

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**



**“CALIDAD DEL AIRE DE LAS PRINCIPALES ÁREAS
PÚBLICAS DE LA CIUDAD DE JAÉN EMPLEANDO
LIQUENES COMO BIOINDICADORES, CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**

**Autores : Bach. DIANA MARISOL MONTENEGRO OLAYA
Bach. MARIA ELENA CRUZ HUANCAS**

**Asesores : Dr. ALEXANDER HUAMÁN MERA
M. Sc. YURIKO SUMIYO MURILLO DOMEN**

JAÉN- PERÚ, NOVIEMBRE, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 15 de noviembre del año 2019, siendo las 8:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Segundo Sánchez Tello

Secretario: Mg. Lizbeth Maribel Córdova Rojas

Vocal: Mg. María Marleni Torres Cruz, para evaluar la Sustentación de:

() Trabajo de Investigación

(☒) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "Calidad del aire en las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores, Cajamarca", presentado por los Estudiantes /Egresado o Bachiller María Elena Cruz Huancas y Diana Marisol Montenegro Olaya de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(☒) Aprobar () Desaprobar (☒) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|-------------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (<u>quince</u>) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 9:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Presidente


Secretario


Vocal

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivos General.....	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Desarrollo de la investigación	13
3.2. Materiales.....	14
3.3. Descripción del área de estudio.....	14
3.3.1. Lugar de ejecución	14
3.3.2. Ubicación Política	15
3.4. Diseño de la investigación.....	17
3.5. Población, muestra y muestreo.....	17
3.6. Métodos.....	19
3.6.1. Revisión literaria	19
3.6.2. Periodo de muestreo y puntos de muestreo	19
3.6.3. Selección de las áreas de muestrear	19
3.6.4. Identificación del forofito.....	19
3.6.5. Colecta de especies liquenicas	20
3.6.6. Identificación de líquenes.....	22
3.6.7. Determinar el índice de pureza atmosférica	23
3.6.8. Análisis entre calidad del aire de las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores y el estudio del modelamiento de la calidad de aire en la ciudad de Jaén 2018.....	24
3.6.9. Método de Kricke para medir pH.....	25
3.6.10. Estimar el flujo vehicular dentro del área de influencia.....	26
IV. RESULTADOS	27

4.1.	Forofitos muestreados	27
4.2.	Inventariado de los tipos de líquenes encontrados en cada área publica.....	29
4.3.	Determinación de la frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén.	30
4.4.	Determinación de la frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes de cada parque de la ciudad de Jaén.	32
4.5.	Identificación de las diferentes especies líquenicas presentes en las diversas áreas públicas de la ciudad de Jaén.	35
4.6.	Determinación de la calidad de aire mediante líquenes como bioindicadores en la ciudad de Jaén.....	40
4.7.	Determinar el índice de pureza atmosférica	41
4.8.	Análisis entre la calidad del aire de las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores y el estudio del modelamiento de la calidad de aire en la ciudad de Jaén 2018.	44
4.9.	Determinación del pH de las diferentes muestras recolectadas en los 8 parques de Jaén.	44
4.10.	Determinación del flujo vehicular en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén.	46
V.	DISCUSIÓN	49
5.1.	Discusión de Forofitos muestreados.....	49
5.2.	Inventariado y determinación de la frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén.	49
5.3.	Identificación de las diferentes especies líquenicas presentes en las diversas áreas públicas de la ciudad de Jaén.....	50
5.4.	Determinación del pH de las diferentes muestras recolectadas en los 8 parques de Jaén.	50
5.5.	Discusión del índice de pureza atmosférica y el flujo vehicular en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén.	51
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
6.1.	Conclusiones	53
6.2.	Recomendaciones.....	54
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	AGRADECIMIENTO.....	59
	DEDICATORIA	60

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Materiales y equipos	14
<i>Tabla 2.</i> Unidades de muestreo	18
<i>Tabla 3.</i> Calidad del aire basado en el tipo de liquen.....	22
<i>Tabla 4.</i> Intervalo cualitativo del Índice de Pureza Atmosférica	24
<i>Tabla 5.</i> Escala del IPA según caracterización cualitativa de la calidad del aire propuesta por Kaffer y otros (2011).....	24
<i>Tabla 6.</i> Forofitos muestreados en cada una de las áreas públicas seleccionadas.....	28
<i>Tabla 7.</i> Tipos de líquenes encontrados en cada área pública muestreada.....	29
<i>Tabla 8.</i> Numero de tipos de líquenes encontrados.....	30
<i>Tabla 9.</i> Frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén	31
<i>Tabla 10.</i> Frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes de cada área pública muestreada	33
<i>Tabla 11.</i> Calidad de aire según la frecuencia porcentual de los tipos de líquenes de cada área pública muestreada.....	34
<i>Tabla 12.</i> Tipos y especies liquenicas encontradas en cada área pública muestreada	38
<i>Tabla 13.</i> Especies liquenicas presentes en cada área pública muestreada	39
<i>Tabla 14.</i> Calidad de aire en la ciudad de Jaén según el tipo de liquen	40
<i>Tabla 15.</i> Intervalos según Alteración/Naturalidad del IPA y rangos del IPA de acuerdo a la escala propuesta por Kaffer et al., (2011).....	42
<i>Tabla 16.</i> Determinación del pH de los forofitos muestreados en cada área pública.....	45
<i>Tabla 17.</i> Registro de flujo vehicular	47

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Flujograma metodológico para determinar la calidad del aire en la ciudad de Jaén	13
<i>Figura 2.</i> Ubicación geográfica de la ciudad de Jaén.....	15
<i>Figura 3.</i> Ubicación de las ocho áreas públicas de la ciudad de Jaén.....	16
<i>Figura 4.</i> Selección e identificación de forofito.....	20
<i>Figura 5.</i> Identificación, inventariado y colecta de líquenes	21
<i>Figura 6.</i> Identificación de las especies liquenicas con el apoyo de una guía y el estereoscopio	22
<i>Figura 7.</i> Secuencia para medir el pH.....	25
<i>Figura 8.</i> Evaluación del flujo vehicular.....	26
<i>Figura 9.</i> Forofitos muestreados en las ocho áreas públicas.....	27
<i>Figura 10.</i> Número de forofitos muestreados con presencia de líquenes	29
<i>Figura 11.</i> Frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes.....	32
<i>Figura 12.</i> Frecuencia porcentual de los tipos de líquenes de cada área pública muestreada de la ciudad de Jaén.....	35
<i>Figura 13.</i> Especies liquenicas encontradas en las ocho áreas públicas	37
<i>Figura 14.</i> Calidad de aire según el porcentaje del tipo de líquen	40
<i>Figura 15.</i> Calidad de aire según el IPA en cada área pública muestreada	43
<i>Figura 16.</i> Flujo vehicular de cada área pública muestreada	47

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1.</i> Formato para la recolección de datos en campo para la estimación del flujo vehicular de las ocho áreas públicas muestreadas	61
<i>Anexo 2.</i> Panel fotográfico.....	62
<i>Anexo 3.</i> Especies liquenicas encontradas en la corteza de los forofitos de cada área pública muestreada	64
<i>Anexo 4.</i> Constancia de identificación taxonómica	75

RESUMEN

Los líquenes son asociaciones simbióticas que por su sensibilidad a contaminantes ambientales están siendo usados para el monitoreo de la calidad del aire. Para determinar la calidad del aire de las áreas públicas de la ciudad de Jaén se utilizó los líquenes presentes en forofitos. Se identificaron especies de líquenes, se midió el pH de la corteza con presencia de líquenes, se cuantificó los vehículos que circundaban las áreas públicas y finalmente se usó el Índice de pureza atmosférica (IPA). Entre las especies liquenicas encontradas fueron cinco especies foliosas (*Parmelia caperata*, *Phycia aipolia*, *Phycia caesia*, *Phycia americana*, *Candelaria concolor*) y una especie crustosa (*Chrysothrix candelaris*). El índice cualitativo del intervalo IPA determinó las siguientes características: alteración muy alta, alteración media, naturalidad baja, naturalidad media y naturalidad muy alta. Los valores de pH mostraron relación con la presencia de las especies liquenicas, ya que a mayor pH menor presencia de líquenes, mientras que el flujo vehicular no presento relación con la presencia de líquenes ya que presentaron valores bajos de flujo vehicular. Las áreas públicas de la ciudad de Jaén mostraron disimilitud, el 83% de especies liquenicas de tipo folioso encontradas indican que la calidad de aire en la ciudad de Jaén es Buena.

Palabras clave: Forofito; Bioindicadores; Alteración; Naturalidad; IPA.

ABSTRACT

Lichens are symbiotic associations that, because of their sensitivity to environmental pollutants, are being used to monitor air quality. To determine the air quality of the public areas of the city of Jaén, the lichens present in forophytes were used. Lichens were identified, the pH of the cortex was measured with the presence of lichens, the vehicles surrounding the public areas were quantified and finally the Atmospheric Purity Index (IPA) was used. Among the liquid species found, five species were foliose (*Parmelia caperata*, *Physcia aipolia*, *Physcia caesia*, *Physcia americana*, *Candelaria concolor*) and a cruel species (*Chrysothrix candelaris*). The qualitative index of the IPA interval determined the following characteristics: Very high alteration, Medium alteration, Low naturalness, Medium naturalness and Very high naturalness. The pH values showed a relationship with the presence of lichen species, since the higher the pH, the lower the presence of lichens, while the vehicular flow did not show a relationship with the presence of lichens since they presented low values of vehicle flow. The public areas of the city of Jaén showed dissimilarity, 83% of liquid species of foliose type found indicate that the air quality in the city of Jaen is good.

Keywords: Forophyte; Bioindicators; Disturbance; Naturalness; IPA

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la progresiva demanda de la población, por adquirir bienes y servicios, incrementa los contaminantes en el medio ambiente (Chen, Shi, Sivakumar, y Peart, 2016). Según Orozco (2003), uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial es la degradación de la calidad del aire, que constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre los ecosistemas y la salud humana, además está presente en todas las sociedades independiente del nivel de desarrollo socioeconómico.

Actualmente existen diferentes métodos y tecnologías que ayudan a detectar focos de contaminación o cantidad de contaminantes, pero en la mayoría son costosas y no identifican en qué medida esta contaminación daña a los seres vivos. Entre las distintas especies vegetales empleadas como bioindicadores, los líquenes son de esencial interés por su uso en la evaluación de la contaminación atmosférica. Su sensibilidad a la presencia de compuestos tóxicos en la atmósfera, como dióxido de azufre (SO^2) y ácido clorhídrico (HCl), por ejemplo, se manifiesta por alteraciones morfológicas y fisiológicas evidentes (Canseco, Anze & Franken, 2006).

Un organismo se considera bioindicador cuando puede ser utilizado para determinar y evaluar el índice de contaminación de un lugar, principalmente de la atmósfera o el agua (Hawksworth, Iturriaga, y Crespo, 2005). Son considerados buenos bioindicadores los líquenes, ya que ofrecen resultados cualitativos inmediatos de los niveles de contaminación en grandes áreas y, por lo tanto, actúan como señales de alarma (Monges, 2018). La mayoría de los líquenes no toleran la contaminación esto es originado porque los líquenes tienen una limitada capacidad de absorber sustancias presentes en el ambiente. Se les consideran como bioindicadores de la contaminación atmosférica a ciertos líquenes, por la acumulación de sustancias y su imposibilidad de excretarlas esto hace que retrasen su crecimiento, dificulten su reproducción, y puede provocarle hasta la muerte (Ibáñez, 2007).

Los líquenes tienen un importante papel como bioindicadores de lectura inmediata de la contaminación ambiental del Cambio Climático. Además por no contar con un sistema excretor y absorber sus nutrientes de la atmósfera, tienden almacenar contaminantes, los cuales generan un impacto negativo en su reproducibilidad, abundancia y número de especies (Lijteroff, Lima, y Prieri, 2009). Estos organismos muestran mayor sensibilidad a contaminantes como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO^2), dióxido de azufre (SO^2); hidrocarburos y sustancias procedentes en su mayoría por el parque automotor.

No todas las especies de líquenes responden del mismo modo, las especies tolerantes permanecen e incluso inicialmente van aumentando su presencia, hasta que llega un nivel de concentración de contaminantes demasiado elevado que provocan su desaparición, produciendo el llamado desierto liquenico, mientras que las especies más sensibles desaparecen con las primeras alteraciones (Moreno, Sánchez, y Hernández, 2007). Es importante comprender que los líquenes son una forma de medición de la contaminación de acuerdo a su presencia o ausencia en determinados lugares, es por eso que nunca podrán reemplazar totalmente a los equipos técnicos que miden contaminación ambiental (Hawksworth *et al.*, 2005).

El método que permite evaluar la calidad del aire con líquenes, combinando el número de especies presentes en un espacio con la sensibilidad de éstas a ciertos contaminantes ambientales es el Índice de Pureza Atmosférica (IPA). Esta fórmula del IPA que utiliza la frecuencia como parámetro de bioindicación ha demostrado ser la más eficiente (Kricke y Loppi, 2002). El IPA es uno de los métodos más utilizados en trabajos de bimonitorización y se basa en las variaciones que la contaminación atmosférica induce sobre las comunidades liquenicas. Se calcula a partir del número de especies presentes y la frecuencia de cada una de ellas en las diferentes localidades de estudio (Fernández y Terrón, 2003).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Determinar la calidad del aire de las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores.

