

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE EL
INDICE DE PUREZA AMBIENTAL Y EL ANÁLISIS DE METALES
PESADOS EN EL LIQUEN *Xanthoparmelia* sp. (Vain.) Hale EN LA
CIUDAD DE PUNO.**

TESIS

**PRESENTADO POR:
OSKAR GUILLERMO VILLAMAR VALDIVIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE EL INDICE DE PUREZA AMBIENTAL Y EL ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN EL LIQUEN *Xanthoparmelia sp. (Vain.) Hale.* EN LA CIUDAD DE PUNO

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. OSKAR GUILLERMO VILLAMAR VALDIVIA



PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Aprobado por el jurado revisor:

PRESIDENTE:

Dr. Nicanor Miguel Bravo Choque

PRIMER MIEMBRO:

D.Sc. Rosario Edely Ortega Barriga

SEGUNDO MIEMBRO:

Mg. María Isabel Valfenas Gaona

DIRECTOR / ASESOR:

Mg. Martha Elizabeth Aparicio Saavedra

ÁREA: Ciencia Biomédicas

TEMA: Calidad Ambiental

Fecha de Sustentación: 28 de Diciembre del 2018

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado con mucho amor y cariño a mi padre Oscar Villamar Barriga, mi tío Oscar Gonzales del Valle Gisich mi tía Nilda Sánchez Barriga, mi abuelita Mery Barriga Meneses y demás familiares por su apoyo incondicional, económico, moral, afectivo, para mi formación profesional. También una mención honrosa a las personas de mi pasado que me apoyaron en mi etapa estudiantil, aprendí mucho de ellos. Que Dios los bendiga a todos

Oskar Villamar Valdivia.

AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a la Dr. Martha Saavedra Aparicio
por el apoyo incondicional al presente trabajo*

*Mención al Lic. Lorgio Palacios por su apoyo en
la parte bioestadística, sus consejos supieron
estimular a terminar la Tesis*

*Agradecer también al Docente Rene Alfaron
Tapia por su apoyo en el diseño metodológico del
presente trabajo*

*Y por último citar al Mg. Ángel Ramirez
Ordaya por incentivar en realizar este estudio sobre
líquenes.*

Oskar Villamar Valdivia.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
Objetivos de la Investigación.....	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
2.1 Antecedentes	16
2.2 Marco teórico	19
2.2.1 Calidad del aire.....	19
2.2.2 Índice de Pureza Ambiental	22
2.2.3 Líquenes como Bioindicadores de Contaminación Atmosférica.	23
2.2.4 Líquenes	24
2.2.5 Componentes de la simbiosis Liquénica	25
2.2.6 Morfología.....	25
2.2.7 Formas de crecimiento	27
2.2.8 Taxonomía.....	28
2.2.9 <i>Xanthoparmelia sp.</i>	29
2.2.10 Bioindicadores.....	29
2.2.11 Metales Pesados	31
2.3 Marco Conceptual	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1 Lugar de estudio	34
3.2. Población.....	35
3.3 Tamaño de muestra	36
3.4 Metodología	38

