍA, PERU. *Investigación y Amazonía*, 2, 99-104. doi:ISSN 2224-445X
- Ramírez, A., Márquez, L., Cano, G., Valle, E. (2013). *Línea de Base Liquélica para monitorear la calidad del aire en el parque El Olívar, San Isidro, Lima*. San Isidro: Universidad de San Marcos.
- Rivera, J. (2012). Desarrollo de un Modelo Dinámico para determinar la incidencia de los factores contaminantes del aire en la población de Lima Metropolitana. *15(2)*, 54-62. Obtenido de Industrial Data.
- Rojas, I. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: Una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de Educar*, 12(24), 277-297. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>.
- Toro, M. (2019). *Contaminación del aire: qué es, causas, consecuencias y soluciones*. Obtenido de upb.edu.co: <https://www.upb.edu.co/es/blogs/upb-sostenible/contaminacion-aire>

Unidad de Desarrollo Sostenible Región de América Latina y el Caribe del Banco Mundial. (2007).

Análisis Ambiental del Perú: Retos para un desarrollo sostenible. Obtenido de http://siteresources.worldbank.org/INTPERUINSPANISH/Resources/Resumen_Ejecutivo_FINAL_publicado_corregido_Junio_11.pdf

Vásquez, M. (2015). *Estudio de los efectos de la contaminación atmosférica sobre los bioindicadores liquénicos y la degradación de los mismos. (Tesis doctoral).* Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. Obtenido de https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/16951/4/0722035_00000_0000.pdf

Villamar, O. (2018). *Evaluación de la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental y el análisis de metales pesados en el liquen xanthoparmelia sp. (vain.) hale en la ciudad de Puno. (Tesis de Pregrado).* Universidad Nacional del Antiplano. Puno, Perú. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10169/Villamar_Valdivia_Oskar_Guillermo.pdf?sequence=3&isAllowed=y

IX. ANEXOS

Anexo A Galería de Fotos de los Parques del Distrito San Miguel

Tabla 9

Parque Rafael Escardó

	Código	01
	Norte	8663857
	Este	271822
	Área (ha.)	0.45
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea Campanulata	3

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 10

Parque Simón Bolívar

	Código	02
	Norte	8663780
	Este	271602
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 11*Parque Miguel Grau*

	Código	03
	Norte	8663720
	Este	271340
	Área (ha.)	0.42
	Tránsito	Bajo
	Decibeles (dB)	39.7
	# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 12***Parque Rosa Merino*

	Código	04
	Norte	8663916
	Este	271462
	Área (ha.)	0.58
	Tránsito	Medio
	Decibeles (dB)	41.4
	#Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 13*Parque Ayacucho*

	Código	05
	Norte	8664010
	Este	271507
	Área (ha.)	0.65
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea Campanulata	6

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 14***Parque Virgen de Guadalupe*

	Código	06
	Norte	8664133
	Este	271253
	Área (ha.)	0.65
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea Campanulata	6

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 15*Parque Paititi*

	Código	07
	Norte	8664039
	Este	271209
	Área (ha.)	0.60
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	1

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 16***Parque Chicama Pucala*

	Código	08
	Norte	8664049
	Este	271020
	Área (ha.)	1.24
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 17*Parque Vilcahuara*

	Código	09
	Norte	8663828
	Este	271098
	Área (ha.)	0.71
	Tránsito	Medio
	# Spathodea	0
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia**Tabla 18***Parque Inca Garcilaso de la Vega*

	Código	10
	Norte	8663649
	Este	271127
	Área (ha.)	0.20
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea	1
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 19*Parque Brasil*

	Código	11
	Norte	8663994
	Este	270836
	Área (ha.)	0.60
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 20***Parque Argentina*

	Código	12
	Norte	8664176
	Este	270615
	Área (ha.)	1.13
	Tránsito	Alto
	# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 21*Parque la Medalla Milagrosa*

Código	13
Norte	8664296
Este	270918
Área (ha.)	0.58
Tránsito	Medio
#Spathodea Campanulata	4

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 22*Parque Luis Moreno*

Código	14
Norte	8664443
Este	270915
Área (ha.)	0.60
Tránsito	Alto
# Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 23*Parque José Martí*

	Código	15
	Norte	8664653
	Este	271268
	Área (ha.)	1.09
	Tránsito	Medio
	# Spathodea	1
	Campanulata	

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 24***Parque Monitor Huáscar*

	Código	16
	Norte	8664768
	Este	271451
	Área (ha.)	0.89
	Tránsito	Medio
	# Spathodea	0
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 25*Parque Isla del Gallo*

	Código	17
	Norte	8664527
	Este	271368
	Área (ha.)	0.22
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea	0
	Campanulata	

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 26***Parque Macarena*

	Código	18
	Norte	8662800
	Este	273749
	Área (ha.)	0.44
	Tránsito	Medio
	# Spathodea	3
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 27*Parque Udimá*

	Código	19
	Norte	8662700
	Este	273942
	Área (ha.)	0.20
	Tránsito	Medio
	# Spathodea	0
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia**Tabla 28***Parque Santa Eulalia*

	Código	20
	Norte	8663077
	Este	274113
	Área (ha.)	0.47
	Tránsito	Medio
	# Spathodea	7
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia

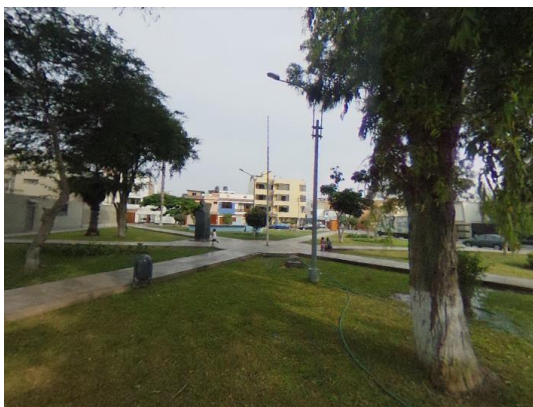
Tabla 29*Parque la Fraternidad*

	Código	21
	Norte	8663211
	Este	274275
	Área (ha.)	0.32
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 30***Parque la Amistad*

	Código	22
	Norte	8663339
	Este	274278
	Área (ha.)	0.19
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea Campanulata	1

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 31*Parque Mayor Fap Miguel Alegre Rodriguez*

Código	23
Norte	8663461
Este	274399
Área (ha.)	0.25
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 32***Parque Maria Reiche*