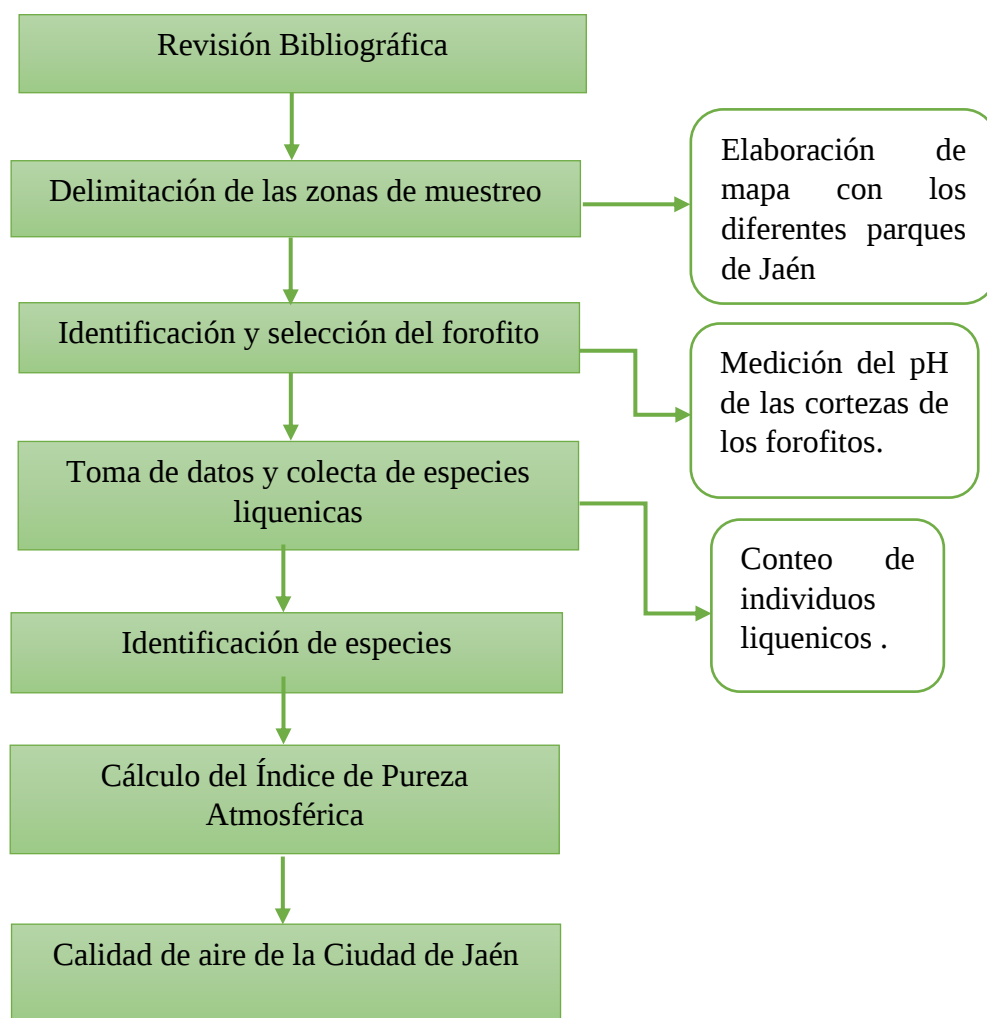
2.2. Objetivos específicos

- Identificar las especies liquenicas presentes en las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén.
- Determinar la frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes presentes en cada área pública y del total de áreas públicas muestreadas en la ciudad de Jaén.
- Calcular el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) de las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén.
- Determinar el flujo vehicular que circundan a las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén.
- Comparar los resultados de nuestro estudio de la calidad de aire de las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores con los datos del modelamiento de calidad de aire para mejorar la gestión ambiental local de la ciudad de Jaén 2018.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Desarrollo de la investigación

Para determinar la calidad del aire en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén utilizando líquenes como bioindicadores, en nuestro estudio de investigación se realizaron varias actividades las cuales se resumen en el siguiente flujograma metodológico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Flujograma metodológico para determinar la calidad de aire en la ciudad de Jaén.

3.2. Materiales

Tabla 1. *Materiales y Equipos*

Materiales	Equipos
 Centímetro	 Estufa
 Pita rafia	 Estereoscopio
 Cronómetro	 pH-metro WTW- Multi
 Lupa	3630 IDS
 Navajas	 GPS (Garmin)
 Pinzas	 Cámara fotográfica
 Espátulas de mango de madera	
 Rejilla 10 X 50 cm	
 Agua destilada	
 Solución KCl	
 Guía para la identificación de líquenes.	

Fuente: Elaboración propia

3.3. Descripción del área de estudio

3.3.1. Lugar de ejecución

Esta investigación se desarrolló en ocho áreas públicas (parques) de la ciudad de Jaén, departamento de Cajamarca, durante el mes de junio, julio, agosto, setiembre y octubre. Se ubica en el norte del Perú con coordenadas UTM Este: 74279, Norte: 9368536, y una altitud media 720 msnm. Limita al norte con la provincia de San Ignacio, al Sur con la provincia de Cutervo, al oeste con el departamento de Piura y este con el departamento de Amazonas. La temperatura generalmente varía de 17 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 35 °C.

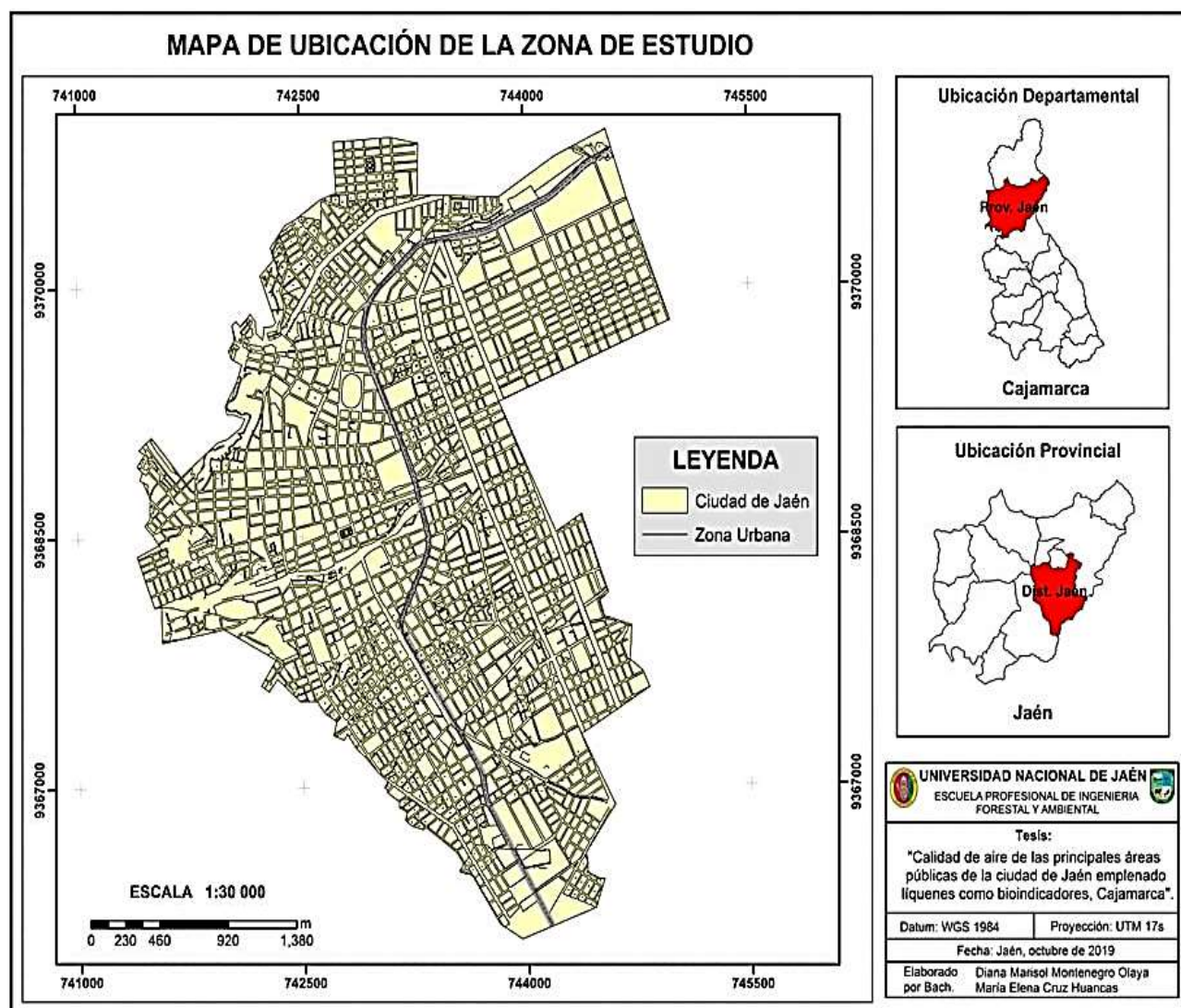


Figura 2. Ubicación Geográfica de la ciudad de Jaén

3.3.2. Ubicación Política

Departamento : Cajamarca

Provincia : Jaén

Distrito : Jaén

Áreas públicas : Valentín Paniagua, Parque de Miraflores, Parque Santa Rosa, Parque los Tulipanes, Parque Central, Parque San Camilo, Parque Héroes del Cenepa, Parque la Molina.

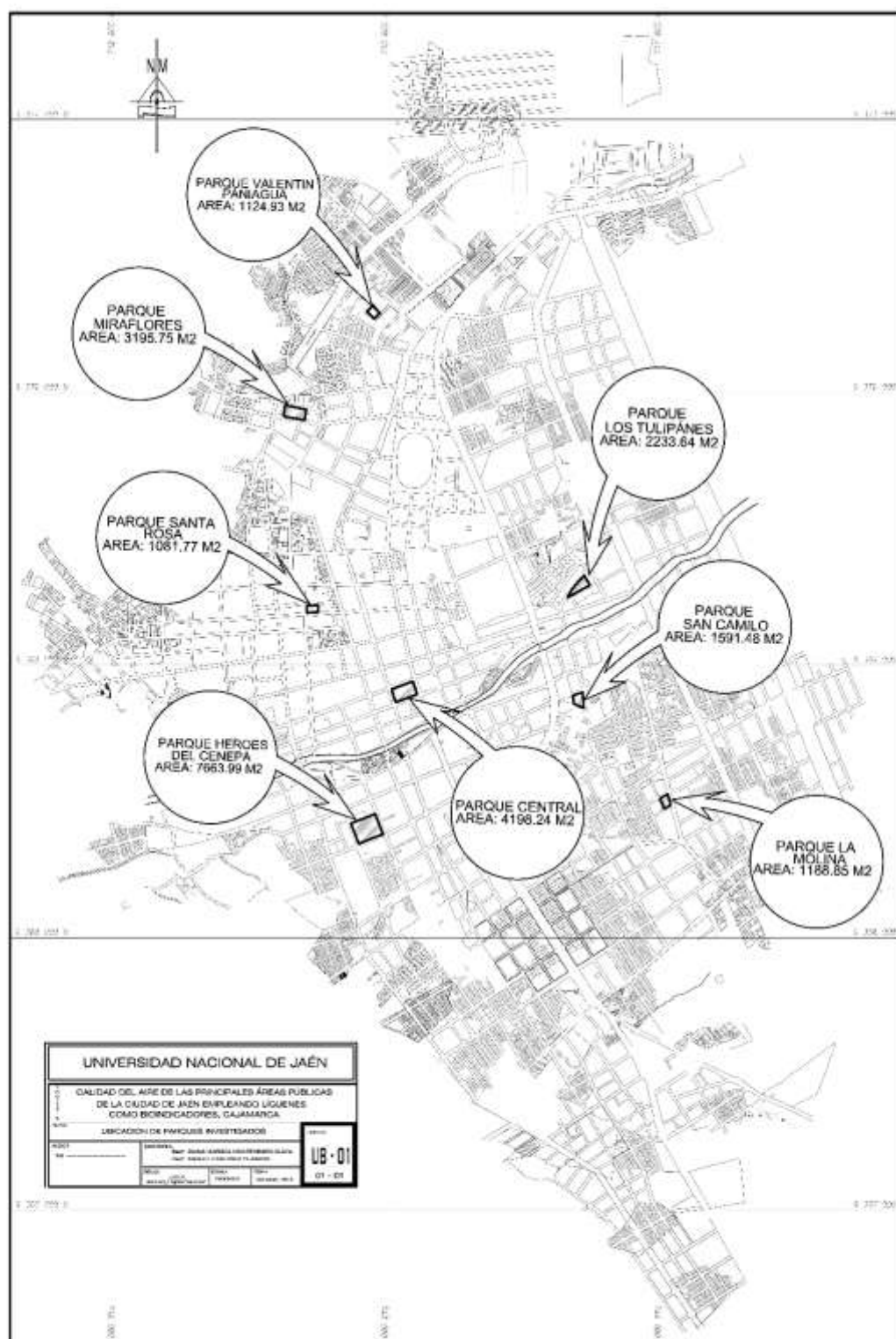


Figura 3. Ubicación de las ocho áreas públicas de la ciudad de Jaén

3.4. Diseño de la investigación

Para nuestra investigación cualitativa se consideró el diseño no experimental de Huamán (2017), presentando el siguiente esquema:



Dónde:

GE1, GE2,..., GEn = Unidades de muestreo.

O1, O2,..., On = Información de interés recogidas en cada una de las unidades de muestreo.

3.5. Población, muestra y muestreo

- **Población:** Está conformada por ocho áreas públicas que representan cada área un parque, estas áreas están dentro de los 0.25 km^2 cada uno y están distribuidos en toda la Ciudad de Jaén.

Tabla 2. *Unidades de muestreo*

N°	Parque	Coordenadas UTM	Altitud
		E Y N	Msnm
1	Miraflores	E: 742379	
		N: 9369552	777 msnm
2	Valentín Paniagua	E: 742680	
		N: 9369920	739 msnm
3	Los Tulipanes	E:743449	
		N:9368915	707 msnm
4	La Molina	E:743751	
		N:9368120	710 msnm
5	San Camilo	E:743441	
		N:9368497	714 msnm
6	Héroes del Cenepa	E:742650	
		N:9368025	740 msnm
7	Santa Rosa	E:742457	
		N:9368830	752 msnm
8	Central	E: 742792	
		N: 9368526	731 msnm

Fuente: Elaboración Propia

- **Muestra:** Individuos liquenicos presentes en el área muestreada (cortezas) de cada forofito o unidad de muestreo en determinadas áreas públicas.
- **Muestreo:** Se realizó un muestreo no probabilístico, basado en el conocimiento previo del área de estudio.

3.6. Métodos

3.6.1. Revisión literaria

Para elaborar este proyecto de tesis y poder ejecutarlo se realizó una revisión bibliográfica acerca de los líquenes, desde sus características físicas, su reproducción, formas de crecimiento y el uso de claves taxonómicas para su posible identificación. Asimismo se consultaron con otros estudios realizados a nivel internacional, nacional y local sobre la utilización de los líquenes como bioindicadores de calidad de aire.