3.4.1 Evaluación de la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental (IPA)	38
3.4.1.1 Frecuencia de Muestreo	38
3.4.1.2 Descripción detallada de los equipos y materiales	38
3.4.1.3 Variables que se analizarán	38
3.4.1.4 Aplicación de la Prueba Bioestadística para contrastar hipótesis	40
3.4.2 Estimación de la Abundancia y Riqueza Liquéncia – Índice de Shannon y Equitatividad	40
3.4.2.1 Frecuencia de Muestreo	40
3.4.2.2 Descripción detallada de los equipos y materiales	41
3.4.2.3 Variables que se analizarán.....	42
3.4.2.4 Aplicación de la Prueba Bioestadística para contrastar hipótesis	43
3.4.3 Análisis de la capacidad de absorción de metales pesados en el líquen <i>Xanthoparmelia sp. (Vain.) Hale</i>	43
3.4.3.1 Frecuencia de Muestreo	43
3.4.3.2 Descripción detallada de los equipos y materiales	43
3.4.3.3 Variables que se analizarán.....	44
3.4.3.4 Aplicación de la Prueba Bioestadística para contrastar hipótesis	44
 IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	 45
4.1 Evaluación de Calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental (IPA) en los diferentes puntos de la ciudad de Puno	45
4.2 Estimación de la Riqueza y Abundancia Liquéncia en la ciudad de Puno	49
4.2.1 Riqueza de Líquenes en la ciudad de Puno	49
4.2.2 Abundancia Liquéncia en la ciudad de Puno	53
4.3 Análisis de la capacidad de Absorción de Plomo en el Líquen <i>Xanthoparmelia sp. (Vain.) Hale</i>	56
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIONES	59
VII. REFERENCIAS	60
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estándar Nacional de calidad ambiental para el aire.....	22
Tabla 2.	Relacion entre tipo de Liquen y contaminación.....	24
Tabla 3.	Bioindicadores de contaminación Atmosférica.....	31
Tabla 4.	La Densidad de grilla para las diferentes escalas geográficas y tipo de estudio (en Km.)	36
Tabla 5.	Densidad de muestreo	36
Tabla 6.	Forofitos evaluados, ubicación UTM y Altura.....	37
Tabla 7.	Clasificación de datos.....	40
Tabla 8.	Datos obtenidos de la evaluación de la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental (IPA)	46
Tabla 9.	ANOVA para comparar los Índices de Pureza Ambiental (IPA).....	48
Tabla 10.	Riqueza Liquélica según su biotipo de crecimiento 2018	49
Tabla 11.	Prueba de Kruskal Wallis para Riqueza Liquélica	52
Tabla 12.	Prueba de Kruskal Wallis para comparar la abundancia Liquélica	54
Tabla 13.	Prueba estadística de T-Student para Plomo	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la ciudad de Puno.....	34
Figura 2. Procedimiento para la selección de árboles en la estación de monitoreo.....	35
Figura 3. Valores del Índices de Pureza Ambiental.....	47
Figura 4. Porcentaje de Líquenes de acuerdo a su Biotipo.....	50
Figura 5. Cajas de Riqueza Liquénica en la ciudad de Puno.....	51
Figura 6. Abundancia Liquenica.....	53
Figura 7. Factor de Resistencia de los Líquenes.....	55
Figura 8. Medias de las 12 repeticiones de <i>Xanthoparmelia sp.</i> en Plomo.....	56
Figura 9. Liqen <i>Xanthoparmelia sp</i> transplantado a la Av. El Ejército.....	70
Figura 10. Grilla Liquenica de 20 X 10 cm.	70
Figura 11. Forofitos del Bosque las Magnolias.....	71
Figura 12. Forofitos del cementerio Laykakota y el Av. Ejército.....	72
Figura 13. Forofitos de Jr. Manuel Acosta y Av. Aviación.....	73
Figura 14. Forofitos de la carretera antigua de Chucuito y el Bosque Barco.....	73
Figura 15 . <i>Chrysothrix candelaris</i> (Mont.) Mont.	74
Figura 16 . <i>Candelariella vitellina</i>	74
Figura 17 . <i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold.....	74
Figura 18 . <i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	74
Figura 19 . <i>Lecidea sp.</i> (L.) Ach.	74
Figura 20 . Apotecios de <i>Lecidea sp.</i> (L.) Ach.	74
Figura 21. <i>Pannaria sp</i> Delise.....	75
Figura 22. Capa Algal <i>Pannaria sp</i> Delise.....	75
Figura 23 Apotecio lecanorino de <i>Pannaria sp.</i> Delise.....	75
Figura 24 . Corteza de <i>Pannaria sp</i> Delise.....	75
Figura 25 . Pseudocifelas de <i>Punctelia punctilla</i> (Sm.) Krog.....	75
Figura 26 . <i>Punctelia punctilla</i> (Sm.) Krog.....	75
Figura 27. Pseudocifelas de <i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirton) Hal.....	76
Figura 28 . <i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirton) Hale.....	76
Figura 29. Capa Algal <i>Punctelia punctilla</i> (Sm.) Krog.....	76
Figura 30. Parte Posterior de <i>Punctelia punctilla</i> (Sm.) Krog.....	76
Figura 31 . Picnidios de <i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirton) Hale.....	76