Código	24
Norte	8663323
Este	273989
Área (ha.)	0.29
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 33*Parque Santa Florencia*

	Código	25
	Norte	8663373
	Este	273898
	Área (ha.)	0.36
	Tránsito	Alto
	# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 34***Parque Junín*

	Código	26
	Norte	8663651
	Este	273910
	Área (ha.)	0.41
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 35*Parque Pershing*

Código	27
Norte	8663730
Este	273822
Área (ha.)	0.53
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	1

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 36*Parque Bartolomé Herrera*

Código	28
Norte	8663706
Este	273687
Área (ha.)	0.30
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 37*Parque el Campillo*

Código	29
Norte	8663797
Este	273598
Área (ha.)	0.47
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	3

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 38*Parque Juan XXIII*

Código	30
Norte	8663498
Este	273699
Área (ha.)	1.07
Tránsito	Bajo
# Spathodea Campanulata	3

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 39*Parque de los Banqueros*

Código	31
Norte	8663419
Este	273414
Área (ha.)	1.11
Tránsito	Alto
# Spathodea Campanulata	1

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 40*Parque Santa Rosa*

Código	32
Norte	8663563
Este	273519
Área (ha.)	0.73
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 41*Parque la Sagrada Familia*

	Código	33
	Norte	8663276
	Este	272910
	Área (ha.)	2.31
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	4

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 42***Parque Capitán José Soto Merino*

	Código	34
	Norte	8663485
	Este	272992
	Área (ha.)	1.02
	Tránsito	Alto
	# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 43*Parque Plaza del Trabajo*

	Código	35
	Norte	866368
		8
	Este	273041
	Área (ha.)	1.36
	Tránsito	Alto
	# Spathodea Campanulata	11

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 44***Parque Ecológico*

	Código	36
	Norte	8663892
	Este	273061
	Área (ha.)	0.48
	Tránsito	Alto
	# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 45*Parque Juan Pablo II*

	Código	37
	Norte	8664180
	Este	273084
	Área (ha.)	3.19
	Tránsito	alto
	# Spathodea Campanulata	20

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 46***Parque Paulo VI*

	Código	38
	Norte	8663141
	Este	273471
	Área (ha.)	0.48
	Tránsito	bajo
	# Spathodea Campanulata	1

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 47*Parque Virgen de la Asunción*

	Código	39
	Norte	8663197
	Este	273107
	Área (ha.)	0.60
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 48***Parque Virgen de Fátima*

	Código	40
	Norte	8664545
	Este	272456
	Área (ha.)	1.91
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 49*Parque Paul Harris*

	Código	41
	Norte	8664234
	Este	272102
	Área (ha.)	1.11
	Tránsito	Alto
	# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 50***Parque Ciudades Hermanas*

	Código	42
	Norte	8664572
	Este	272173
	Área (ha.)	1.20
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 51*Parque José Abelardo Quiñones*

Código	43
Norte	8664530
Este	271918
Área (ha.)	2.07
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	3

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 52***Parque 200 Millas*

Código	44
Norte	8663620
Este	271761
Área (ha.)	0.83
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	6

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 53*Parque César Vallejo*

Código	45
Norte	8663790
Este	272178
Área (ha.)	1.30
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	9

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 54*Parque Precursores 1*

Código	46
Norte	8664873
Este	271862
Área (ha.)	1.33
Tránsito	Alto
# Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 55*Parque Precursores 2*

	Código	47
	Norte	8664826
	Este	272180
	Área (ha.)	1.18
	Tránsito	Alto
	# Spathodea Campanulata	7

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 56***Parque Capitán Manuel Galindo*

	Código	48
	Norte	8665591
	Este	271513
	Área (ha.)	0.26
	Tránsito	Alto
	#Spathodea Campanulata	1

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 57*Parque Solidaridad*

	Código	49
	Norte	8665515
	Este	271117
	Área (ha.)	0.09
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 58***Parque Santos Chocano*

	Código	50
	Norte	8665198
	Este	271189
	Área (ha.)	1.87
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 59*Parque Santiago Acuña*

Código	51
Norte	8665120
Este	271517
Área (ha.)	1.05
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 60*Parque Tradiciones de Ricardo Palma*

Código	52
Norte	8665359
Este	271529
Área (ha.)	0.76
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	1

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 61*Parque Residencial Callao*

	Código	53
	Norte	8665451
	Este	271875
	Área (ha.)	0.70
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia**Tabla 62***Parque Mariscal Cáceres*

	Código	54
	Norte	8665239
	Este	271877
	Área (ha.)	0.56
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	1

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 63*Parque Manuel Polo Jimenez*

	Código	55
	Norte	8664979
	Este	271869
	Área (ha.)	0.61
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 64***Parque Santiaguito*

	Código	56
	Norte	8665063
	Este	272111
	Área (ha.)	0.31
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 65*Parque Carabobo*

	Código	57
	Norte	8663483
	Este	271984
	Área (ha.)	0.48
	Tránsito	Medio
	# Spathodea Campanulata	0

*Fuente. Elaboración Propia***Tabla 66***Parque Tungasuca*

	Código	58
	Norte	8663760
	Este	272499
	Área (ha.)	0.44
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea Campanulata	2

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 67*Parque Israel*

	Código	59
	Norte	8663358
	Este	272716
	Área (ha.)	0.57
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea	0
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia**Tabla 68***Parque Miroquesada*

	Código	60
	Norte	8663739
	Este	272917
	Área (ha.)	0.67
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea	2
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 69*Parque Dammert*

	Código	61
	Norte	8663726
	Este	273239
	Área (ha.)	0.62
	Tránsito	Medio
	# Spathodea	0
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia**Tabla 70***Parque Amazonia*

	Código	62
	Norte	8664151
	Este	272940
	Área (ha.)	0.38
	Tránsito	Bajo
	# Spathodea	0
	Campanulata	

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 71*Parque Machu Picchu*

Código	63
Norte	8664412
Este	271635
Área (ha.)	0.37
Tránsito	Medio
# Spathodea Campanulata	0