3.6.2. Periodo de muestreo y puntos de muestreo

El periodo de muestreo abarco los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del año 2019, los puntos fueron georreferenciados en el momento del muestreo.

3.6.3. Selección de las áreas de muestrear

Se consideraron las recomendaciones de Llop, Pinho, Pereira, y Branquinho (2012), donde se graficó mediante el programa ArcGis 10.4, el mapa de catastro de la ciudad de Jaén, en el cual seleccionamos al azar los ocho parques de la ciudad que presentaban un área dentro de los $0,25 \text{ km}^2$ ($250\,000 \text{ m}^2$) cada uno. Se delimitó el centro de cada parque y se dividió la unidad de muestreo en cuatro sectores, utilizamos ese criterio para tener datos más específicos.

3.6.4. Identificación del forofito.

De acuerdo a la metodología usada por Asta y otros (2002), la cantidad de árboles es dependiente del tamaño de la unidad de muestreo; ya que se utilizaron áreas dentro 0.25 km^2 , se seleccionaron de tres a cuatro árboles por unidad de muestreo, que viene hacer un árbol por sector, siendo por cada parque un total de tres a cuatro árboles.

Por la escasa presencia de árboles en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén se siguieron las recomendaciones de Llop et al., (2012), haciendo un muestreo total del arbolado urbano ubicado dentro de las áreas públicas (parques).

Se midió la circunferencia de los árboles que presentaron un DAP (altura de pecho a 1.20m desde el suelo) igual o mayor a 22cm independientemente de su especie y se descartaron aquellos que mostraban cortezas dañadas (por acción humana, de animales o bien por incendios) o alteraciones fitosanitarias. Las características que

presentaron los árboles seleccionados fueron: árboles frondosos, aislados, iluminados, verticales y representativos de todo el parque citado por Rivera (2008).



Figura 4. Selección e identificación de forofito.

3.6.5. Colecta de especies liquenicas

Antes de recolectar las muestras se empezó a observar la presencia de los diferentes tipos de líquenes presentes y sus ausencias, clasificándolos en: crustosos, foliosos, fruticulosos y filamentosos. Se recopilaron los datos en un cuadernillo especialmente para este estudio, donde se registró, el aspecto y coloración del talo de los líquenes entre otros. Además se anotaron las coordenadas y altitud.

Para el inventariado de los líquenes se eligió el lado del forofito que presento mayor cobertura liquenica y se obvió el inventariado de líquenes en las partes del forofito dañadas o descortezadas, con nudos (Lijteroff et al., 2009).

Para el inventariado de ejemplares liquenicos se utilizó una gradilla de 10cm de ancho por 50cm de alto, dividida en veinte cuadrados iguales de 5cm x 5cm de lado. La base de la gradilla se colocó a una altura de 1 metro del suelo. Donde se procedió a contar los individuos liquenicos presentes dentro de la gradilla, para luego registrar los datos en el cuadernillo y determinar la frecuencia relativa simple y porcentual de los diferentes tipos de líquenes (Calatayud Lorente y Sanz Sánchez, 2000).

Ya en la colecta de muestras liquenicas, se utilizó la metodología usada por Gómez y otros (2013), usando navajas, pinzas, espátulas de acero. Se recolecto de manera cuidadosa únicamente los ejemplares necesarios para nuestro estudio.

Los especímenes se guardaron en sobres manillas para evitar su deterioro, se procedió a codificar los sobres ordenadamente para no confundirlos, luego fueron transportados en cajas de cartón al laboratorio para proceder a identificarlos mediante el estereoscopio.

Ya en gabinete con los datos recopilados en campo, se procedió a contar la cantidad de los diferentes tipos de líquenes, que se apreciaron en los árboles muestreados en cada sector, de estos datos se obtuvo la frecuencia relativa, que viene hacer la división del total de los diferentes tipos de líquenes entre el gran total de todos los tipos de líquenes; la frecuencia porcentual, se calculó multiplicando la frecuencia relativa (Fr) por 100 obteniéndose la frecuencia porcentual para luego utilizarse en la determinación del IPA.



Figura 5. Identificación, inventariado y colecta de líquenes.

3.6.6. Identificación de líquenes

Para determinar la calidad del aire basado en el tipo de líquen presente o ausente y su sensibilidad a la contaminación ambiental, se realizó la identificación de los diferentes ejemplares liquenicos recolectados en cada forofito de las ocho áreas públicas muestreadas de Jaén, con el apoyo del estereoscopio, una guía y un especialista en líquenes, se observó los diferentes individuos liquenicos presentes, para luego clasificarlos según la especie y tipo de líquen en crustosos, foliosos, fruticulosos y filamentosos según la metodología establecida por Rivera (2008) y así determinar la calidad de aire.

Tabla 3. *Calidad del aire basado en el tipo de líquen*

TIPO DE LIQUEN	CALIDAD DE AIRE
Ausencia de líquen	Pobre
Crustosos	Regular
Foliosos	Bueno
Fruticulosos	Muy Bueno
Filamentosos	Excelente

Fuente: Rivera (2008)



Figura 6. Identificación de las especies liquenicas con apoyo de una guía y el estereoscopio.

3.6.7. Determinar el índice de pureza atmosférica

Con los apuntes necesarios obtenidos en campo procedimos a determinar el Índice de pureza atmosférica:

- **Índice de pureza atmosférica (IPA):** Según Fernandez y Terron (2003), este es uno de los métodos más utilizados en trabajos de biomonitorización con líquenes y se basa en las variaciones que la contaminación atmosférica induce sobre las comunidades, liquenicas. Nuestro estudio se calculó a partir del número de especies presentes en cada forofito y la frecuencia de cada una de ellas en las diferentes unidades de estudio. Se presenta en el siguiente modelo:

$$IPA = \sum ft/n$$

Dónde:

ft: es la frecuencia total de las especies liquenicas presentes en todos los árboles de una estación determinada y se calcula como la suma de las frecuencias parciales obtenidas para cada especie en cada árbol.

n: es el número de árboles por estación.

Así, las estaciones más contaminadas serán las que muestren menores valores de IPA, y un IPA=0 se entiende como “desierto liquenico” que corresponde al mayor nivel descontaminantes.

Después de tener los resultados finales de nuestro estudio se utilizó uno de los métodos más utilizados para comprobar la calidad de aire de una determinada área que es el intervalo del Índice de pureza atmosférica y caracterización cualitativa del IPA.

Tabla 4. Intervalo cualitativo del índice de pureza atmosférica

Zona liquenica	Intervalo IPA	Alteración/ Naturalidad
A	0 – 6	Alteración muy alta
B	6 – 10	Alteración alta
C	10 – 16	Alteración media
D	16 – 22	Naturalidad baja
E	22 – 28	Naturalidad media
F	28 – 36	Naturalidad alta
G	Más de 36	Naturalidad muy alta

Tabla 5. Escala del IPA según caracterización cualitativa de la calidad de aire propuesta por Käffer, y otros (2011).

Zona	Rango IPA	Caracterización
Zona I	1,0 – 5,5	Desierto liquenico
Zona II	5,6 – 15,5	Pobre en líquenes
Zona III	15,6 – 35,5	Transición
Zona IV	35.6 – 75,5	Normal
Zona V	≥ 75.6	Óptima

Fuente: Käffer, y otros (2011).

3.6.8. Análisis entre calidad del aire de las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores y el estudio del modelamiento de la calidad de aire en la ciudad de Jaén 2018.

Se realizó un análisis comparando los resultados obtenidos de nuestro estudio calidad de aire en las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén, empleando líquenes como bioindicadores, con los resultados del estudio del modelamiento de la calidad de aire 2018 realizados con equipos de medición, en la ciudad de Jaén.

3.6.9. Método de Kricke para medir pH

Para medir el pH se recolecto 1 g de corteza de cada árbol muestreado, con presencia y sin presencia de flora liquenica en su corteza, retirando la capa superficial lo más delgado posible con la finalidad de medir solo el nivel de pH donde se encuentra la flora liquenica. Las muestras recolectadas se guardaron en sobres manilla correctamente codificados y posteriormente cada muestra se procesó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén, donde se pesó un gramo (1g) de corteza de cada árbol, esto se colocó en 50 mL de KCl (Cloruro de potasio) y se incubo por el lapso de 1 hora a 80°C en la estufa. Transcurrido el tiempo, se dejó enfriar hasta una temperatura de 20°C y se procedió a medir el pH con un pH-metro analítico WTW- Multi 3630 IDS (Kricke y Loppi, 2002).



Figura 7. Secuencia para medir el pH.

3.6.10. Estimar el flujo vehicular dentro del área de influencia

Para el registro vehicular, se procedió a reconocer todas las calles y avenidas a evaluar que se encontraban a los alrededores de las áreas públicas de estudio a muestrear; se enumeró los lados de los parques y se realizó el conteo de los vehículos que pasaban durante tiempos de 15 min por una hora. Se eligieron los turnos mañana, tarde y noche en horas puntas de (7:00 am a 8:00 am, 1:00 pm a 2:00 pm y de 6:00 pm a 7:00 pm). Este conteo se realizó tres días en cada área pública de estudio, los días lunes hasta los domingos de todo el mes de julio. Este registro se realizó en las siguientes áreas públicas de evaluación: Valentín Paniagua, Parque de Miraflores, Parque Santa Rosa, Parque los Tulipanes, Parque Central, Parque San Camilo, Parque Héroes del Cenepa, Parque la Molina. Para posteriormente elaborar una matriz con su respectiva gráfica de frecuencias.

En la fase de gabinete se calculó la tasa de flujo vehicular mediante la siguiente expresión (Navarro, 2008):

$$q = N/T$$

Dónde:

q: Tasa de flujo o volumen vehicular

N: Número de vehículos

T: Intervalo de tiempo.



Figura 8. Evaluación del flujo vehicular

IV. RESULTADOS

4.1. Forofitos muestreados

Los resultados en este estudio muestra que fueron 29 los forofitos muestreados en las ocho áreas públicas, en los cuales se identificó a las siguientes especies Pomarrosa (*Syzygium jambos*), Palmera areca (*Dypsis lutescens*), Palmera cocotero (*cocos nucifera*), Palmera real (*Roystonea regia*), Ficus (*Ficus benamina*) y Laurel (*Cordia alliodora*).

		
Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Palmera areca (<i>Dypsis lutescens</i>)	Palmera cocotero (<i>Cocos nucifera</i>)
		
Palmera real (<i>Roystonea regia</i>)	Ficus (<i>Ficus benamina</i>)	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)

Figura 9. Forofitos muestreados en las 8 áreas públicas muestreadas

29 Forofitos muestreados $\longrightarrow$ 100%

15 Forofitos con presencia de líquenes $\longrightarrow$ x

$$x = \frac{15 * 100}{29} = 52\%$$

Nuestro estudio muestra que de los 29 forofitos muestreados solo 15 de estos presentaron individuos liquenicos en su corteza que viene a ser el 52% por ciento de los arboles con presencia de líquenes.

En la tabla 6, se puede observar la cantidad de árboles muestreados por cada una de las áreas públicas seleccionadas, también se muestra los forofitos con presencia y ausencia de líquenes en su corteza en la figura 10.

Tabla 6. Forofitos muestreados en cada una de las áreas públicas seleccionadas.

Áreas públicas	Forofitos muestreados					
	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Palmera areca (<i>Dypsis lutescens</i>)	Palmera cocotero (<i>cocos nucifera</i>)	Palmera real (<i>Roystonea regia</i>)	Ficus (<i>Ficus benjamina</i>)	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)
Parque Miraflores	1	1	1	0	0	0
Parque Valentín Paniagua	0	0	0	2	0	1
Parque Tulipanes	1	2	0	0	0	0
Parque La molina	1	0	0	2	1	0
Parque San Camilo	2	0	0	2	0	0
Parque Héroes del Cenepa	2	0	0	2	0	0
Parque Santa Rosa	2	2	0	0	0	0

Parque Central	2	0	0	2	0	0
----------------	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración Propia

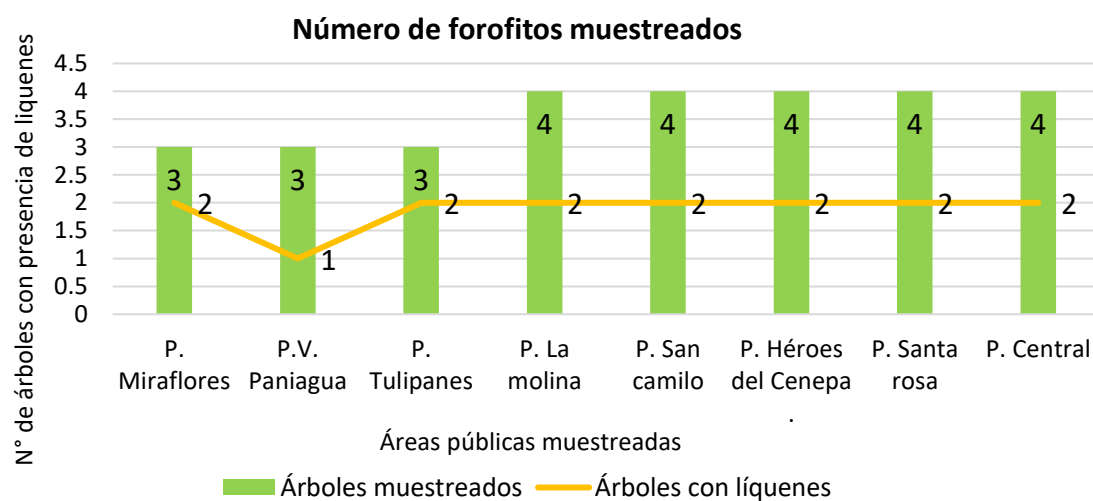


Figura 10. Número de forofitos muestreados con presencia de líquenes

4.2. Inventariado de los tipos de líquenes encontrados en cada área publica

En la siguiente tabla 7 se puede observar el número de los tipos de líquenes encontrados en cada área pública muestreada.

Tabla 7. Tipos de líquenes encontrados en cada área publica muestreada.