Figura 32 . Soralios de <i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirton) Hale	76
Figura 33. <i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ach.) Hale	77
Figura 34. <i>Parmelia sp</i> Ach.	77
Figura 35 . <i>Parmelia caperata</i> Ach.	77
Figura 36 . <i>Dermatocarpon sp.</i> Eschw.	77
Figura 37. Apotecio Lecideino sumergido en el talo <i>Dermatocarpon sp.</i> Eschw.	77
Figura 38 . <i>Usnea sp.</i> Hill	78
Figura 39. <i>Umbilicaria microphylla</i> (Laur.) A. Massal.....	78
Figura 40 . Cordon central de <i>Usnea sp.</i> Hill	78
Figura 41. Parte psoterior sin rizinas en <i>Dermatocarpon sp.</i> Eschw.....	78
Figura 42 . Apotecio de <i>Umbilicaria microphylla</i> (Laur.) A. Massal.	78
Figura 43 . Rizinas de <i>Umbilicaria microphylla</i> (Laur.) A. Massal.....	78
Figura 44. Soralios e Isidios <i>Usnea sp.</i> Hill	78
Figura 45. Análisis de plomo	79

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

IPA	: Índice de Pureza Ambiental
INIA	: Instituto Nacional de Ingeniería Ambiental
ICP	: Espectrofotómetro de omisión óptica
M.S.N.M	: Metros sobre el nivel de mar
OMS	: Organismo Mundial de la Salud

RESUMEN

La investigación se realizó en la ciudad de Puno a 3825 m.s.n.m con la finalidad de evaluar la relación entre diversidad de líquenes y la calidad del aire en la zona urbana. Los líquenes son conocidos como bioindicadores de la calidad del aire debido a presentar amplia distribución, están inmóviles, carecen de raíces y cutícula; con el objetivo principal de evaluar la calidad de aire mediante el Índice de Pureza Ambiental y analizar la capacidad de absorción de metales pesados del liquen *Xanthoparmelia sp.* Recolectando las especies de Líquenes para su identificación en laboratorio, posteriormente se tomó 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 250m (0,25 x 0,25). Se trasplantó el Liquen *Xanthoparmelia sp.* del Bosque las Magnolias a la Av. el Ejército para su posterior análisis de metales pesados mediante la prueba por ICP-Espectrofotómetro de omisión óptica. El resultado para el Índice de Pureza Ambiental (IPA) indica que existe una relación estadísticamente significativa entre el IPA y las zonas de evaluación en la ciudad de Puno en función a la calidad de aire, siendo la Av. EL ejército (59.72 de IPA) y el cementerio Laykakota (16.23 de IPA) las de clasificación I, contaminación muy alta; la carretera antigua de Chucuito (124 de IPA); Barco centro de Investigación de Chucuito (281.53 de IPA); Salcedo-INIA (185 de IPA); Jr. Manuel Acosta (107.8 de IPA) tienen una clasificación III, contaminación media; la Av. Aviación (60.55 de IPA) cuenta con una clasificación II, contaminación alta; la única zona con una clasificación VI, Sin contaminación es el Bosque las Magnolias (732.6 de IPA). Sobre la equitatividad Liquénica no existe diferencias significativas para la riqueza Liquénica 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. La media obtenida en las muestras del Liquen *Xanthoparmelia sp.*, tiene un promedio de 28,2 ppm existiendo bioacumulación de plomo en los forofitos analizados de la Av. el Ejército, demostrando así que el liquen foliáceo *Xanthoparmelia sp.*, es un excelente bioindicador del plomo para el diagnóstico cualitativo de la calidad del aire.

Palabras Clave: Abundancia, bioindicadores, calidad de aire, espectrofotómetro, forofito, grilla liquénica, índice de pureza ambiental (IPA) y riqueza.