Fuente. Elaboración Propia

Anexo B Cuadrantes Liquenológicos para la Toma de Muestras

PARQUE PRECURSORES: ÁRBOL 1

Cuadrante 1



Cuadrante 2



Cuadrante 3



Cuadrante 4



Cuadrante 5



PARQUE PRECURSORES: ÁRBOL 2



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3

Cuadrante 4



Cuadrante 5



PARQUE PRECURSORES: ÁRBOL 3



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3

Cuadrante 4



Cuadrante 5



PARQUE PRECURSORES: ÁRBOL 4



Cuadrante 1



Cuadrante 2



Cuadrante 3



Cuadrante 4



PARQUE PRECURSORES: ÁRBOL 5



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3

Cuadrante 4



Cuadrante 5



PARQUE AYACUCHO: ÁRBOL 1



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3

Cuadrante 4

Cuadrante 5



PARQUE AYACUCHO: ÁRBOL 2



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3



Cuadrante

Cuadrante 5



PARQUE AYACUCHO: ÁRBOL 3



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3

Cuadrante 4



Cuadrante 5

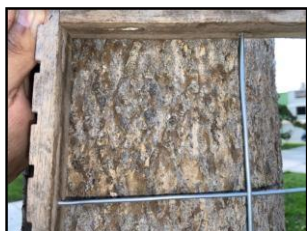


PARQUE AYACUCHO: ÁRBOL 4



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3

Cuadrante 4

Cuadrante 5



PARQUE AYACUCHO: ÁRBOL 5



Cuadrante 1



Cuadrante 2



Cuadrante 3



Cuadrante 4



Cuadrante 5



PARQUE JUAN PABLO II: ÁRBOL 1



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3



Cuadrante 4



Cuadrante 5



PARQUE JUAN PABLO II: ÁRBOL 2**Cuadrante 1****Cuadrante 2****Cuadrante 3****Cuadrante 4****Cuadrante 5**

PARQUE JUAN PABLO II: ÁRBOL 3



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3

Cuadrante 4



Cuadrante 5



PARQUE JUAN PABLO II: ÁRBOL 4



Cuadrante 1

Cuadrante 2



Cuadrante 3

Cuadrante 4



Cuadrante 5



PARQUE JUAN PABLO II: ÁRBOL 5



Cuadrante 1



Cuadrante 2



Cuadrante 3



Cuadrante 4



Cuadrante 5



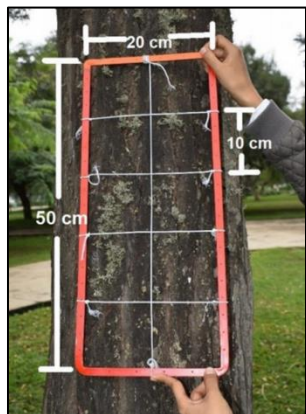
Anexo C Muestras Tomadas



Anexo D Síntesis de la Metodología para calcular el IPA

Metodología propuesta para calcular el Índice de Pureza Ambiental

Para el cálculo del IPA, previamente se tomarán las muestras de líquenes desde las especies arbóreas a analizar, considerando el empleo de la grilla liquenológica, la misma que, se ubica a 1,5mts del suelo sobre la corteza del árbol y cuyas dimensiones son:



En este sentido, se recogerán los datos pertinentes para el calcular el IPA, bajo la siguiente expresión.

$$IPA_j = \sum (Q_i \times F_i)$$

Siendo que, Q_i es el factor de tolerancia y F_i , la frecuencia de la especie liquénica en cada árbol analizado; es así que, la fórmula de cálculo de Q_i , es.

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

Donde:

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.

Es así que, se delimitan a continuación los cuadrantes en la superficie del árbol y se determina la cobertura de la especie liquénica sobre el mismo, determinando a la vez, la frecuencia de las mismas.

Posteriormente, se añade el producto entre el factor de tolerancia y la frecuencia, para así constituir el IPA de la zona evaluada, tal y como se presenta.

Nº Árbol	Características		Especies de Líquenes	Cuadrante					Cobertura (%)	Frecuencia	IPA								
	Circunferencia (cm)	Inclinación		Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	Cuadrante 5											
1	62	62.3°	cf. Physcia sp.	1.23	0	0	0	0	0.246	1	3.2								
			Leproglaea sp.	0	0.92	0.34	1.36	0	0.524	3									
2	69	71.2°	Leproglaea sp.	0.162	0	0	0	0	0.034	1	5								
			cf. Arthonia sp.	0.06	16.0	0.14	0.3	0.85	3.638	5									
3	77	82°	cf. Arthonia sp.	3.37	2.15	2.41	0.99	1.42	2.668	5									
4	61	56.8°	cf. Physcia sp.	0.012	0	0	0	0	0.004	1	5								
			Leproglaea sp.	0.5	0.27	0.73	0.26	0.23	0.398	5									
			Leproglaea sp.	0.05	0	0	0	0	0.01	1									
5	98	75.9°	cf. Arthonia sp.	3.62	13.2	6.33	2.14	1.35	5.342	5									
Especies																			
	Frecuencia 1 (F1)	Frecuencia 2 (F2)	Frecuencia 3 (F3)	Frecuencia 4 (F4)	Frecuencia 5 (F5)	Frecuencias				Q	F	Q x F							
cf. Physcia sp.	1	0.24	0	0	0	1	0	0	1	0	2	5	0.4	1.5	0.6				
Leproglaea sp.	3	0.52	1	0.034	0	0	5	0.39	0	0	3	1	0	5	0.6	2	1.2		
cf. Arthonia sp.	0	0	5	3.638	5	2.06	0	0	5	5.342	0	5	5	0	5	3	0.6	2	1.2
Leproglaea sp.	0	0	0	0	0	1	0.01	0	0	0	0	1	0	1	5	0.2	1	0.2	
IPA												3.2							
	Sumatoria	Nº de forófitos presentes		Sumatoria/Nº de Forófitos		Tabla		Sumatoria	Variables	Sumatoria/Variables									
cf. Physcia sp.	0.2464	2		0.1242		1 + 2		3	2	1.5									
Leproglaea sp.	0.9544	3		0.318133		1 + 3		4	2	2									
cf. Arthonia sp.	11.048	3		3.682667		1 + 3		4	2	2									
Leproglaea sp.	0.01	1		0.01		1 + 1		2	2	1									

Dentro de los aspectos incluidos en la tabulación del índice, se encuentra, las características propias del árbol, como la circunferencia del tronco y la inclinación, así como la cantidad de forófitos presentes en las especies de líquenes, cuyo valor, se cuantifica para la determinación del IPA.