NOMBRE DEL PARQUE	AUSENCIA DE LÍQUENES	TIPO CRUSTOSO	TIPO FOLIOSO	TIPO FRUCTICULOSO	TIPO FILAMENTOSO
Parque Miraflores	0	1	2	0	0
Parque Valentín Paniagua	0	0	1	0	0
Parque Tulipanes	0	1	1	0	0
Parque La Molina	0	0	3	0	0
Parque San Camilo	0	0	2	0	0
Parque Héroes del Cenepa	0	0	2	0	0
Parque Santa Rosa	0	0	2	0	0

Parque Central	0	1	2	0	0
----------------	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el inventariado de los tipos de líquenes, se pudo observar que solo en los parques, Miraflores, Tulipanes y el Parque Central presentaron dos tipos de líquenes tanto crustoso como folioso, los demás parques muestreados como Valentín Paniagua, La Molina, San Camilo, Héroes del Cenepa, Santa Rosa, solo se encontraron especies liquenicas de tipo folioso, los resultados obtenidos están especificados en la tabla 8.

Tabla 8. Número de tipos de líquenes encontrados

Áreas públicas	Tipos de líquenes
Parque Miraflores	1 Crustoso
	2 Folioso
Parque Valentín Paniagua	1 Folioso
Parque Tulipanes	1 Crustoso
	1 Folioso
Parque La Molina	3 Folioso
Parque San Camilo	2 Folioso
Parque Héroes del Cenepa	2 Folioso
Parque Santa Rosa	2 Folioso
Parque Central	1 Crustoso
	2 Folioso

Fuente: Elaboración propia

4.3. Determinación de la frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén.

En la tabla 9 se determinó con los datos recopilados en campo la frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes, al calcular la frecuencia porcentual obtuvimos un 0% de ausencia de líquenes, esto no indica que las áreas públicas muestreadas presentaron al menos un tipo de liquen en sus árboles muestreados, y que de los árboles evaluados tres de ellos presentaron líquenes de tipo crustosos en su corteza, obteniendo una frecuencia porcentual del 17%.

Fueron los líquenes de tipo folioso los que estuvieron presentes en mayor porcentaje en la corteza de sus árboles muestreados, presentando una frecuencia porcentual del 83%, los resultados obtenidos están especificados en la tabla 9 y la figura 11.

Tabla 9. Frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén.

Nombre del Parque	Ausencia de líquenes	Crustosos	Foliosos	Fruticulosos	Filamentoso	Total
Parque Miraflores	0	1	2	0	0	3
Parque Valentín Paniagua	0	0	1	0	0	1
Parque Tulipanes	0	1	1	0	0	2
Parque La Molina	0	0	3	0	0	3
Parque San Camilo	0	0	2	0	0	2
Parque Héroes del Cenepa	0	0	2	0	0	2
Parque Santa Rosa	0	0	2	0	0	2
Parque Central	0	1	2	0	0	3
TOTAL	0	3	15	0	0	18
Fr	0	0.17	0.83	0	0	
Fp	0%	17%	83%	0%	0%	100%

Fuente : elaboración propia

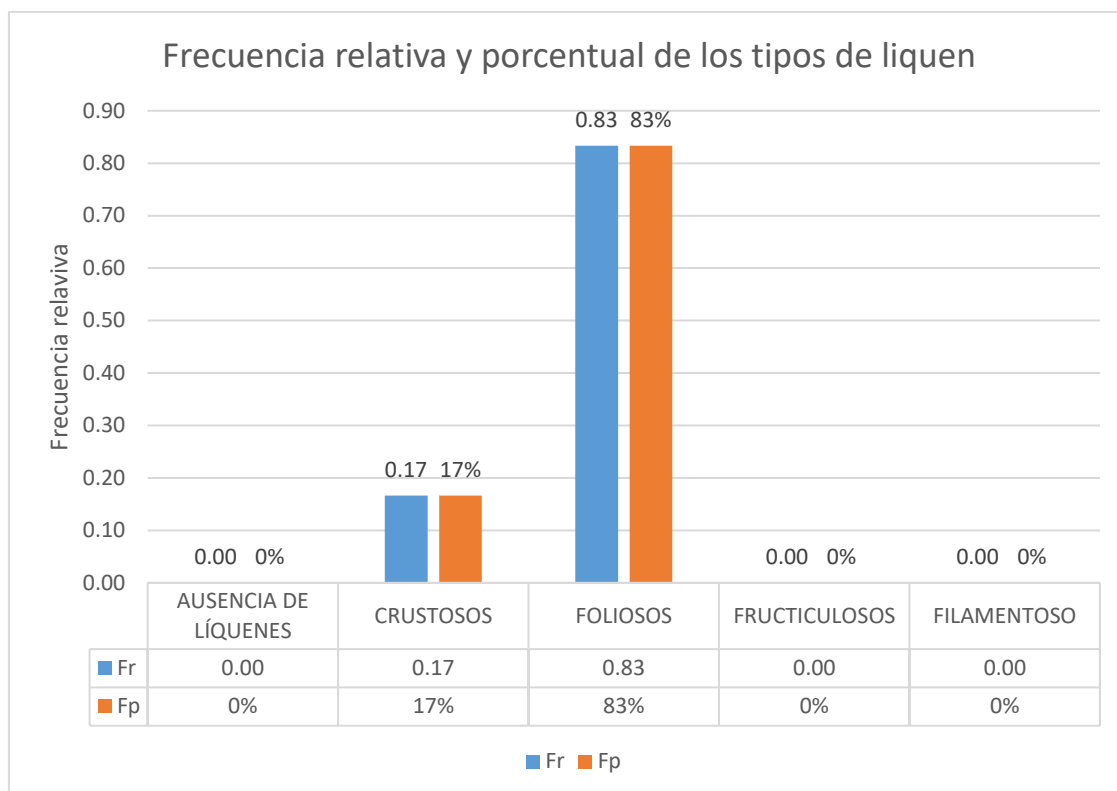


Figura 11. Frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes

4.4. Determinación de la frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes de cada parque de la ciudad de Jaén.

En la Tabla 10 se muestra la frecuencia relativa simple y porcentual de cada tipo de liquen hallado en cada área pública muestreada, en el cual podemos observar que los porcentajes en los diferentes parques varían, esto depende del ambiente por el cual son rodeados.

De las ocho áreas públicas muestreadas, los parques Valentín Paniagua, La Molina, San Camilo, Héroes del Cenepa y el parque Santa Rosa, presentaron el 100% del tipo de liquen folioso en sus árboles muestreados, el parque de Miraflores y Central presentaron un 33% del tipo de liquen Crustoso y un 67% del tipo de liquen folioso y el parque Tulipanes presento 50% tanto del liquen tipo crustoso y folioso como se observa en la figura 12.

Tabla 10. Frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes de cada área pública muestreada.

Nombre del parque	Cantidad		Ausencia					Total
	De	Fr/Fp	de	Crustoso	Folioso	Fruticuloso	Filamentoso	
	Arboles		líquenes					
Parque Miraflores	2	Tipo	0	1	2	0	0	3
		Fr	0	0.3	0.7	0.0	0.0	1.00
		Fp	0	33%	67%	0%	0%	100%
	Calidad de aire		Buena (mayor presencia de líquenes tipo folioso)					
Parque Valentín Paniagua	1	Tipo	0	0	1	0	0	1
		Fr	0	0	1	0	0	1
		Fp	0	0%	100%	0%	0%	100%
	Calidad de aire		Buena (mayor presencia de líquenes tipo folioso)					
Parque Tulipanes	2	Tipo	0	1	1	0	0	2
		Fr	0	0.5	0.5	0.0	0.0	1
		Fp	0	50%	50%	0%	0%	100%
	Calidad de aire		Esta entre regular y buena (50% folioso – 50% crustoso)					
Parque La Molina	2	Tipo	0	0%	3	0	0	3
		Fr	0	0	1	0.0	0.0	1
		Fp	0	0%	100%	0%	0%	100%
	Calidad de aire		Buena (mayor presencia de líquenes tipo folioso)					
Parque San Camilo	2	Tipo	0	0	2	2	0	2
		Fr	0	0	1	0.0	0.0	1
		Fp	0	0%	100%	0%	0%	100%
	Calidad de aire		Buena (mayor presencia de líquenes tipo folioso)					
Parque Héroes del Cenepa	1	Tipo	0	0	2	0	0	2
		Fr	0	0	1	0.0	0.0	1
		Fp	0	0%	100%	0%	0%	100%
	Calidad de aire		Buena (mayor presencia de líquenes tipo folioso)					
Parque Santa Rosa	2	Tipo	0	0	2	0	0	2
		Fr	0	0	1	0.00	0.00	1
		Fp	0	0%	100%	0%	0%	100%
	Calidad de aire		Buena (mayor presencia de líquenes tipo folioso)					
Parque Central	2	Tipo	0	1	2	0	0	3
		Fr	0	0.33	0.67	0.00	0.00	1
		Fp	0	33%	67%	0%	0%	100%
	Calidad de aire		Buena (mayor presencia de líquenes tipo folioso)					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. *Calidad de aire según la frecuencia porcentual de los tipos de líquenes de cada área pública muestreada.*

Áreas públicas	Tipo de liquen	Frecuencia porcentual	Calidad de aire
P. Miraflores	Ausencia de líquenes	0%	Regular a Buena
	Crustoso	33%	
	Folioso	67%	
	Filamentoso	0%	
P. Valentín P.	Ausencia de líquenes	0%	Buena
	Crustoso	0%	
	Folioso	100%	
	Filamentoso	0%	
P. Tulipanes	Ausencia de líquenes	0%	Regular a Buena
	Crustoso	50%	
	Folioso	50%	
	Filamentoso	0	
P. La Molina	Ausencia de líquenes	0%	Buena
	Crustoso	0%	
	Folioso	100%	
	Filamentoso	0%	
P. San Camilo	Ausencia de líquenes	0%	Buena
	Crustoso	0%	
	Folioso	100%	
	Filamentoso	0%	
P. Héroes del Cenepa	Ausencia de líquenes	0%	Buena
	Crustoso	0%	
	Folioso	100%	
	Filamentoso	0%	
P. Santa Rosa	Ausencia de líquenes	0%	Buena
	Crustoso	0%	
	Folioso	100%	
	Filamentoso	0%	
P. Central	Ausencia de líquenes	0%	Regular a Buena
	Crustoso	33%	
	Folioso	67%	
	Filamentoso	0%	

Fuente: Elaboración propia

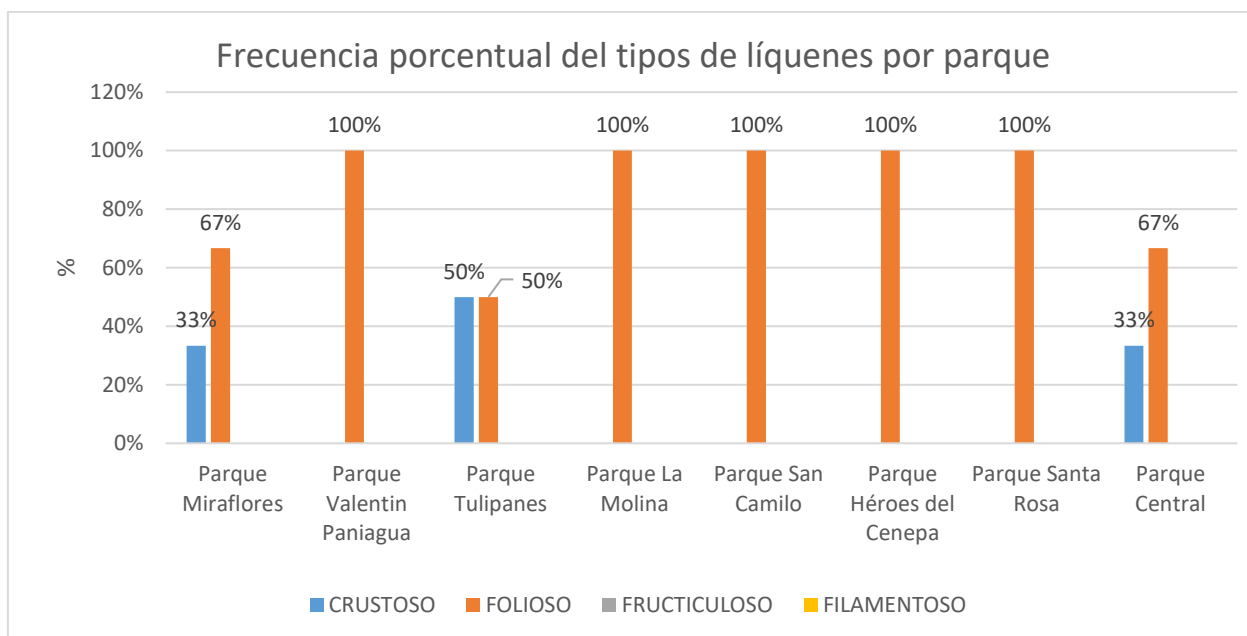
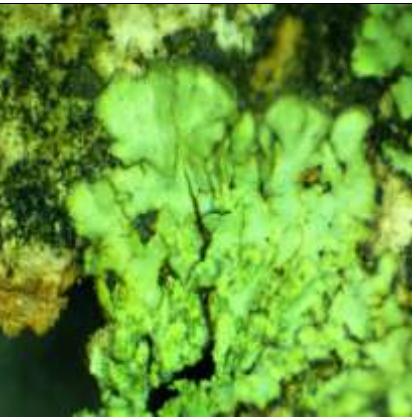
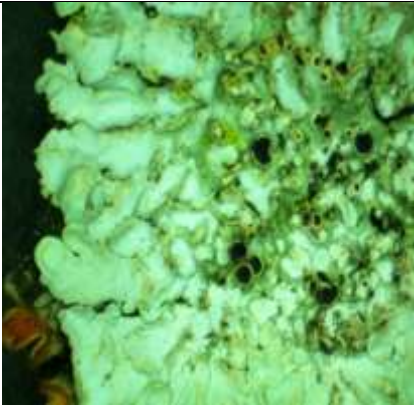
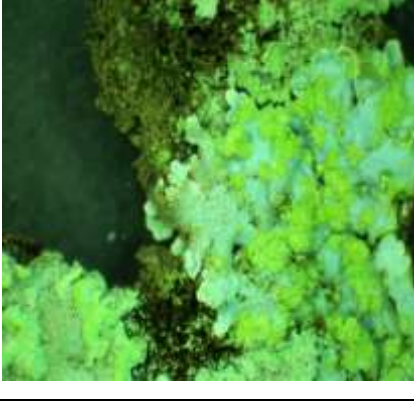


Figura 12: Frecuencia porcentual de los tipos de líquenes de cada área pública muestreada de la ciudad de Jaén.