ABSTRACT

The research was carried out in the city of Puno at 3825 masl in order to evaluate the relationship between diversity of lichens and air quality in the urban area. Lichens are known as bioindicators of air quality due to their wide distribution, they are immobile, they lack roots and cuticles; with the main objective of evaluating the air quality by means of the Environmental Purity Index and analyzing the absorption capacity of heavy metals of lichen *Xanthoparmelia* sp. Collecting the lichen species for their identification in the laboratory, later eight evaluation points were taken where a lichenológica grid of 10x50 cm was used. divided into 20 boxes of 5 cm. By drawing imaginary quadrants in the area of interest of the research, each tree (phorophyte) has a minimum distance of 250m (0.25 x 0.25). Lichen *Xanthoparmelia* sp. del Bosque las Magnolias to Av. el Ejército for further analysis of heavy metals using the ICP-Optical Ophthalmometric Spectrophotometer test. The result for the Environmental Purity Index (IPA) indicates that there is a statistically significant relationship between the IPA and the evaluation areas in the city of Puno based on air quality, being the EL Army Avenue (59.72 of IPA) and the Laykakota cemetery (16.23 of IPA) those of classification I, very high contamination; the old road of Chucuito (124 of IPA); Chucuito research center ship (281.53 of IPA); Salcedo-INIA (185 of IPA); Jr. Manuel Acosta (107.8 of IPA) have a classification III, average contamination; Av. Aviación (60.55 of IPA) has a classification II, high pollution; The only area with a VI classification, Without pollution is the Magnolias Forest (732.6 of IPA). On the Liquide Equity, there are no significant differences for the Liquide wealth in the different areas of the city of Puno. There is also no greater abundance of Lichens in relation to areas with better air quality. The average obtained in the lichen *Xanthoparmelia* sp samples, has an average of 28.2 ppm, and there is bioaccumulation of lead in the analyzed phorophytes of Av. El Ejército, demonstrating that the foliar lichen *Xanthoparmelia* sp, is an excellent bioindicator of lead for the qualitative diagnosis of air quality.

Key words: Abundance, bioindicators, air quality, spectrophotometer, phorophyte, lichenic grid, environmental purity index (IPA) and richness.

I. INTRODUCCIÓN

Según Santoni & Lijteroff (2006), la calidad del aire va ligada a la reducción y a la desaparición de los grupos de líquenes más sensibles y a la dominancia de los más resistentes. Las comunidades se van empobreciendo y pasan a estar constituidas por unos pocos grupos de especies liquénicas. “Se consideran buenos bioindicadores aquellos organismos que presentan sensibilidad a los contaminantes aéreos, una amplia distribución en el territorio en estudio y una gran longevidad” (Ariño *et al.*, 1997).

La severa afectación de la calidad del aire involucra problemas de morbilidad y mortalidad de la humanidad, de acuerdo con un reporte de la Organización Mundial de la Salud “los niveles elevados de partículas finas en el aire típicamente emitidas por vehículos, industria y en la generación de energía” (Green & Sánchez, 2016).

La respuesta de cada organismo está fuertemente influenciada por las condiciones físicas de la atmósfera (temperatura, humedad, vientos y radiación), así como por las condiciones fisiológicas y nutricionales (Marcelli & Seaward, 1998); en otra palabras los líquenes pueden emplearse como bioindicadores de contaminación debido a que tienen mecanismos muy eficientes para absorber el agua y nutrientes de la atmósfera a través de toda su superficie, si el medio está contaminado junto con los nutrientes estos absorben los contaminantes y los acumulan en su interior (Cubas *et al.* 2010).

Como se ha dicho antes debido a su naturaleza simbiótica, los líquenes son parcialmente independientes del sustrato y reciben gran parte del agua y los nutrientes de la atmósfera. De esta forma, estos organismos pueden crecer sobre una gran variedad de sustratos, incluyendo rocas, suelo, corteza, vallas, postes, hongos, briofitos y aún en hojas (Hawksworth & Hill, 1984).

Durante los últimos tiempos, numerosos estudios han utilizado líquenes epifitos para estimar los niveles de contaminación atmosférica creada principalmente por el dióxido de azufre. La naturaleza tóxica del dióxido de azufre es probablemente el principal factor que afecta a las especies de líquenes y a la corteza de los árboles, produciendo su acidificación (Herk, 2001).

La degradación de la calidad del aire es uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial, está presente en todas las sociedades independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud humana y de los ecosistemas (Orozco, 2003)

El parque automotor en la región de Puno según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, está constituido por automóviles, camionetas pick – up, camionetas rurales, camiones y en menor número vehículos (Station Wagon, ómnibus, remolcadores, etc.); concentrados especialmente en Puno y Juliaca. La cantidad de autos y combis de transporte público en muy mal estado de conservación, constituyen la principal fuente de contaminación atmosférica a nivel urbano por ende es necesario tener puntos que indicarían que lugares son focos de contaminación ambiental que son un impacto a la salud de los habitantes de la ciudad de Puno. (Machaca *et al.*, 2013).

El análisis más consensuado y actualizado sobre los efectos de la contaminación en la salud, recogen los parámetros de calidad del aire que se recomiendan para reducir de modo significativo los riesgos sanitarios (OMS, 2003).