Anexo E Resultados de Ruido Ambiental en los Parques de San Miguel

ANÁLISIS DE NIVELES DE RUIDO EN LOS PARQUES CON FLUJO VEHICULAR ALTO, MEDIO Y BAJO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Es preciso indicar que el presente estudio hace una relación del liquen como bioindicador tomando una base de datos de monitoreo de ruido indicados en la TABLA X.X. Sin embargo, para dar mayor sustento a que puedan ser representativos, se ha considerado un monitoreo de al menos 03 meses para los parques seleccionados. Dicho monitoreo se consideró los mismos criterios a lo realizado en el 2020, los cuales fue realizar el monitoreo en las horas de mayor congestión u hora pico (18:00 horas). Cabe indicar que los valores arrojados para los 03 parques en esos 03 meses se asemejan a los valores obtenidos anteriormente en el 2020; por lo que se presume que el rango de decibeles no varía mucho (Ver TABLA X.X). Además de ello, para poder reforzar este sustento; se solicitó acceso a la información pública a la Sub-Gerencia de Tránsito y Transporte de la municipalidad de San Miguel, un plano de calles y/o avenidas de bajo, medio y alto transito vehicular en el distrito de San Miguel; por lo que mediante el Memorándum N° 171-2022-SGTT-GDU/MDSM emitido el 27 de abril del 2022 (Ver Figura 1); el Subgerente de Tránsito y Transporte (Ing. Óscar Cáceres Polo) adjuntó un Plano del Sistema Vial Metropolitano aprobado con ord 341/MML sector San Miguel, el cual indica la categoría de las vías en el distrito, que corresponde al nivel del flujo vehicular (Ver Figura 2).

Comparando la categoría catalogada en el presente estudio y la categoría planteada en el Plano del Sistema Vial del sector San Miguel; y enfocándonos en los parques ubicados en la Av. De la Marina (parque Juan Pablo II) y Av. Precursores (parque Precursores), estos son catalogados

en los planos de la municipalidad como mayor afluencia vehicular y menor afluencia vehicular, respectivamente; lo cual concuerda con la categoría que se indica en el presente estudio. Asimismo, las calles que no han sido catalogadas en el Plano enviado por la municipalidad se entienden que no son muy concurridas, tal es el caso del parque que se encuentra ubicado en la Av. Ayacucho. En conclusión, se afirma que la categoría catalogada de los parques seleccionados en el presente estudio guarda relación con lo declarado por la municipalidad.

Asimismo, se afirma que, a mayor afluencia vehicular, mayor será los niveles de ruido provocados por los mismos. Cabe indicar que en el desarrollo del presente trabajo de investigación, la concentración de elementos contaminantes en las muestras observadas, guarda relación con el índice de pureza atmosférica calculado para los parques, por lo tanto, el líquen Roccella se constituye como un bioindicador de la contaminación ambiental existente en un entorno, debido a su capacidad de absorber partículas que provienen de emisiones adversas, siendo las mismas, consistentes con el diagnóstico del tránsito vehicular, por lo cual hay una relación del líquen como bioindicador tomando una base de datos de monitoreo de ruido.

Líneas abajo, se describe la evaluación de los resultados del monitoreo de niveles de ruido realizados en los parques de San miguel comparando con el ECA para Ruido.

Figura 1

Memorándum N° 171-2022-SGTT-GDU/MDSM


san miguel
 CREATIVO EN TODAS
 ¡Vamos por más!

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN MIGUEL
GERENCIA DE DESARROLLO URBANO
SUB GERENCIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE

MEMORANDUM N° 171-2022-SGTT-GDU/MDSM

A : **Abog. Mauricio J. Fonseca Bazo**
 Unidad de Administración Documentaria y Archivo

DE : **ING. ÓSCAR CÁCERES POLO**
 Sub Gerente de Tránsito y Transporte

ASUNTO : *Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública*

REFERENCIA : Exp. N° 5738-2022
 Memorando N° 170-2022-UADA-SG/MDSM

FECHA : San Miguel, 27 de abril de 2022

Por medio de la presente, me dirijo a usted para dar respuesta a la solicitud de acceso a la información, formulada por Diego Alexander Cari Acosta quien consulta sobre la lista y/o plano de calles/avenidas de bajo, medio y alto tránsito vehicular en el distrito de San Miguel.

Al respecto se le adjunta el plano con lo solicitado elaborado a base del Plano del Sistema Vial Metropolitano aprobado con Ord. 341/MML sector San Miguel, en el cual se indica la categoría de las vías en el distrito, que corresponde al nivel del flujo vehicular que reciben.

Es todo cuanto informo para su conocimiento y fines, me despido de Ud.