4.5. Identificación de las diferentes especies liquenicas presentes en las diversas áreas públicas de la ciudad de Jaén.

En nuestro estudio de investigación se indentifico 6 especies liquenicas como podemos observar en la figura 14 los cuales son cinco de tipo folioso: *Parmelia Caperata*, *Physcia aipolia*, *Physcia caesia*, *Physcia americana*, *Candelaria concolor* y una de tipo crustoso *Chrysothrix candelaris*.

<i>Parmelia caperata</i> (L.) Ach.	Es un liquen folioso de color blanco verdoso o grisáceo y forma vagamente circular. El centro del talo es rugoso o pulverulento debido a la existencia de soralias – agrupaciones de paquetes de hifas y células del alga, los soledios, dispuestos para la reproducción vegetativa.	
--	---	--

<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.)	Talo folioso, grisáceo, K+ amarillo, lóbulos de 1 mm de ancho, sin cilios, médula blanca, K+ amarilla. Superficie inferior blanca con rizinas blancas. Apotecios lecanorinos de 1-1.2 mm, café negruzco, con pruina. Esporas cafés, con 1 septo de 15-19x8-10 µm.	
<i>Chrysothrix candelaris</i> (L.) J.R. Laundon.	Conocida como el liquen en polvo de mostaza o liquen en polvo de oro, Posee un talo pulverulento, de color amarillo intenso, a veces con matices dorados o verdosos, formado por unos granulos solediosos de 0.01-0.03 mm. Los apotecios son raros, de 0.5 mm de diámetro. Es una especie de liquen de la familia Chrysotrichaceae.	
<i>Physcia caesia</i>	Talo folioso, verde grisáceo, lóbulos de 0.5-1 mm, con soralias granulares, médula K+ amarilla, superficie inferior café, con rizinas cafés. Sin apotecios.	

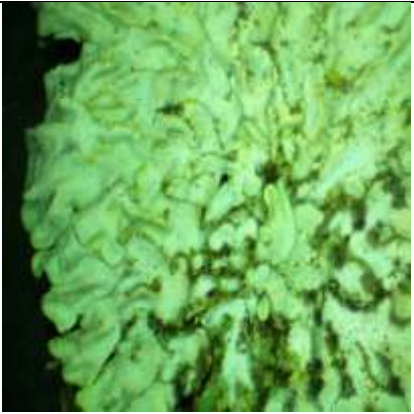
<i>Physcia americana</i>	Talo folioso, verde grisáceo, con soracios laminares, superficie inferior blanca, con rizinas blancas, sin cilios. Sin apotecios.	
<i>Candelaria concolor</i>	Talo foliáceo diminuto, con lóbulos tan estrechos (0,1 ó 0,2 mm. de ancho), finamente divididos, que apenas alcanzan 1 mm de longitud. Color amarillo intenso. Los pequeños lóbulos están aplicados sobre la superficie y cubiertos de soracios granulados de color amarillo, tanto en los márgenes como en la superficie.	

Figura 13: Especies liquenicas encontradas en las ocho áreas públicas

El parque Miraflores presento las especies *Parmelia caperata* y *Physcia aipolia* que son líquenes de tipo folioso y a la especie *Chrysothrix candelaris* que es un liquen de tipo crustoso, el parque Valentín Paniagua solo presento un tipo de liquen folioso el cual fue la especie *Physcia caesia*, el parque Tulipanes presento también la especie *Physcia caesia* de tipo folioso y la especie *Chrysothrix candelaris* que es un liquen de tipo crustoso, el parque la molina presento tres especies de tipo foliosos los cuales fueron *Physcia caesia*, *Physcia americana*, *Candelaria concolor*, el parque Central presento a la especie *Physcia americana* y *Physcia caesia* que son líquenes de tipo folioso y la especie *Chrysothrix candelaris* que es un liquen de tipo crustoso, los parques San camilo, Héroe del Cenepa y Santa Rosa presentaron dos tipos de liquen folioso los cuales fueron las especies *Physcia caesia* y *Candelaria concolor*, los resultados obtenidos están especificados en la tabla 12

Tabla 12. *Tipos y especies liquenicas encontradas en cada área pública muestreada.*

Área pública	Forofitos muestreados	Tipo de líquen	Especie liquenica
Parque Miraflores	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Folioso	<i>Parmelia caperata</i>
	Palmera coco (<i>Cocus nucifera</i>)	Ausencia de líquenes	Ausencia de líquenes
	Palmera (<i>Dypsis lutescens</i>)	Crustoso	<i>Chrysothrix candelaris.</i>
		Folioso	<i>Physcia aipolia</i>
Parque Valentín Paniagua	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	Ausencia de líquenes	Ausencia de líquenes
	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	Folioso	<i>Physcia caesia</i>
Parque Tulipanes	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes	Ausencia de líquenes
	Palmera (<i>Dypsis lutescens</i>)	Crustoso	<i>Chrysothrix candelaris.</i>
		Folioso	<i>Physcia caesia</i>
		Folioso	<i>Physcia caesia</i>
Parque La Molina	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes	Ausencia de líquenes
	Ficus (<i>Ficus benjamina</i>)	Ausencia de líquenes	Ausencia de líquenes
	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	Folioso	<i>Physcia americana</i>
		Folioso	<i>Candelaria concolor</i>
Parque San Camilo	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes	Ausencia de líquenes
	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	Folioso	<i>Physcia caesia</i>
		Folioso	<i>Candelaria concolor</i>
Parque Héroes del Cenepa	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes	Ausencia de líquenes

	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	Folioso	<i>Physcia caesia</i>
		Folioso	<i>Candelaria concolor</i>
Parque Santa Rosa	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes	Ausencia de líquenes
	Palmera (<i>Dypsis lutescens</i>)	Folioso	<i>Physcia caesia</i>
		Folioso	<i>Candelaria concolor</i>
Parque Central	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes	Ausencia de líquenes
	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	Folioso	<i>Physcia americana</i>
		Folioso	<i>Physcia caesia</i>
		Crustoso	<i>Chrysothrix candelaris</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Especies liquenicas presentes en cada área pública muestreada

Especies liquenicas	Parque Miraflores	Parque Valentín Paniagua	Parque Tulipanes	Parque Molina	Parque San Camilo	Parque Héroes del Cenepa	Parque Santa Rosa	Parque Central
<i>Parmelia caperata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physcia aipolia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physcia caesia</i>	0	1	1	0	1	1	1	0
<i>Physcia americana</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Candelaria concolor</i>	0	0	0	1	1	1	1	0
<i>Chrysothrix candelaris</i>	1	0	1	0	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

4.6. Determinación de la calidad de aire mediante líquenes como bioindicadores en la ciudad de Jaén.

Al identificar los tipos de líquenes presentes en las ocho áreas públicas muestreadas de la ciudad de Jaén mediante el uso de líquenes como bioindicadores para determinar la calidad de aire, se pudo determinar que hay dominancia con un 83% del liquen del tipo folioso, lo que indica según (Rivera, 2008), que la calidad de aire es BUENA en estas áreas públicas, pues los líquenes foliosos se encuentran en lugares poco contaminados.

Tabla 14. *Calidad de aire en la ciudad de Jaén según el tipo de liquen.*

Tipo de liquen	Calidad de aire	Frecuencia porcentual
Ausencia de líquenes	Pobre	0%
Crustoso	Regular	17%
Folioso	Buena	83%
Fruticoloso	Muy buena	0%
Filamentoso	Excelente	0%

Fuente: Elaboración propia según Rivera (2008).

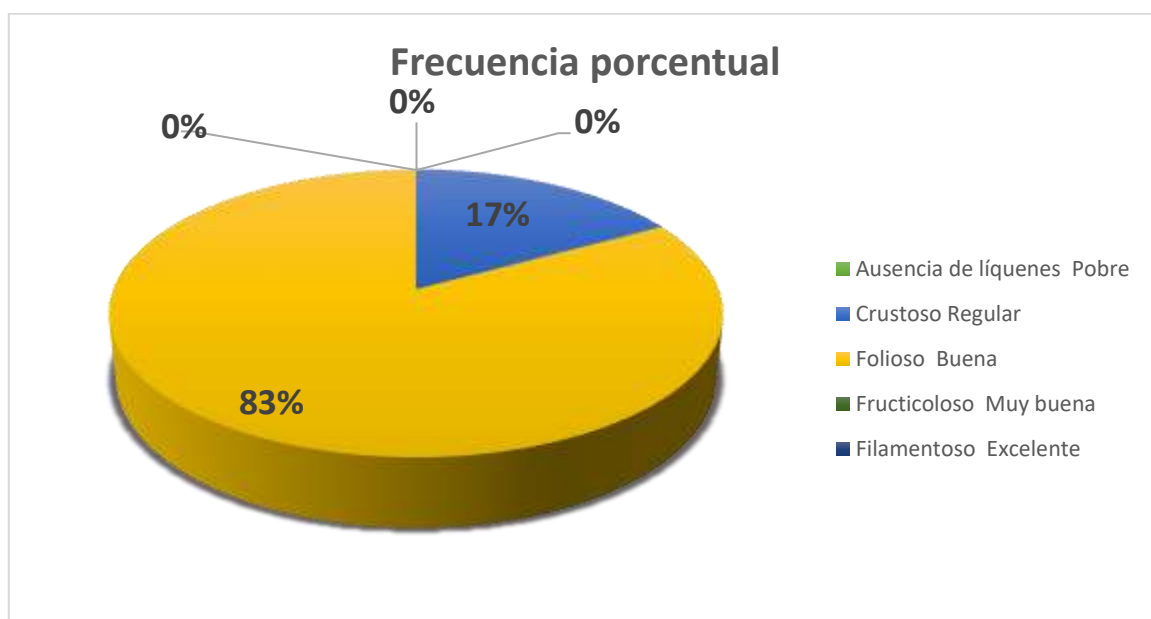


Figura 14: Calidad de aire según el porcentaje del tipo de líquen.

4.7. Determinar el índice de pureza atmosférica

La tabla 15 nos muestra los resultados del índice de pureza atmosférica (IPA) obtenidos de las diferentes áreas públicas muestreadas en la Ciudad de Jaén, según el intervalo del Índice de Pureza Atmosférica IPA (Alteración/Naturalidad) y su caracterización por rangos IPA según el autor Kaffer et al., (2011).

Se sabe que existen siete tipos de calidad de aire dependiendo de la alteración y/o naturalidad, en el cual en nuestro estudio obtuvimos cinco de estos intervalos los cuales fueron alteración muy alta, alteración media, naturalidad baja, naturalidad media y naturalidad muy alta. Como podemos observar el tipo de calidad de aire de alteración muy alta se encuentra el parque Valentín Paniagua con un IPA 4, lo que indica que presenta una calidad de aire con una alteración muy alta, el tipo de calidad de aire de alteración media presenta el parque Santa Rosa con un IPA 10, lo que indica que presenta su calidad de aire con una alteración media, el tipo de la calidad de aire con naturalidad baja la presento el parque de Miraflores con un IPA 17, lo que indica que presenta su calidad de aire con una naturalidad baja, el tipo de la calidad de aire con naturalidad media lo presentaron los parques Tulipanes, San Camilo, Héroes del Cenepa y el parque Central con IPA 22, 27, 24, 27, lo que indica que presentan una calidad de aire con naturalidad media y el tipo de calidad de aire con naturalidad muy alta la presento el parque La Molina con un IPA 57 lo que indica que presenta su calidad de aire con una naturalidad muy alta.

Según la caracterización del IPA, el parque Valentín Paniagua presenta desierto liquenico por la baja presencia de un tipo de liquen, el parque Santa rosa presenta pobre en líquenes por la baja abundancia en la presencia de sus tipos de líquenes y los parques restantes presentan transición en líquenes según la tabla de Kaffer et al., (2011) lo podemos observar en la tabla 15.

Tabla 15. *Intervalos según Alteración / Naturalidad del IPA y rangos del Índice de pureza atmosférica de acuerdo a la escala propuesta por Käffer et al., (2011).*

Nombre del Parque	IPA	Alteración/ Naturalidad	Caracterización
Parque			
Miraflores	17	Naturalidad Baja	Transición
Parque			
Valentín Paniagua	4	Alteración muy alta	Desierto liquenico
Parque			
Tulipanes	22	Naturalidad media	Transición
Parque			
La Molina	57	Naturalidad muy alta	Transición
Parque			
San Camilo	27	Naturalidad media	Transición
Parque			
Héroes del Cenepa	24	Naturalidad media	Transición
Parque			
Santa Rosa	10	Alteración media	Pobre en líquenes
Parque			
Central	27	Naturalidad media	Transición