El uso de bioindicadores usando Líquenes son muy sensibles a las concentraciones de los contaminantes que reducen su crecimiento y desarrollo (Mendoza, 2012; Root & McCune, 2012), las comunidades se van empobreciendo y pasan a estar constituidas por unos pocos grupos de especies liquénicas. (Santoni & Lijteroff, 2006)

Objetivos de la Investigación

Objetivo General:

- Evaluación de la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental y el Análisis de Metales Pesados en el líquen *Xanthoparmelia sp. (vain.) hale* en la ciudad de puno.

Objetivos específicos:

- Evaluar la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental (IPA) en diferentes puntos de muestreo de ciudad de Puno.
- Estimar la riqueza y abundancia lichéica en la ciudad de Puno.
- Analizar la capacidad de absorción de metales pesados en el líquen *Xanthoparmelia sp. (Vain.) Hale*.

Por último, el Índice de Pureza Ambiental nos permitió evaluar la calidad del aire en las diferentes zonas de evaluación dando clasificación de como es el diagnóstico ambiental.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

Los científicos han sabido por más de 140 años que los Líquenes son extremadamente sensibles a la contaminación aérea.” (Kett, *et al.* 2000).

En composición y riqueza, según Mateus (2011) registra en la ciudad de Bogotá un total de 113 especies de líquenes foliícolas, pertenecientes a 31 géneros, 13 familias y 7 órdenes y se presentan entre las familias más ricas: Gomphillaceae, Pilocarpaceae, Arthoniaceae, Porinaceae y Strigulaceae; también Lavornin *et al.* 2016 registra 70 especies en la ciudad de Buenos Aires pertenecientes a 21 familias representadas por 35 géneros diferentes, aunque las Parmeliaceae y Physciaceae concentraron el 54,28% y 57,14% de las especies y géneros respectivamente; Ramírez & Cano (2005) reporta 38 especies, agrupadas en 29 géneros y 17 familias y además del grupo imperfecto; así mismo (Hernandez , 2010) aporta una colección de líquenes del Herbario Nacional de Venezuela (VEN) que cuenta con 14, 090 ejemplares de los cuales 10, 680 sp. son nacionales; 2769 extranjeros y 48 biotipos por citar trabajos referentes a la riqueza Liquélica.

Los líquenes interandinos corresponde a 26 especies, con 15 especies que son propias de esta zona biogeográfica se registró 41 especies, 29 de ellas son propias de esta zona y en la Puna que se registró unas 39 especies, con 28 especies propias de esta zona (Sierra, 2016). También (Nuñez *et al.* 2015). Aporta estudios de la liquenobiota en un piso ecológico similar en el Santuario Histórico de Machu Picchu que registra 67 especies de macro-líquenes; en su conjunto la mayoría de ellas (10 sp.) están conformadas por hongos de la División Ascomycota, a excepción del género Parmelinopsis el cual ha sido incluido dentro del género Hypotrachyna basados en la publicación de Nuñez , *et al.*, 2015; existen

estudios más específicos en este caso la Taxonomía del Liquen *Heterdermia Leucomela* (L.) en los departamentos de Áncash, Arequipa, Huánuco, Lima y La Libertad presentando características de biotipo (forma biológica) folioso, es elongado y dicotómico (Ramirez, 1994).

En España (Burgos & Burgaz, 1990) presentan 22 taxones líquenes epífitos del hayedo de Tejera Negra; posteriormente en Galicia-España (Alvarez, 1997) publica un atlas bibliográfico de Líquenes con 758 taxones.

En la ciudad de San Luis (Argentina) trabajaron con el Índice de Pureza Ambiental en el que se comparó un área urbana de crecimiento poblacional rápido, con fuentes fijas y móviles de contaminación, versus dos áreas testigo sin fuentes de contaminación (Santoni & Lijteroff, 2006); Así mismo Lijteroff et al. (2009) Tomó 6 áreas en el centro de la ciudad y un área control en la ciudad de Juana Koslay, ubicada a 6 km al este siendo trabajos complementarios; Castell (2012) en la ciudad de Montevideo detectar posibles efectos de la contaminación atmosférica en una parte de la biodiversidad local de Líquenes con datos de frecuencia y cobertura de estas especies, concluyendo con una comparación de las estructuras de las comunidades líquenicas entre los parques. Por citar algunas especies: *Candelaria concolor* (J. Dicks.) Stein; *Parmotrema pilosum* (Stinzeb.), *Punctelia constantimontium* Sérus ,etc.