Atentamente

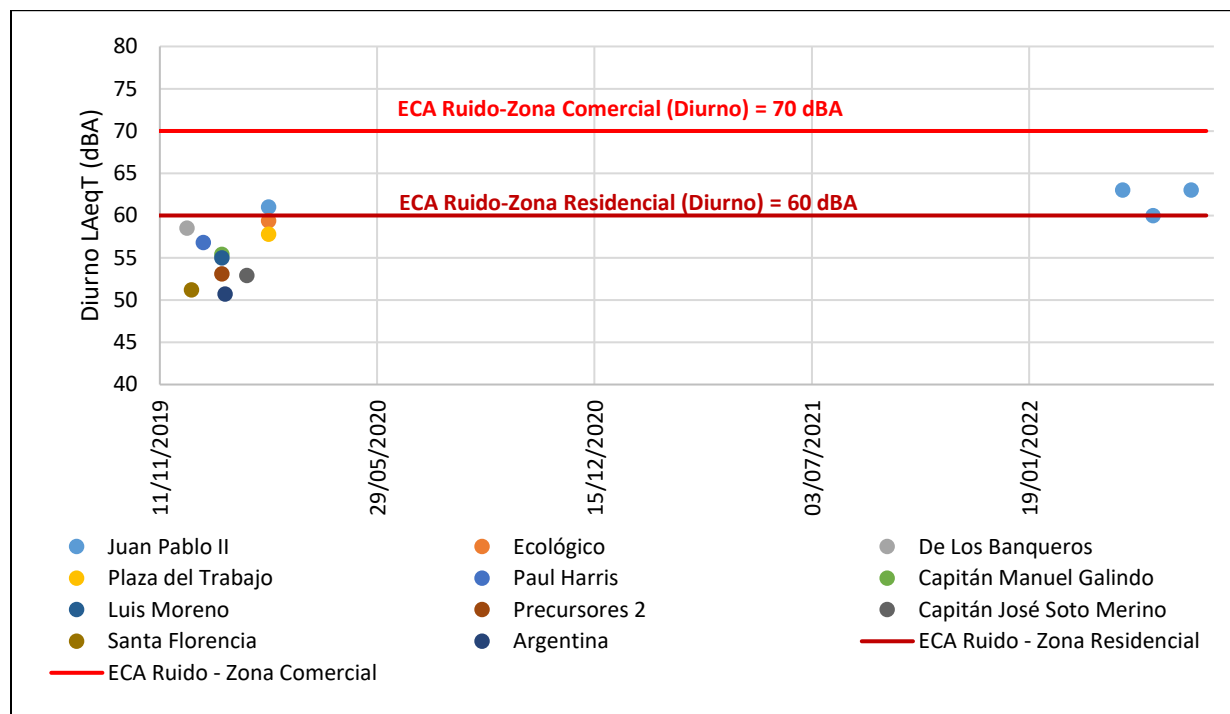

 ING. ÓSCAR CÁCERES POLO
 SUB GERENTE

Fuente: Municipalidad de San Miguel

San Miguel (Av. De La Marina), lo cual el ruido generado es producto de los sonidos del tráfico de los buses y sonidos del claxon.

Gráfico 1

Niveles de ruido en los parques con flujo vehicular alto



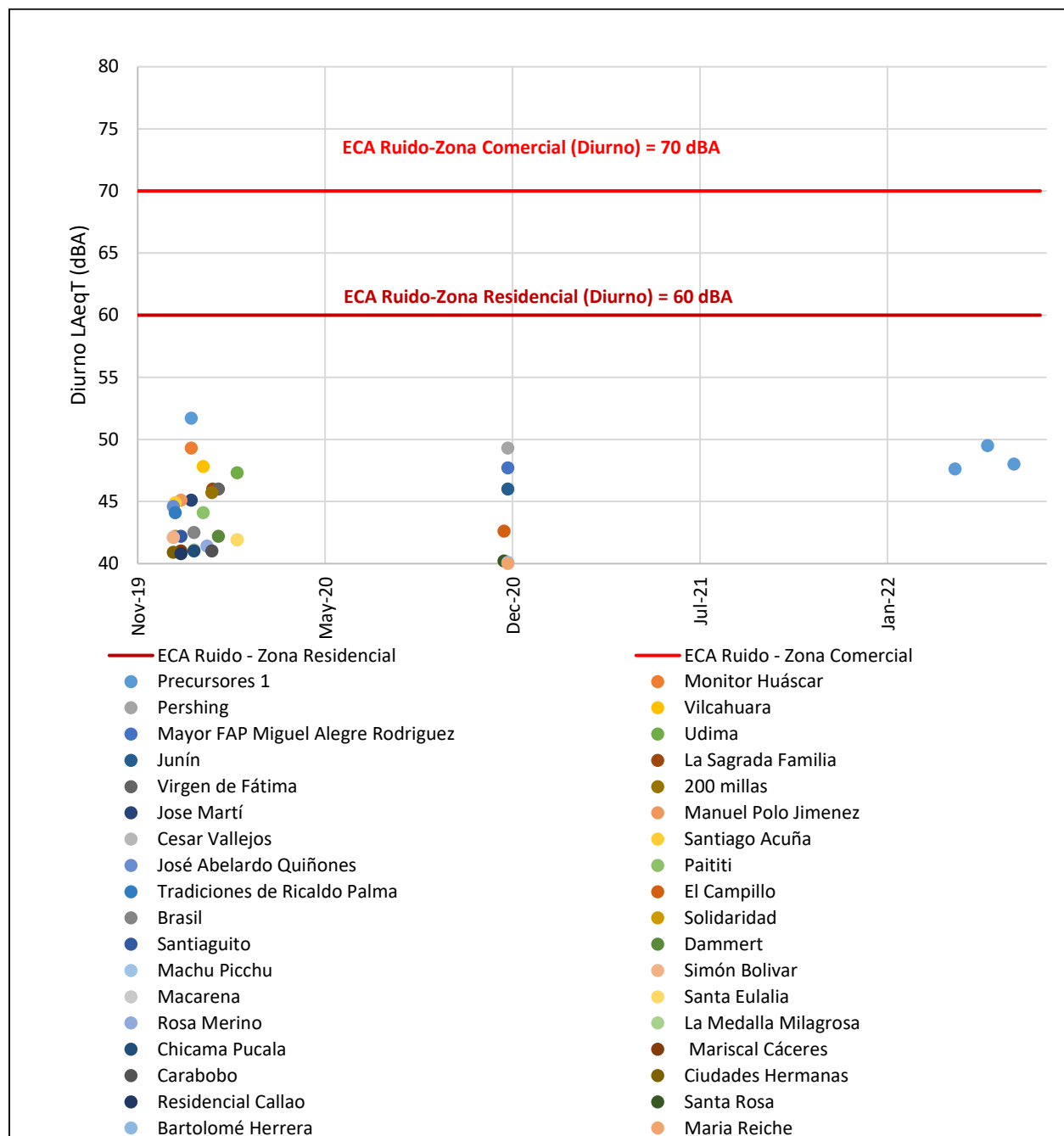
Fuente. Elaboración Propia

PARQUES CON FLUJO VEHICULAR MEDIO

De acuerdo en el Gráfico 2, se puede apreciar que todos los puntos evaluados en los parques con flujo vehicular medio cumplen con lo establecido al ECA para Ruido en periodo diurno para zona comercial y zona residencial. Los valores varían desde 40 dBA (parque Maria Reiche) hasta 51.7 (parque Precursores).