Fuente: Elaboración propia

Niveles del índice de pureza atmosférica

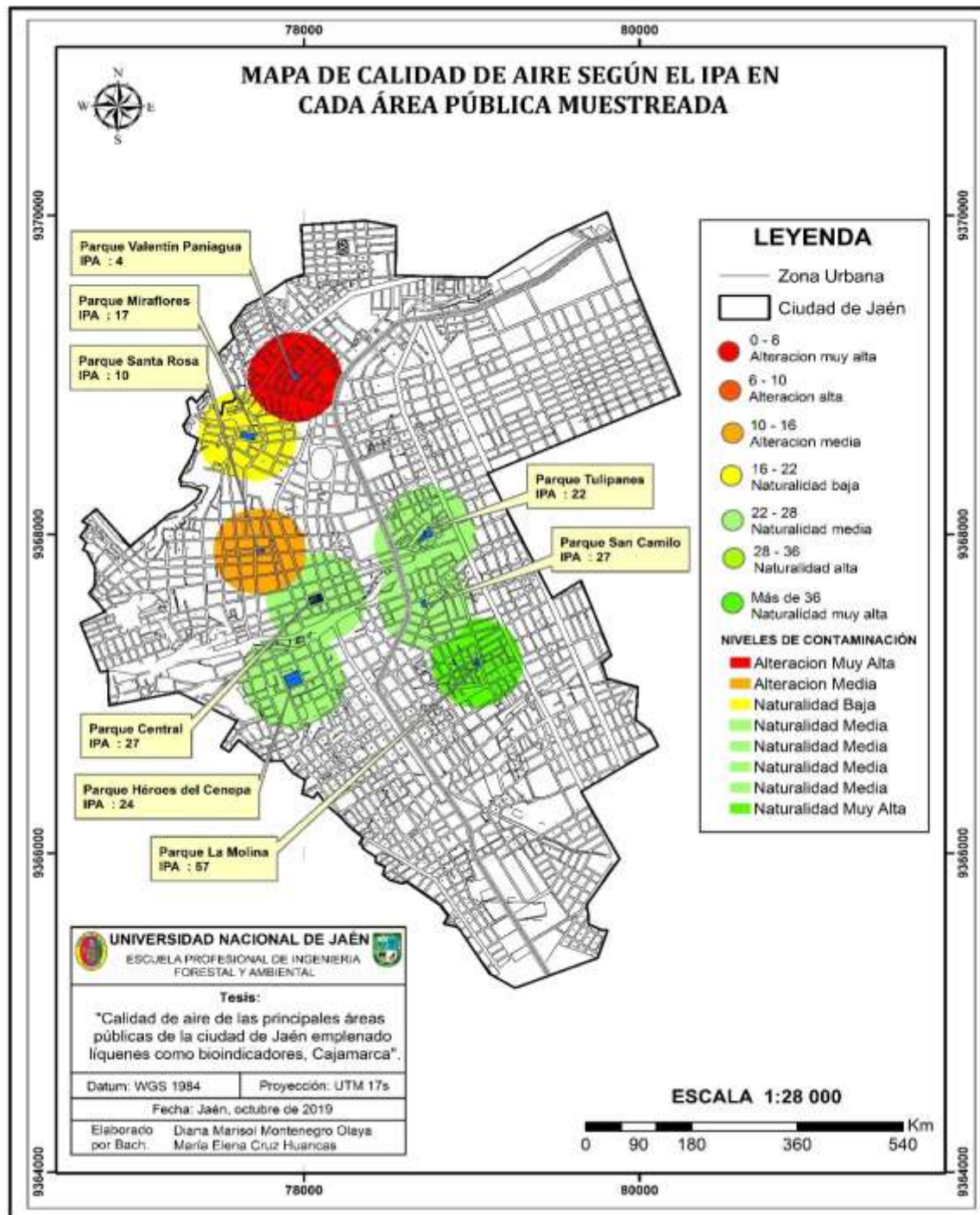


Figura 15. Calidad de aire según el IPA en cada área pública muestreada

4.8. Análisis entre la calidad del aire de las principales áreas públicas de la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores y el estudio del modelamiento de la calidad de aire en la ciudad de Jaén 2018.

El resultado que la calidad de aire de nuestro estudio en las ocho áreas públicas de Jaén, empleando líquenes como bioindicadores según Rivera (2008) de acuerdo al tipo de liquen fue que la ciudad de Jaén presenta una calidad del aire BUENA, mientras que los resultados del estudio del modelamiento de la calidad de aire 2018 de Vergara et al., (2018), obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Aire (INCA), sobre la concentración de material particulado PM_{2.5}, cuyos valores máximos de sus dos puntos muestreados (Ovalo Jr. Pakamuros y Alfonso Villanueva Pinillos y Jr, Pakamuros parque Binacional) fueron de 5.2 ug/m³ y 7.7 ug/m³ y el resultado de los gases de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre (SO_2), Ozono (O_3) y Sulfuro de Hidrogeno (H_2S) los cuales se encuentran según los valores relacionados con el Valor Umbral de Estado de Cuidado (VUEC). El cual se encuentra dentro del valor 0-50, con una clasificación BUENA, para ambos puntos muestreados, según el análisis ambos estudios demuestran que la ciudad de Jaén presenta su calidad de aire BUENA.

4.9. Determinación del pH de las diferentes muestras recolectadas en los 8 parques de Jaén.

En la medición del pH se obtuvo como resultado valores de pH ligeramente ácidos, neutros y ligeramente alcalinos en las muestras de cortezas recolectadas. Como se puede observar en la Tabla 16 los valores de pH obtenidos van desde los 5.30 a los 8.08.

Los forofitos que presentaron en su corteza valores de pH 5.30, 5.47, 5.75, 5.86, 5.69, 5.83, 5.55, 5.95, 5.90, 5.99, 5.34, 5.58, 5.60, 5.45 fueron los forofitos Palmera areca (*Dyopsis lutescens*), Palmera real (*Roystonea regia*), y Laurel (*Cordia alliodora*) quienes presentaron en su corteza individuos liquénicos.

Los forofitos que presentaron en su corteza valores de pH 6.82, 6.56, 6.72, 6.48, fueron Palmera cocotero (*cocos nucifera*), Palmera real (*Roystonea*

regia) y Ficus (**Ficus benjamina**), quienes no presentaron ningún tipo de líquen en su corteza.

Los forofitos que presentaron en su corteza valores de pH de 7.29, 7.46, 7.22, 8.02, 8.08 fueron los forofitos Pomarrosa (**Syzygium jambos**). Quienes no presentaron ningún tipo de líquen en su corteza.

Tabla 16. Determinación del Ph de los diferentes forofitos muestreados en cada área pública.

		Palmera areca (<i>Dypsis lutescens</i>)	Palmera cocotero (<i>Cocus nucifera</i>)	Palmera real (<i>Roystonea regia</i>)	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ficus (<i>Ficus benjamina</i>)	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)
Áreas públicas	Forofitos	pH de los forofitos muestreados					
Parque	1	5.53	-	-	-	-	-
Miraflores	2		6.82	-	-	-	-
	3	-	-	-	7.64	-	-
Parque	1	-	-	6.56	-	-	-
Valentín	2	-	-	6.72	-	-	-
Paniagua	3	-	-	-	-	-	5.42
Parque	1	-	-	-	6.95	-	-
Tulipanes	2	5.75	-	-	-	-	-
	3	5.86	-	-	-	-	-
Parque	1	-	-	-	6.88	-	-
La molina	2	-	-	5.69	-	-	-
	3	-	-	5.83	-	-	-
	4	-	-	-	-	6.48	-
Parque	1	-	-	-	7.29	-	-
San camilo	2	-	-	-	7.46	-	-
	3	-	-	5.55	-	-	-

	4	-	-	5.95	-	-	-
Parque	1	-	-	-	7.22	-	-
Héroes del	2	-	-	-	6.83	-	-
Cenepa	3	-	-	5.90	-	-	-
	4	-	-	5.99	-	-	-
Parque	1	-	-	-	8.02	-	-
Santa rosa	2	-	-	-	8.08	-	-
	3	5.30	-	-	-	-	-
	4	5.58	-	-	-	-	-
Parque	1	-	-	-	6.98	-	-
Central	2	-	-	-	6.76	-	-
	3	-	-	5.60	-	-	-
	4	-	-	5.43	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

4.10. Determinación del flujo vehicular en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén.

En la figura 16 se observa que el parque Valentín Paniagua fue el que presentó el menor flujo vehicular de 2 vehículos por min y el parque Central presentó el mayor flujo vehicular con 33 vehículos por minuto.

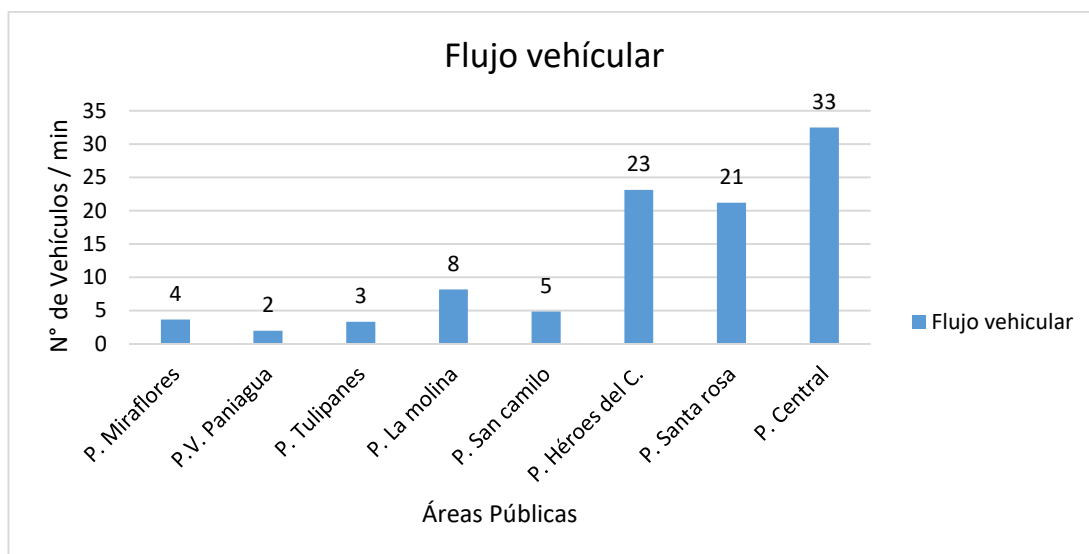


Figura 16: Flujo vehicular de cada área publica muestreada.

Tabla 17. Registro de flujo vehicular

	Parque Miraflores	Parque Valentín Paniagua	Parque Tulipanes	Parque La Molina	Parque San Camilo	Parque Héroes del Cenepa	Parque Santa Rosa	Parque Central
1 Día de semana	327	110	198	655	389	1929	1355	2411
1 Sábado	202	159	218	466	273	1102	1218	1786
1 Domingo	134	86	181	351	212	1134	1240	1654
n° de vehículos TOTAL	663	355	597	1472	874	4165	3813	5851
Promedio de N° de vehículos	221	118	199	491	291	1388	1271	1950
Periodo de tiempo por turno / min	60	60	60	60	60	60	60	60
Total de tiempo turno/min	180	180	180	180	180	180	180	180
Flujo vehicular	4	2	3	8	5	23	21	33

Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Forofitos muestreados

De los 29 forofitos muestreados en las 8 áreas públicas, solo 15 de estos presentaron especies liquenicas sobre su corteza, que viene a ser el 52% de forofitos con presencia de líquenes. El parque Valentín Paniagua de sus 3 árboles muestreados solo el 33% presento líquenes (1 especie) Situación similar presento Huamán (2017) en su estudio realizado en la ciudad de Bagua que de sus árboles muestreados, solo el 62 % presentó líquenes sobre su corteza. En el sector 3 se analizaron 8 árboles de los cuales solo el 12.5% presentó líquenes (1 especie). Según Llop et al., (2012) es una correlación inversa, lo cual demuestra que al aumentar el pH los valores de diversidad liquenica disminuyen.

5.2. Inventariado y determinación de la frecuencia relativa simple y porcentual de los tipos de líquenes en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén.

De acuerdo al tipo de liquen, donde obtuvimos un 83% de liquen folioso nos muestra según Rivera (2008) que tenemos una calidad de aire BUENA, este resultado concuerda con otro estudio que determino la calidad de aire mediante el tipo de liquen presente, esto se dio en el campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, que obtuvo un 42% de liquen crustoso, lo cual determina que es una calidad de aire “REGULAR” según el estudio de Delgado (2015). En otro estudio de Gretchen (2014), donde valores obtenidos indicaron una escala muy baja; esto se puede deber a que en realidad no existe mayor dominancia en cuanto a formas de crecimiento, ya que solamente se encontraron líquenes costrosos y líquenes foliosos representando un 49% y 51% respectivamente. Nuestro estudio no presento el tipo de liquen fruticoloso debido a que los líquenes fruticosos son los primeros en desaparecer de un ecosistema urbano como consecuencia de la contaminación atmosférica según Hawksworth y Rose (1970). Este tipo de líquenes son menos vulnerables a las alteraciones de la calidad del aire ya que presentan una unión más estrecha con el sustrato, tienen crecimiento marginal y no poseen corteza

inferior (Ederra, 1996; Hawksworth y Rose; 1970). O también puede deberse a lo mencionado en el estudio de Lijteroff et al., (2006) este no presenta similitud en especies tolerantes y/o sensibles a la contaminación se puede decir que los ecosistemas son muy diferentes uno de los factores influyentes puede ser la geografía del lugar y los factores antropogénicos.

5.3. Identificación de las diferentes especies liquenicas presentes en las diversas áreas públicas de la ciudad de Jaén.

Las especies tolerantes encontradas en nuestro estudio de investigación fueron *Parmelia Caperata*, *Physcia aipolia*, *Physcia caesia*, *Physcia americana*, *Candelaria concolor* y *Chrysothrix candelaris*, algunas de estas han sido obtenidas en otros estudios. Como es el caso de las especies tolerantes *Candelaria concolor* y género *Physcia* que fueron identificadas en un estudio de Cochabamba de Gonzales et al., (2016).

Nuestra investigación presento mayor presencia el género *Physcia*, esto puede deberse a que este género es propio de zonas urbanas, según otros estudios como es el caso de Gretchen (2014), que presento en su estudio los géneros *Physcia* y *Caloplaca* que fueron encontrados también en otra investigación que son propios de zonas urbanas, ya que tanto Cohn y Sunum (2014), Canseco et al., (2006) y Rivera (2008), los registran en sus trabajos realizados en lugares urbanos. En estudios a nivel nacional e internacional se puede encontrar como coincidencia la abundancia del género *Physcia* en zonas urbanas, así lo demuestran Villanueva (2014), Lijteroff y Prieri (2008) y Canseco, Anze y Franken (2006) quienes desarrollaron estudios de líquenes en zonas metropolitanas.

5.4. Determinación del pH de las diferentes muestras recolectadas en los 8 parques de Jaén.

En nuestro estudio los forofitos que presentaron en su corteza valores de pH de 5,30, 5,47, 5,75, 5,86, 5,69, 5,83, 5,55, 5,95, 5,90, 5,99, 5,34, 5,58, 5,60, 5,45 fueron quienes presentaron en su corteza especies liquenicas y los forofitos que presentaron valores de pH 6,82, 6,56, 6,72, 6,48, 7,29, 7,46, 7,22, 8,08, 8,05 no

presentaron especies liquenicas sobre su corteza. Igual situación presento en su estudio Huamán (2017), donde sus especies arbóreas muestreadas con un promedio de pH 5,41 presentaron mayor número de individuos y las especies arbóreas con promedio de pH de 6,73, 7,24 y 6,54 no registraron especies liquenicas. Según Llop et al., (2012) es una correlación inversa, lo cual demuestra que al aumentar el pH los valores de diversidad liquenica disminuyen.