Segura (2013) caracteriza el distrito metropolitano de Quito registrando valores de Índice de Pureza Ambiental obteniendo rangos 40 a 963, ubicándose el valor más bajo 40.99 en la estación N°11 del Parque El Ejido, contrariamente el valor más alto 962.62 en la estación N°6 del Parque Metropolitano Guanguiltagua, posteriormente Castillo et al. (2017) determina gradualidad en los niveles de contaminación, en el que utilizó el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) en la ciudad de Tachira- Venezuela; Gonzales et al.

(2016) en Cochabamba- Bolivia utilizando líquenes epífitos como bioindicadores de la contaminación atmosférica, a través del método del Índice de Pureza Atmosférica (IPA) siendo este muy utilizado en Liquenología; así mismo Font, (2001) realiza un inventario sobre: el Liqueen crustoso más representativo *Phlyctis argena*; el folioso *Lepraria lobificans* y liquen crustoso *Graphis illinata* resistente a la contaminación también por el cálculo de Índice de Pureza Ambiental. Por ende Conh & Quezada (2016) utiliza Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala y su incremento en las sustancias tóxicas en la atmósfera que generan un daño paulatino de la calidad del aire.

En Perú un trabajo precursor sobre Líquenes se realiza en la ciudad de Lima con determinación de dichos ejemplares pertenecen a los géneros: *Ramalina* de la familia *Ramalinaceae*; *Candelariella*, familia *Candelariaceae*; *Bacidia* y *Lecidia* de la familia *Lecidiaceae* (Tovar & Aguinaga, 1994), años después López, et al. 2002 presentan los resultados preliminares de los estudios poblacionales de líquenes de tres ecosistemas diferentes así como, los contenidos de elementos trazas ensayadas por activación neutrónica en las muestras de líquenes colectadas de la Estación Antártica Peruana; también con el uso específico de dos líquenes Fructiculosos *Usnea* sp. y *Tillandsia capillaris* fue evaluar la contaminación de Lima, utilizando biomonitores fructiculosos; también (Bedregal, et al., 2009) estudia en la selva de Tingo Maria la utilización de líquenes como organismos bioindicadores de la calidad del aire por su sensibilidad frente a cambios en el ambiente, expresados en su frecuencia y abundancia, que según el IPA se da rangos de 13.60 y 21 dando una clasificación moderada de contaminación atmosférica.

Respecto a la bioacumulación de metales pesados en los Líquenes Diaz (2006) en su estudio: “uso los líquenes como bioindicadores de presencia de metales pesados en

áreas cercanas a empresas mineras en el distrito de Huay Huay, provincia de Yauli, Región Junín - Perú, resultando de sus análisis una concentración en la especie *Xhathoparmelia sp.* 2518.8 ppm de plomo y en *Umbilicaria rugulosa* 1962 ppm de plomo. Un año atrás Garavento (2005) desea determinar la Capacidad del Liqueen Fruticuloso (Ramalina Farinacea) para la Bioacumulación de Plomo en el aire en zonas metalúrgicas en Jicamarca, 2017” obtiene en los diferentes grupos de muestras L-1 32.80 ppm de Plomo final; L-2 36 ppm de plomo final y L-3 36.1 ppm de plomo final en la especie fruticulosa Ramalina Farinacea.

Trabajos que fueron realizados en el Salvador por Quintanilla *et al.* (2006), a través de la determinación de metales pesados en sus talos” hace dos evaluaciones en plomo en época lluviosa obtiene 0,36ppm y en época seca obtiene 13.6 ppm de plomo en el género *Physcia sp.* Finalizando Roig, *et al.* (2010) estudio sobre los Líquenes como bioindicadores del contenido de metales pesados ; el trabajo es poner de manifiesto la calidad del aire de la ciudad de Valencia y corroborar la eficacia de los líquenes epilíticos crustáceos como bioindicadores de la contaminación ambiental.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Calidad del aire

Según Santoni & Lijteroff (2006) la calidad del aire va ligada a la reducción y a la desaparición de los grupos de líquenes más sensibles y a la dominancia de los más resistentes, las comunidades se van empobreciendo y pasan a estar constituidas por unos pocos grupos de especies Liquéncia, Ariño, *et al.*, (1997) “Considera buenos bioindicadores aquellos organismos que presentan sensibilidad a los contaminantes aéreos, una amplia distribución en el territorio en estudio y una gran longevidad”.