Gráfico 2

Niveles de ruido en los parques con flujo vehicular medio



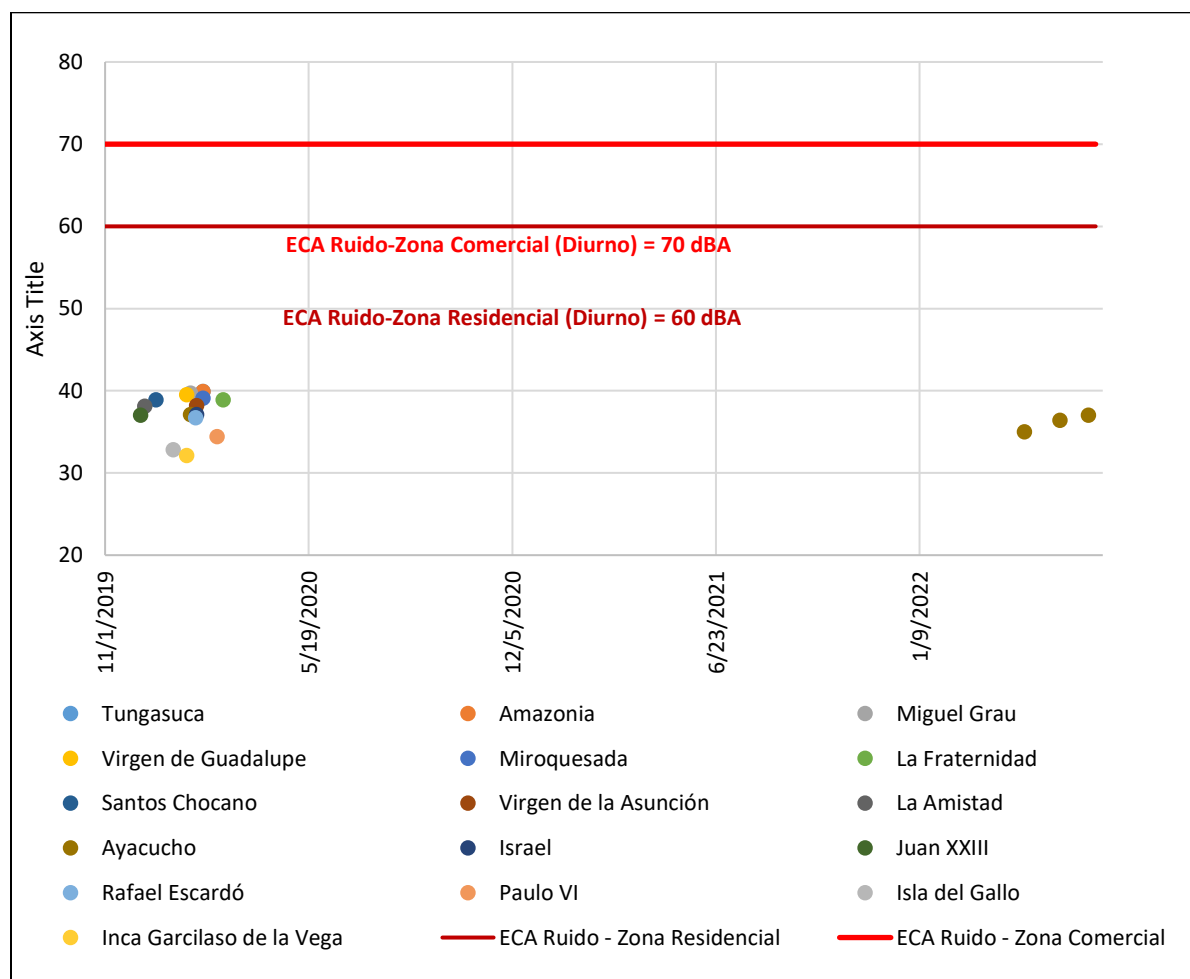
Fuente. Elaboración Propia

PARQUES CON FLUJO VEHICULAR BAJO

En el Gráfico 3, se puede apreciar que todos los puntos evaluados en los parques con flujo vehicular bajo cumplen con lo establecido al ECA para Ruido en periodo diurno para zona comercial y zona residencial. Los valores varían desde 32.1 dBA (parque Inca Garcilaso de la Vega) hasta 39.9 (parque Tungasuca y parque Amazonia).

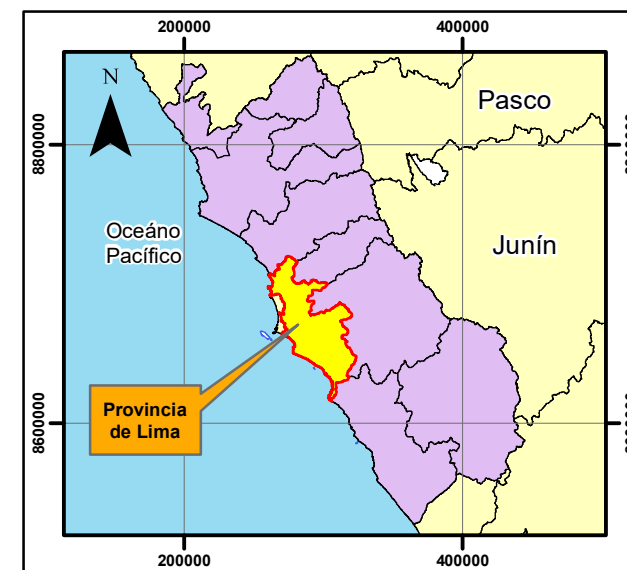
Gráfico 3

Niveles de ruido en los parques con flujo vehicular bajo



Fuente. Elaboración Propia

Anexo F Planos

**UBICACIÓN DEPARTAMENTAL****UBICACIÓN PROVINCIAL**

TEMA: LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AIRE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, LIMA PERÚ

PLANO: ÁREA DE ESTUDIO (DISTRITO DE SAN MIGUEL)