5.5. Discusión del índice de pureza atmosférica y el flujo vehicular en las diferentes áreas públicas de la ciudad de Jaén.

Nuestro estudio obtuvo como resultado 5 escalas de intervalos de Índice de Pureza Atmosférica los cuales fueron alteración muy alta, alteración media, naturalidad baja, naturalidad media y naturalidad muy alta, si se compara con el estudio de Fernández y Terrón (2003), que en su estudio obtuvo siete escalas de intervalos de Índice de Pureza Atmosférica (alteración muy alta (36 -42), alteración alta (42 - 48), alteración media (48 -58), naturalidad baja (54 -60), naturalidad media (60 - 66), naturalidad alta (66 -72) y naturalidad muy alta (mayor a 72)), donde expresa que la mayoría de estos intervalos no guarda concordancia con el medio estudiado por lo que se puede decir que estos ecosistemas no son similares, esto puede deberse a que en las zonas de mayor número de especies y abundancia de líquenes, son las que presentan menor presencia vehicular. Con respecto a nuestro estudio puede atribuirse también a la baja presencia de individuos liquenicos ya que la mayoría de áreas muestreadas presentaron forofitos con pH neutros y ligeramente alcalino donde estos demuestran su ausencia en estos niveles de pH, además nuestro estudio no tiene correlación con el flujo vehicular ya que estos presentaron valores bajos de flujo vehicular a comparación con zonas grandes más transitadas. En nuestros resultados con respecto al flujo vehicular y al Índice de Pureza Atmosférica no podemos decir que se asemejan a estudios como es el caso de Quispe., Nique., Chuquilín., Canseco., Anze., Franken., Zambrano., entre otros (2015); dado que obtuvieron un IPA menores a 15 en zonas de mayor flujo vehicular, y al mismo tiempo menor presencia de abundancia y riqueza liquenica.

Ya en la caracterización del Índice de pureza atmosférica en nuestro estudio tuvo tres escalas según Käffer *et al.*, (2011), las cuales fueron Transición, Pobre en líquenes y Desierto liquenico. Esto puede deberse aparte del pH a otros factores como la poca iluminación de los forofitos ya que estos individuos liquenicos en nuestro estudio estuvieron escasos en el lado del forofito poco iluminado lo que hace que reduzca el crecimiento y la abundancia de estos, podemos ver en el estudio de Gretchen (2014) que explico que en el Jardín Botánico donde muestreo hubo árboles muy altos, los que le dan sombra a las jacarandas de donde se tomaron los datos, lo que no permite que los líquenes allí presentes obtengan suficiente luz para su crecimiento. Y los puntos P21 y P28 con los IPA más altos, están agrupados con datos de contaminación intermedia, lo que indica que a pesar de poseer los valores más altos, no son lo suficientemente altos y que todos pertenecen a un área de transición.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se demostró la presencia de un 83% del tipo de líquen folioso en las diferentes áreas públicas muestreadas, dando como resultado según Rivera, (2008) que la Ciudad de aire en la ciudad de Jaén es “BUENA”.
- Se demostró la mayor presencia de líquenes de tipo folioso con un 67% a 100% en cada una de las áreas públicas muestreadas, dando como resultado que la calidad de aire en estas áreas públicas es “BUENA”.
- Se identificó 6 especies liquenicos de los cuales se hicieron hasta especie, entre las cuales fueron *Parmelia caperata*, *Physcia aipolia*, *Physcia caesia*, *Physcia americana*, *Candelaria concolor*, *Chrysothrix candelaris*.
- De acuerdo al Índice de Pureza Atmosférica (IPA), en nuestro estudio se concluye que presento cinco tipos de calidad de aire según la alteración o naturalidad, los cuales fueron alteración muy alta, alteración media, naturalidad baja, naturalidad media y naturalidad muy alta, por lo que se puede decir que de estas áreas públicas muestreadas sus resultados no son similares.
- A mayor aumento de pH en la corteza de los arboles muestreados hay menor presencia o ausencia de los líquenes.
- La área pública que presento mayor flujo vehicular con 33 vehículos por minuto fue el parque Central y con menor flujo vehicular de 2 vehículos por minuto fue el parque Valentín Paniagua, el cual no tuvo correlación con la presencia de líquenes en cada una de las áreas públicas muestreadas.
- En el análisis de comparación de la calidad de aire de la ciudad de Jaén empleando líquenes como bioindicadores con el estudio del modelamiento de la calidad de aire 2018 realizados con equipos de medición, en la ciudad de Jaén se observa que ambos demuestran que la calidad de aire es BUENA.

6.2. Recomendaciones

- Investigar cuales son las agentes de contaminación atmosférica que se encuentran a los alrededores de las áreas públicas muestreadas que intervienen en el aumento del pH en las cortezas de los forofitos muestreados.
- La universidad de Jaén debe convocar a estudiantes de los últimos ciclos de la carrera de Ingeniería Forestal y Ambiental a interesarse a monitorear anualmente la calidad de aire de la ciudad de Jaén utilizando esta metodología, ya que es de bajo costo.
- Los estudiantes de la universidad Nacional de Jaén, la Municipalidad Provincial de Jaén y otras entidades involucradas en el tema ambiental, deberían tomar a esta investigación como referencia para futuros estudios de calidad del aire utilizando esta metodología.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asta, J., Erhardt, W., Ferretti, M., Fornasier, F., Kirschbaum, U., Nimis, P.,... Wirth, V. (2002). European Guideline For Mapping Lichen Diversity As An Indicator Of Environmental Stress. The British Lichen Society.1-20 pp.
- Calatayud, L. V. y Sanz S. M. (2000). Guía de Líquenes Epífitos. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, 185 pp.
- Canseco, Á., R. Anze y M. Franken. (2006). Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. Acta Nova 3: 286-307pp.
- Cohn, G y Sunum, R. (2012). Líquenes de Guatemala: Historia natural y lista actualizada. Guatemala: Universidad del valle de Guatemala.
- Chen, J., Shi, H., Sivakumar, B., & Peart, M. (2016). Population, water, food, energy and dams. Renewable and Sustainable Energy Reviews.56. 18-28. 10.1016/j.rser.2015.11.043.
- Delgado, Y. (2015). Calidad del Aire en el Campus de Universidad Nacional Agraria de la Selva mediante líquenes como Bioindicadores. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú.
- Ederra, A. (1996). Botánica ambiental aplicada: Las plantas y el equilibrio ecológico de nuestra tierra. EUNSA. España. 205 pp.
- Fernandez, A., & Terron, A. (2003). Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de La Robla (León). Revista científica técnica de ecología y medio ambiente. Recuperado el 21 de mayo del 2013, de: <http://aeet.org/ecosistemas/032/investigación2.htm>

- Gómez H, Fernández R, Benzo Z, Galarraga F, Hernández J, Roschman-González A. (2013) Líquenes como biomonitores de la contaminación atmosférica por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) - revisión - Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela; 28(1):45-58.
- Gonzales, V. N., Luján, P. M., Navarro, S. G., y Flores, M. 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.
- Gretchen, M. (2014). "Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano Hipódromo del Norte-Hipódromo del Sur, en la ciudad de Guatemala". Guatemala.
- Hawksworth, D. y Rose, F. (1970). Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*. 227:145-48.
- Hawksworth, D., Iturriaga, T. y Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores de contaminación y cambios medioambientales en los trópicos. Universidad Simón Bolívar. Venezuela.
- Huamán, S. (2017). Determinación de la calidad del aire empleando líquenes en la ciudad de Bagua Grande, Provincia de Utcubamba, Región Amazonas, 2017 (tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Perú.
- Ibáñez, J. (2007), Tipos de costra sobre la superficie del suelo [<http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/01/01/56361.aspx>: 12 de julio de 2008]
- Käffer, A., Azevedos, S., Alves, C., Camejo, V., Fachel, J., & Ferrao, V. (2011). Corticolous lichens as environmental indicators in urban areas in southern Brazil. *Ecological Indicators* 11, 1319-1332.
- Kricke, R., & Loppi, S. (2002). Bioindication: the I.A.P. approach. En: *Monitoring with lichens—monitoring lichens* (P.L. Nimis, C. Scheidegger y P.A. Wolseley, Eds.). NATO Science Series, Vol. 7, pp. 21–37

- Lijteroff, R. y Santoni, C. (2006). Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la Provincia de San Luis, Argentina. *Int. Contam. Ambient*, 22 (1), pp 49 -58.
- Lijteroff, L. y Prieri, B. (2008). Uso de líquenes como bioindicadores de Guía para la evaluación de impactos en la calidad del aire por actividades minero metalúrgicas contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis. Universidad Nacional de San Luis. Argentina.
- Lijteroff, R., Lima, L., y Prieri, B. (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 25(2), 111-120.
- Llop, E., Pinho, P., Matos, P., Pereira, M. J., & Branquinho, C. (2012). The use of lichen functional groups as indicators of air quality in a Mediterranean urban environment. *Ecological Indicators*, 13(1), 215–221.<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.005>
- Monges, C. (2018). Líquenes, bioindicadores de contaminación por excelencia. Obtenido de Recuperado del archivo: [/// E: / TESIS - LÍQUENES / sh / Líquenes, bioindicadores decontaminación por excelencia.html](http://www.tesis-líquenes-sh.com/Líquenes,%20bioindicadores%20decontaminaci3n%20por%20excelencia.html)
- Moreno, E., Sánchez, A., & Hernández, J. (2007). Guía Ilustrada de líquenes de Venezuela.. Caracas: Fundación Instituto Botánico de Venezuela.
- Navarro, S. (2008). Tasa de flujo vehicular. [En línea]: Análisis del flujo vehicular, (<http://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/analisis-de-flujo-vehicular-cal-y-mayor.pdf>, 11 Feb. 2014).
- Orozco, C. (2003). El desarrollo sustentable, nuevo paradigma para la Administración pública. (1ª ed.). México: Instituto Nacional de Administración Pública.
- Quispe, k., Ñique, M. y Chuquilin E. (2015). Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María, Perú. *Investigación y Amazonía*, 3 (2), 99-104.
- Rivera, E. (2008). Estudio de líquenes como indicadores de los niveles de contaminación en el pueblo de Guayama, Puerto Rico (Tesis de maestría). Universidad del Turabo, Gurabo, Puerto Rico.

Vergara, S., Herrera, S., Colmenares, W., & Rubio, L. (2018). Modelamiento de Calidad de aire para mejorar la Gestión Ambiental Local de la ciudad de Jaén. 2016-2017. Perú.

Villanueva (2014). Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a papá Dios por darnos la vida y la salud, a mi familia, amigos y a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta investigación.

Asimismo, agradecer a nuestra casa de estudios **Universidad Nacional de Jaén** por habernos formado profesionalmente siendo rigurosos en toda la formación profesional.

A nuestra **Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental** por habernos brindado todas las facilidades para poder desarrollar nuestra identificación de especies liquenicas y medición del pH de la corteza de forofitos muestreados, que era indispensable para ejecutar esta investigación.

Mi agradecimiento también va dirigido a nuestros Asesores de Tesis el Dr. Alexander Huamán Mera y la M. Sc. Yuriko Sumiyo Murillo Domen por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos acerca del tema. Así mismo por habernos tenido toda la paciencia del mundo para guiarnos durante el desarrollo de la tesis.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado primordialmente a Dios por haberme dado la vida y haberme permitido llegar hasta donde estoy profesionalmente, a mi familia, en especial a mis queridos padres Alberto y Marisol, quienes son mi inspiración y fortaleza día a día, por haberme brindado su amor, apoyo incondicional y sus consejos durante esta etapa de mi vida, a mi hermana Vanessa, mi sobrinito Darley y a mi primo Jherson Zeña por su gran cariño y apoyo, por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos, también dedico esta investigación a mi mejor amiga Lizeth con quien comparto inolvidables momentos en mi vida, que siempre está apoyándome y aconsejándome y en especial a un gran amigo Itler que siempre confió en mí y me brindo en todo momento su apoyo , rogando a Dios que me los cuide y bendiga siempre.

DIANA M. MONTENEGRO OLAYA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mis hermanos, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

MARIA E. CRUZ HUANCAS

ANEXOS

Anexo 1. Formato para la recolección de datos en campo para la estimación del flujo vehicular de las ocho áreas públicas muestreadas.

TURNO MAÑANA										
DÍA DE SEMANA	NOMBRE DEL PARQUE	PUNTOS	VEHÍCULOS / MIN	N° DE VEHÍCULO			N° TOTAL DE VEHÍCULOS /MIN			
				MOTO TAXI	MOTO LINEAL	CARROS	30 MIN	45 MIN	1 HO RA	TOTAL
	MIRAFLORES	1	20 min							
		2	20 min							
		3	20 min							
TURNO TARDE										
DÍA DE SEMANA	NOMBRE DEL PARQUE	PUNTOS	VEHÍCULOS / MIN	N° DE VEHÍCULO			N° TOTAL/MIN			
				MOTO TAXI	MOTO LINEAL	CARROS	30 MIN	45 MIN	1 HO RA	TOTAL
	MIRAFLORES	1	20 min							
		2	20 min							
		3	20 min							
TURNO NOCHE										
DÍA DE SEMANA	NOMBRE DEL PARQUE	PUNTOS	VEHÍCULOS / MIN	N° DE VEHÍCULO			N° TOTAL/MIN			
				MOTO TAXI	MOTO LINEAL	CARROS	30 MIN	45 MIN	1 HO RA	TOTAL
	MIRAFLORES	1	20 min							
		2	20 min							
		3	20 min							

Anexo 2. Panel Fotográfico.

- Trabajo en campo.

	
Paso 1: Selección de los forofitos a muestrear	Paso 2: Medición del DAP (Diámetro a la altura del pecho) de los forofitos seleccionados.
	
Paso 3: medición para colocar la gradilla	Paso 4: colocación de la gradilla



Paso 5: Identificación del tipo de líquen en el forofito



Paso 6: Conteo de individuos liquenicos en el forofito.