La respuesta de cada organismo está fuertemente influenciada por las condiciones físicas de la atmósfera (temperatura, humedad, vientos y radiación), así como por las condiciones fisiológicas y nutricionales. (Marcelli & Seaward, 1998), por ende los líquenes pueden emplearse como bioindicadores de contaminación debido a que tienen mecanismos muy eficientes para absorber el agua y los nutrientes de la atmósfera a través de toda su superficie (Cubas, *et al.*, 2010); de esta forma estos organismos pueden crecer sobre una gran variedad de sustratos, incluyendo rocas, suelo, corteza, vallas, postes, hongos, briofitos y aún hojas. (Hawksworth, & Hill, 1984)

“La atmósfera, en su estado limpio está estructurada en una forma ordenada y adecuada que permite la respiración y la vida en diversas especies animales y vegetales, incluyendo al hombre” (Rico *et al.*, 2001), Sin embargo, en estos tiempos, sobre todo en las grandes ciudades del mundo, resulta casi una hazaña o un privilegio respirar aire puro (Hérmendez *et al.*, 2003), puesto que la presencia de la ciudad modifica las condiciones atmosféricas naturales (Célis & Morales, 2007), por ello el desarrollo urbanístico y el crecimiento del parque automotor se considera uno de los principales problemas de salud pública que aqueja a los países desarrollados y en vías de desarrollo del mundo (Matus & Lucero, 2002,).

El fenómeno de la contaminación se ha ido agravando paralelamente al desarrollo de la urbanización y la industrialización, particularmente en aquellas áreas donde estos dos fenómenos han coincidido (Albentosa, 1990), dado a que la actividad antropogénica produce contaminantes atmosféricos que generan efectos adversos sobre la salud de los seres vivos de acuerdo a su concentración y permanencia en el ambiente (Castell, 2012); en cuanto Hernández (2003) describe que los especialistas en la materia distinguen cuatro grandes fuentes de generación y/o agravamiento de la contaminación del aire, unas de

tipo natural y otras de carácter artificial: la conformación fisiográfica de referencia, el régimen de vientos, los vehículos a motor y la industria. De esta manera, el autor citado anteriormente ejemplifica el origen de los diversos contaminantes, aumentando el nivel de importancia que radica en el tema, especialmente en las fuentes artificiales, lo que ha generado que organizaciones como la OMS, el Banco Mundial, la Agencia para la Protección del Ambiente de Estados Unidos, entre otras, promuevan estudios de calidad del aire en distintos países (Alfaro, 1998; Ochoa, *et al.*, 2015)

En efecto, son las fuentes artificiales las que producen la mayor parte de contaminantes atmosféricos, pero sobre todo las que más preocupan en el presente (Albentosa , 1990), debido a su intrínseca relación con “la combustión ineficiente de combustibles fósiles o de biomasa; por ejemplo, los gases de escape de los automóviles” (Organizacion Mundial de la Salud, 2003); los cuales contienen sustancias integrantes secundarias que por lo menos en alta concentración son perjudiciales para el medio ambiente, considerándose por tanto como nocivas (Ortmann, *et al*, 2003). En tal caso, los contaminantes emitidos por vehículos automotores y otras fuentes de combustión se introducen en el organismo de los seres vivos a través de la inhalación de los agentes contaminantes dispersos en la atmósfera ocasionando daños graves en la salud (Castell, 2012).

Es la presencia habitual, en la atmósfera, de sustancias resultantes de la actividad humana o de procesos naturales, en concentración suficiente, durante un tiempo suficiente y en circunstancias tales como para afectar el confort, la salud o el bienestar de personas o el ambiente (Ministerio del ambiente, 2011). La emisión al aire de sustancias peligrosas a una tasa que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarlos y depositarlos o diluirlos por medio del viento y el

movimiento del aire (Yassi *et al.* 2002). Diversos autores señalan el concepto de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas en la atmósfera, de origen natural o artificial, en tales cantidades y de tal duración que son capaces de causar daños a los seres vivos; dañar objetos y estructuras fabricadas por el ser humano; o, provocar cambios de temperatura y clima (Cockerham & Shane , 1994; Brown *et al.* 2004; Capo , 2007).

Tabla 1.