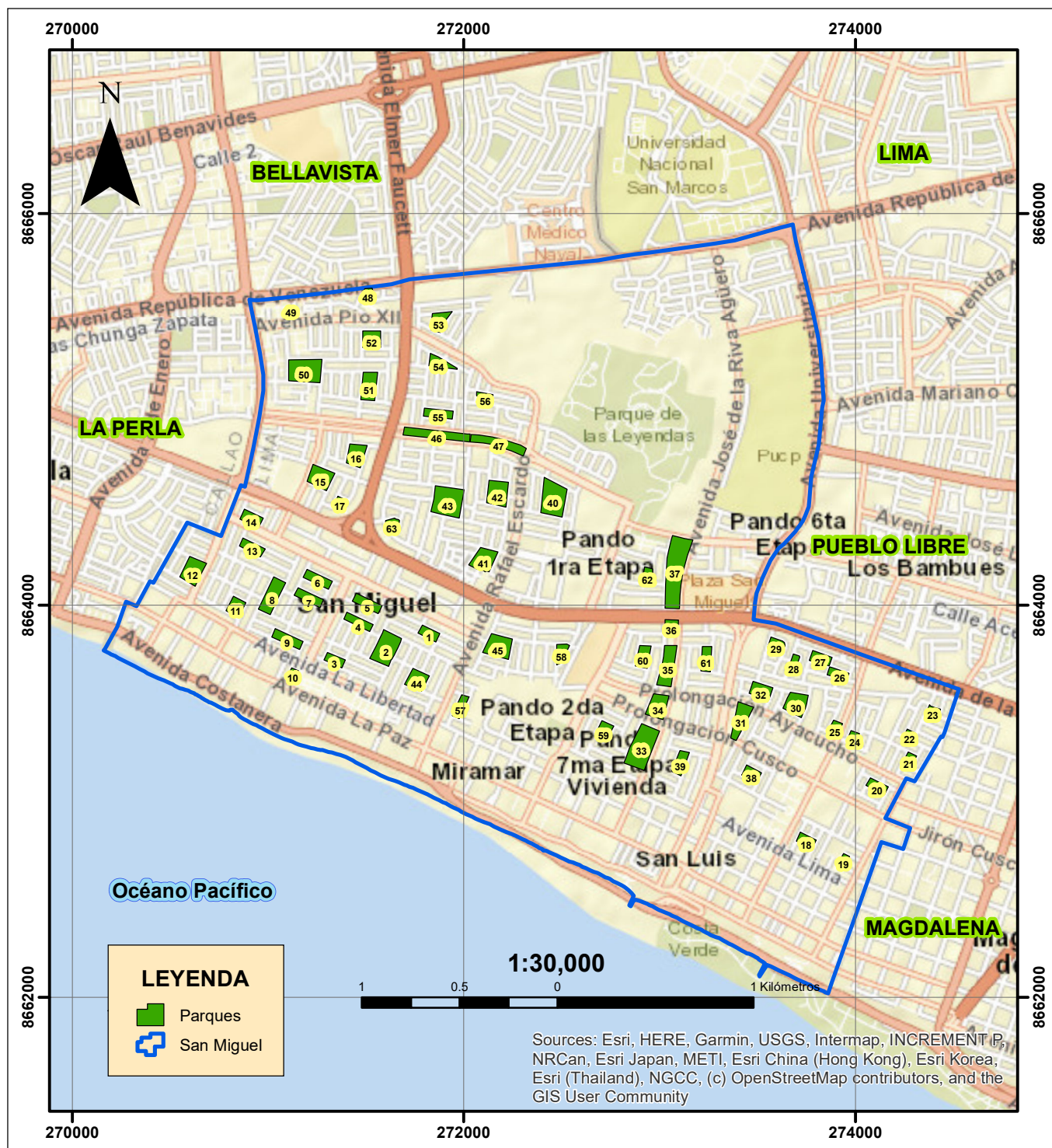
ELABORADO POR: Diego Alexander Cari Acosta
ESPECIALIDAD: Ing. Ambiental

APROBADO POR: ESCALA: 1:30,000

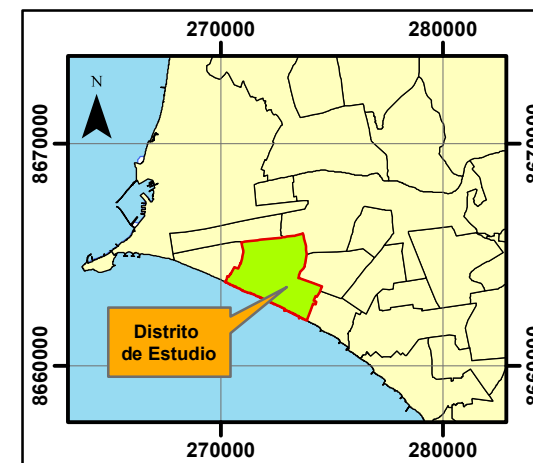
FECHA: Marzo, 2020



PLANO N°: 01



UBICACIÓN DISTRITAL

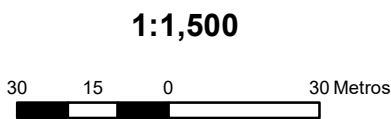


PARQUES EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL			
Código	Nombre	Código	Nombre
1	Rafael Escardó	33	La Sagrada Familia
2	Simón Bolívar	34	Capitán José Soto Merino
3	Miguel Grau	35	Plaza del Trabajo
4	Rosa Merino	36	Ecológico
5	Ayacucho	37	Juan Pablo II
6	Virgen de Guadalupe	38	Paulo VI
7	Paititi	39	Virgen de la Asunción
8	Chicama Pucala	40	Virgen de Fátima
9	Vilcahuara	41	Paul Harris
10	Inca Garcilaso de la Vega	42	Ciudades Hermanas
11	Brasil	43	José Abelardo Quiñones
12	Argentina	44	200 millas
13	La Medalla Milagrosa	45	Cesar Vallejos
14	Luis Moreno	46	Precursores 1
15	Jose Martí	47	Precursores 2
16	Monitor Huáscar	48	Capitán Manuel Galindo
17	Isla del Gallo	49	Solidaridad
18	Macarena	50	Santos Chocano
19	Udimá	51	Santiago Acuña
20	Santa Eulalia	52	Tradiciones de Ricardo Palma
21	La Fraternidad	53	Residencial Callao
22	La Amistad	54	Mariscal Cáceres
23	Mayor FAP Miguel Alegre Rodríguez	55	Manuel Polo Jimenez
24	Maria Reiche	56	Santiaguito
25	Santa Florencia	57	Carabobo
26	Junín	58	Tungasuca
27	Pershing	59	Israel
28	Bartolomé Herrera	60	Miroquesada
29	El Campillo	61	Dammert
30	Juan XXIII	62	Amazonia
31	De Los Banqueros	63	Machu Picchu
32	Santa Rosa		

TEMA: LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AIRE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, LIMA PERÚ			
PLANO: UBICACIÓN DE PARQUES EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL		 Universidad Nacional Federico Villarreal	
ELABORADO POR: Diego Alexander Cari Acosta		ESPECIALIDAD: Ing. Ambiental	
APROBADO POR:		ESCALA: 1:30,000	FECHA: Marzo, 2020
		PLANO N°: 02	



Ubicación de Especies de Spathodea y Roccella Seleccionadas		
Spathodea Campanulata	Coordenadas UTM WGS84	
	Este	Norte
1	273058	8663994
2	273051	8663994
3	273044	8663994
4	273037	8664002
5	273037	8664008
Roccella	Coordenadas UTM WGS84	
	Este	Norte
R	273044	8664002