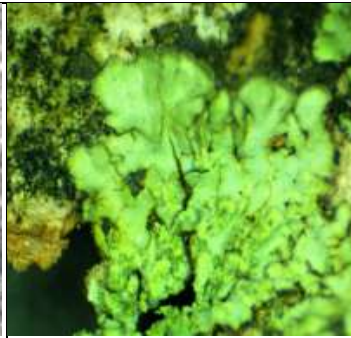
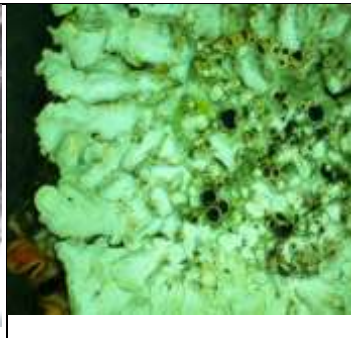
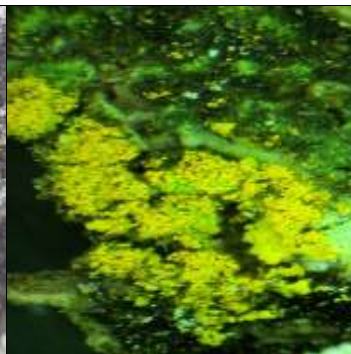


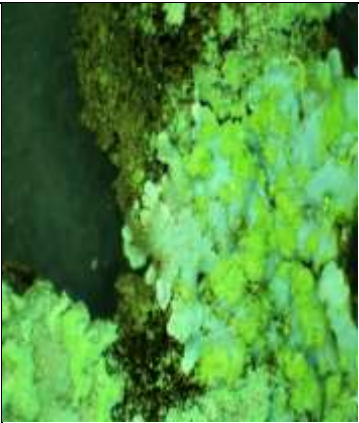
Paso 7: Registro de datos

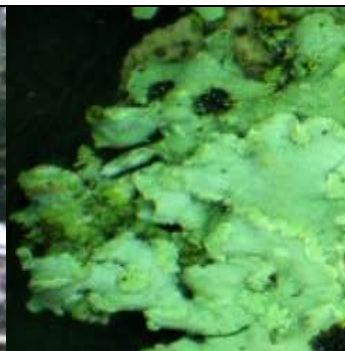
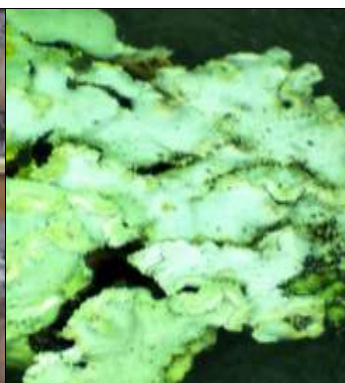
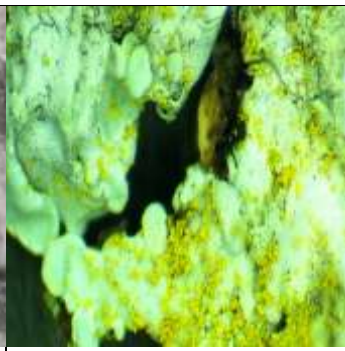


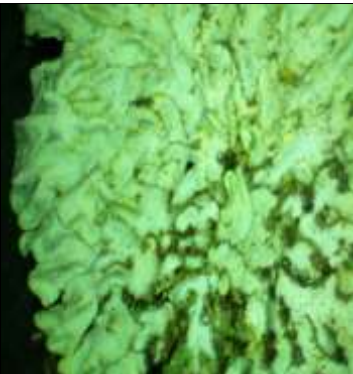
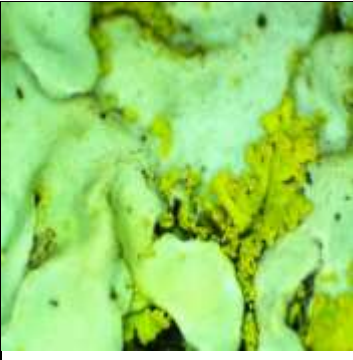
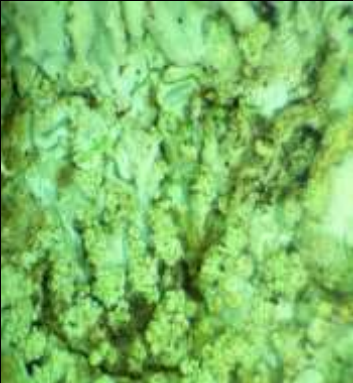
Paso 8: Extracción de individuo liquenico

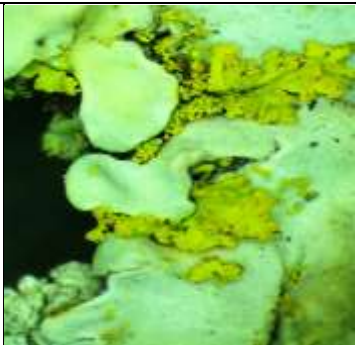
Anexo 3: Especies liquenicas encontradas en la corteza de los forofitos de cada área publica muestreada.

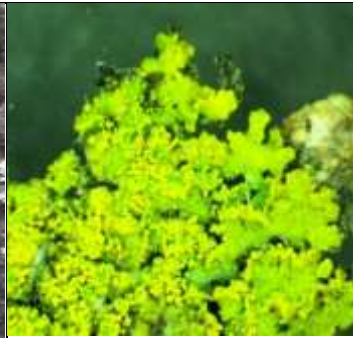
PARQUE MIRAFLORES			
N° de Árbol	Árbol Muestreado	TIPO DE LÍQUEN ENCONTRADO	
1	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)		
		<i>Parmelia caperata</i>	
2	Palmera (<i>Dypsis lutescens</i>)		
		<i>Physcia aipolia</i>	
			
		<i>Chrysothrix candelaris.</i>	
3	Cocotero (<i>Cocos nucifera</i>)	Ausencia de líquenes	

PARQUE VALENTÍN PANIAGUA		
Nº de Árbol	Árbol Muestreado	TIPO DE LÍQUEN ENCONTRADO
1	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	Ausencia de líquenes.
2	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	 
		<i>Phycia caesia</i>
3	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	Ausencia de líquenes.

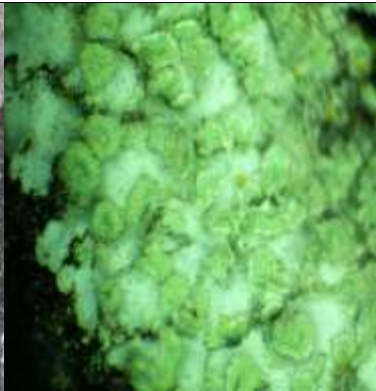
PARQUE TULIPANES		
N° de Árbol	Árbol Muestreado	TIPO DE LÍQUEN ENCONTRADO
1	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes.
2	Palmera (<i>Dypsis lutescens</i>)	
		
		<i>Physcia caesia</i>
3	Palmera (<i>Dypsis lutescens</i>)	
		
		<i>Physcia caesia</i>
		
		
		<i>Chrysothrix candelaris</i>

PARQUE MOLINA		
N° de Árbol	Árbol Muestreado	TIPO DE LÍQUEN ENCONTRADO
1	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes.
2	Ficus (<i>Ficus benjamina</i>)	Ausencia de líquenes.
3	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	
		
		<i>Phycia americana</i>
3	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	
		
3	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	<i>Candelaria concolor</i>
4	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	
		

		<i>Physcia caesia</i>	
			
		<i>Candelaria concolor</i>	

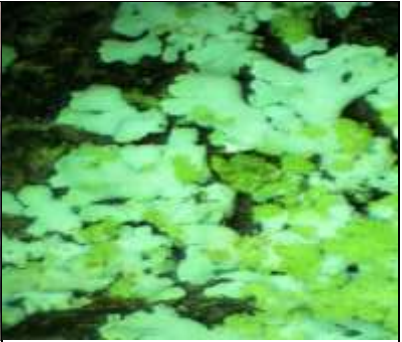
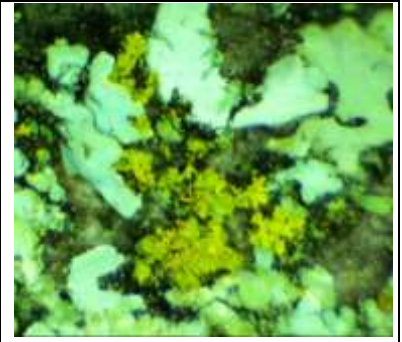
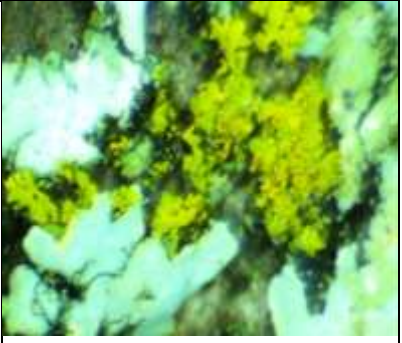
PARQUE SAN CAMILO			
N° de Árbol	Árbol Muestreado	TIPO DE LÍQUEN ENCONTRADO	
1	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes.	
2	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)		
		<i>Physcia caesia</i>	
			
		<i>Candelaria concolor</i>	

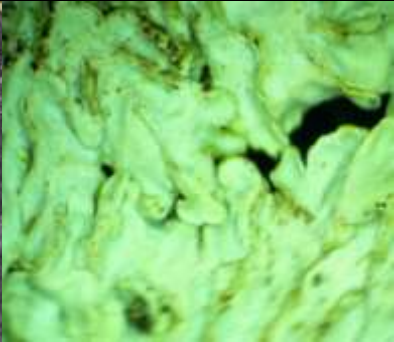
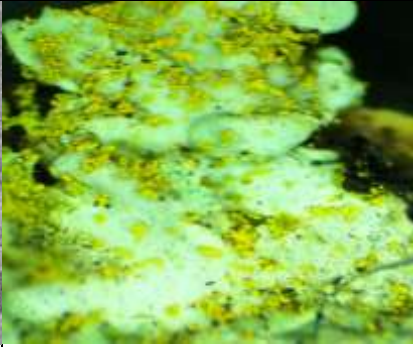
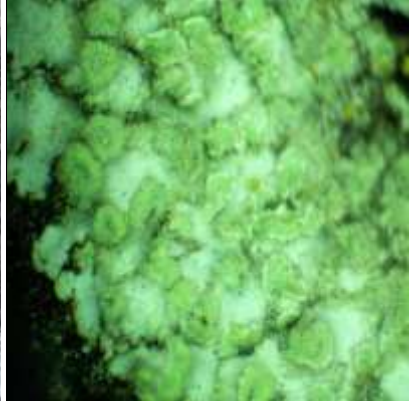
3	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)		
		<i>Physcia caesia</i>	
			
		<i>Candelaria concolor</i>	
4	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes.	

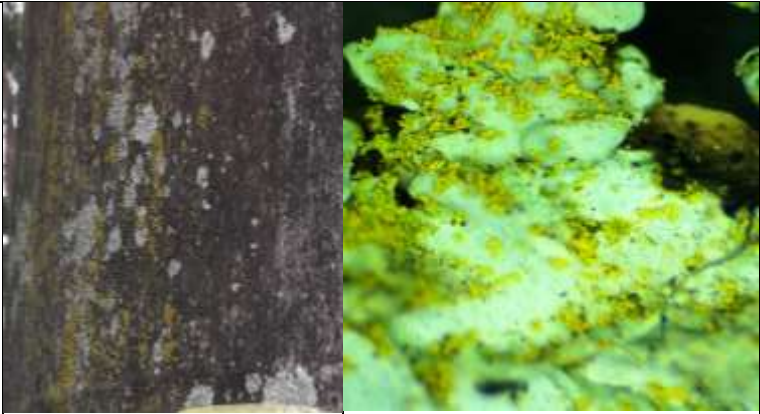
PARQUE HÉROES DEL CENEPÁ		
N° de Árbol	Árbol Muestreado	TIPO DE LÍQUEN ENCONTRADO
1	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes.
2	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	
		
		<i>Phycia caesia</i>
		
3	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	
		<i>Candelaria concolor</i>
		
		
		<i>Phycia caesia</i>

		
		<i>Candelaria concolor</i>
4	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes.

PARQUE SANTA ROSA		
N° de Árbol	Árbol Muestreado	TIPO DE LÍQUEN ENCONTRADO
1	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes.
2	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes

3	Palmera (<i>Dypsis lutescens</i>)		
		<i>Physcia caesia</i>	
			
		<i>Candelaria concolor</i>	
4	Palmera (<i>Dypsis lutescens</i>)		
		<i>Physcia caesia</i>	
			
		<i>Candelaria concolor</i>	

PARQUE CENTRAL		
N° de Árbol	Árbol Muestreado	TIPO DE LÍQUEN ENCONTRADO
1	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	 
		<i>Physcia americana.</i>
		 
		<i>Chrysothrix candelaris</i>
2	Palma real (<i>Roystonea regia</i>)	 
		<i>Physcia caesia</i>

			
		<i>Chrysothrix candelaris</i>	
3	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes.	
4	Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>)	Ausencia de líquenes.	

Anexo 4: Constancia de identificación taxonómica

CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

La que suscribe Yuriko S. Murillo Domen de profesión Biólogo-Botánico, hago constar lo siguiente:

Que los tesisistas de la Universidad Nacional de Jaén, Bach. Diana Marisol Montenegro Olaya y Bach. María Elena Cruz Huancas identificados con DNI N° 48272894 y N° 71880893 respectivamente; solicitaron la determinación de muestras de líquenes en el marco del proyecto de investigación denominado "CALIDAD DEL AIRE DE LAS PRINCIPALES ÁREAS PÚBLICAS DE LA CIUDAD DE JAÉN EMPLEANDO LÍQUENES COMO BIOINDICADORES, CAJAMARCA" las cuales fueron debidamente recolectadas y codificadas.

Revisada las características de cada muestra se determinaron los siguientes géneros y especies a fines: *Parmelia caperata*, *Physcia aipolia*, *Physcia caesia*, *Physcia americana*, *Candelaria concolor*, *Chrysothrix candelaris*.

Se expide a solicitud de los interesados para fines que se estime por conveniente.

Jaén, 15 de setiembre del 2019



MSc/ Yuriko S. Murillo Domen