TEMA: LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AIRE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, LIMA PERÚ				
PLANO: PARQUE JUAN PABLO II				 Universidad Nacional Federico Villarreal
ELABORADO POR: Diego Alexander Cari Acosta		ESPECIALIDAD: Ing. Ambiental		
APROBADO POR: Carmen Ventura Barrera		ESCALA: 1:30,000	FECHA: Marzo, 2020	PLANO N°: 03



Ubicación de Especies de Spathodea y Rocella Seleccionadas		
Spathodea Campanulata	Coordenadas UTM WGS84	
	Este	Norte
1	271842	8664878
2	272129	8664859
3	272134	8664858
4	272138	8664857
5	272144	8664855
Rocella	Coordenadas UTM WGS84	
	Este	Norte
R	272126	8664849

1:1,500

30 15 0 30 Metros

LEYENDA



Spathodea Campanulata Seleccionadas

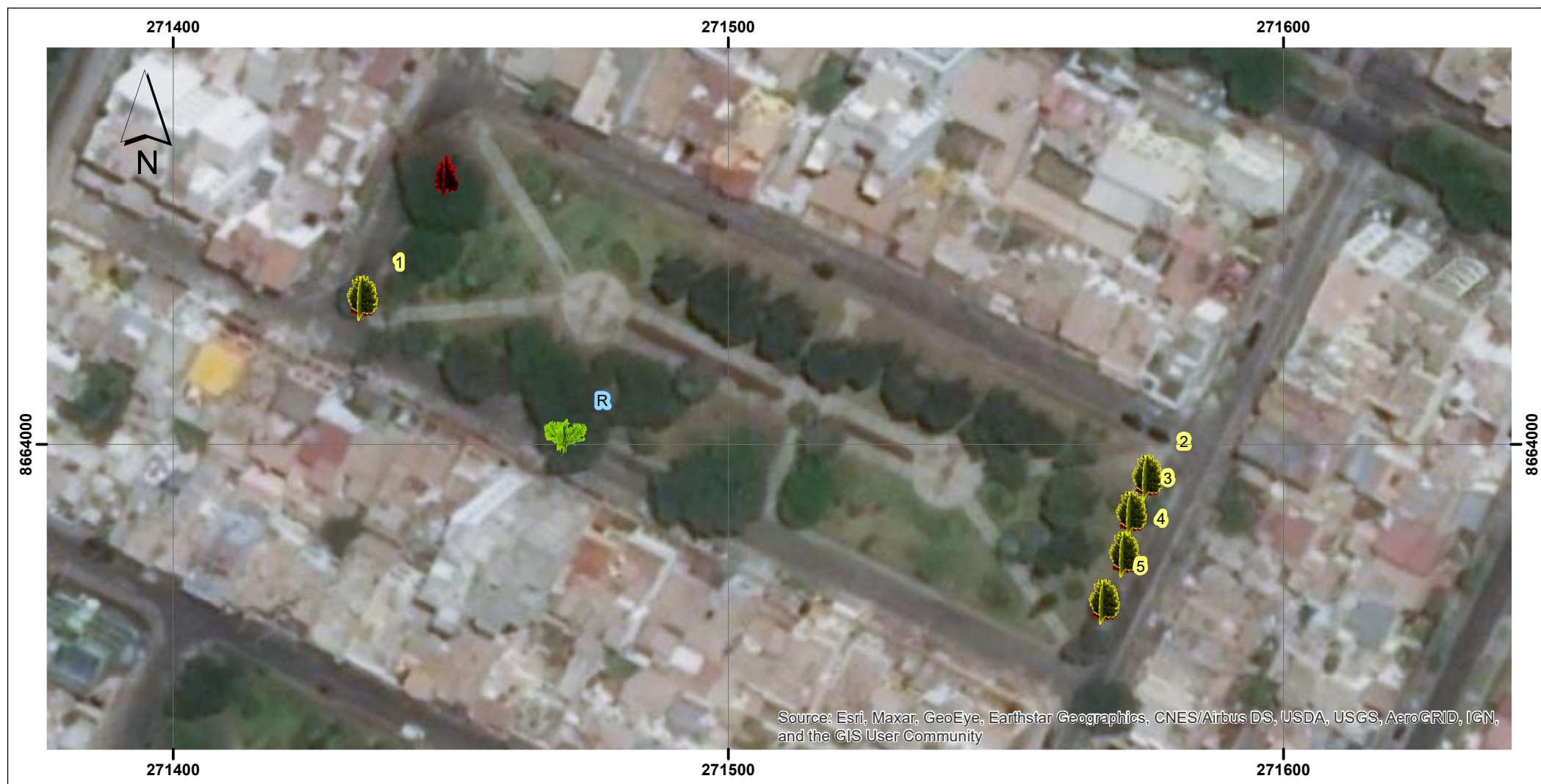


Especie Rocella



Spathodea Campanulata

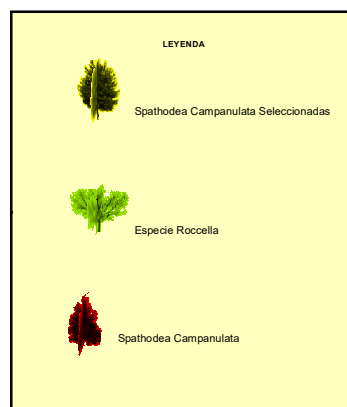
TEMA: LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AIRE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, LIMA PERÚ			
PLANO: PARQUE PRECURSORES			
ELABORADO POR: Diego Alexander Cari Acosta		ESPECIALIDAD: Ing. Ambiental	
APROBADO POR: Carmen Ventura Barrera		ESCALA: 1:1,500	FECHA: Marzo, 2020
			PLANO N°: 04



Ubicación de Especies de Spathodea y Rocella Seleccionadas		
Spathodea Campanulata	Coordenadas UTM WGS84	
	Este	Norte
1	271434	8664026
2	271575	8663994
3	271572	8663987
4	271571	8663980
5	271567	8663971
Rocella	Coordenadas UTM WGS84	
	Este	Norte
R	271470	8664001

1:1,000

20 10 0 20 Metros



TEMA: LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AIRE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, LIMA PERÚ			
PLANO:		PARQUE AYACUCHO	
ELABORADO POR:		ESPECIALIDAD:	
Diego Alexander Cari Acosta		Ing. Ambiental	
APROBADO POR:		ESCALA:	FECHA:
Carmen Ventura Barrera		1:1,500	Marzo, 2021
PLANO N°:			05