Estándar Nacional de calidad ambiental para el aire

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterios de Evaluación
Benceno (C_6H_6)	Anual	2	Media Aritmética Anual
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año
	8 hora	10000	Media Aritmética móvil
Ozono (O_3)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año
Plomo (Pb) en PM10	Mensual	1,5	Media Aritmética de los valores mensuales
	Anual	0,5	Media Aritmética

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2011)

2.2.2 Índice de Pureza Ambiental

El índice de pureza atmosférica es uno de los primeros métodos utilizados para calcular calidad atmosférica a través de líquenes como bioindicadores. Relaciona diversidad, frecuencia y cobertura de líquenes. (Le Blanc & De Sloover , 1970)

Según Fernández & Terrón (2006) , este es uno de los métodos más utilizados en trabajos de biomonitorización y se basa en las variaciones que la contaminación atmosférica induce sobre las comunidades Liquéncia. Se calcula a partir del número de especies presentes y la frecuencia de cada una de ellas en las diferentes localidades de estudio Lijteroff, Lima & Prieri (2009). Indican que este índice aporta mayor sensibilidad

en áreas de climas más rigurosos y mayor contaminación, donde el número de taxas es más reducido. Funciona de manera similar al IPA, pero incluye en su fórmula una razón entre el factor de riqueza local y total.

El Índice de Pureza Atmosférica 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 (Férrandez & Terrón, 2006). La pérdida selectiva de individuos sensibles, se traduce en la alteración de la estructura de la comunidad de líquenes epífitos (Anze, 2007; Le Blanc & Sloover, 1970); según (Kricke & Loppi, 2002) este índice ha demostrado ser el más eficaz en estudios de este tipo. Es simplemente la suma de las frecuencias de todas las especies presentes en cada árbol y el IPA que representa a un sitio de muestreo es el promedio de los valores de todos los árboles muestreados.

De esta forma en una zona con altos niveles de contaminación atmosférica se puede esperar encontrar muy pocas especies de líquenes, pero ser representadas por individuo tóxico tolerantes (Le Blanc & De Sloover, 1970). Este índice refleja la riqueza o escasez de la biodiversidad Liquéfica epífita de una determinada zona y es válido únicamente a nivel comparativo entre territorios o regiones que presenten aproximadamente la misma climatología y ecología (Canseco *et al*, 2006).

2.2.3 Líquenes como Bioindicadores de Contaminación Atmosférica.

“Desde 1866 varias especies de Líquenes han sido identificados como indicadores de la calidad ambiental y particularmente del aire” (Kricke & Loppi, 2002), por lo general existe una correlación negativa en entre la diversidad de los líquenes y la concentración de contaminantes, principalmente SO₂ (Giordani, 2007), cuando los niveles de contaminación atmosférica son bajos, los líquenes se desarrollan con abundancia media

y alta sobre troncos de árboles, suelo y/o rocas, mientras que si la misma es alta sus densidades poblacionales tienden a disminuir o desaparecer por completo (Méndez & Fournier, 1980).

Tabla 2.
Relación entre tipo de Líquen y contaminación

Tipos de Líquenes en troncos y rocas		Calidad de Aire	Cantidad de SO ₂ (mg/m ³)
Ausencia de Líquenes		Extremadamente contaminado	>170
Sin Líquenes pero con "verdín" (Alga <i>Pleurococcus</i>)		Muy contaminado	150-170
Presencia de Líquenes	Crustáceo	Bastante contaminado	125
	Foliáceo	Poco contaminado	30-70
	Fruticoso	Muy poco contaminado	<30
	Filamentoso	Sin contaminación	0

Fuente: (Terron, 1998)

2.2.4 Líquenes

Una definición de un líquen satisfactoria para la mayoría de los líquenólogos, pues fue aprobada por la Asociación Internacional de Líquenología en 1982, es la siguiente: “Un líquen es una asociación de un hongo y un simbionte fotosintético, de la que resulta un talo estable de estructura específica” (Barreno, 1998; International Lichenological Newsletter, 1982; Barreno & Perez, 2003; Casares, 2006).

Los líquenes son organismos simbióticos integrados por un componente fúngico (micobionte) por uno o dos componentes fotosintéticos llamados fotobiontes (Bungartz & Nash III, 2002; Campos-S, *et al.*, 2008; Mata, *et al.*, 2009), también conocidos por su alta capacidad para enfrentar condiciones ambientales extremas y rigurosas (Moreno, *et al.*, 2007). Otros autores acuñan a los Líquenes como organismos que viven en una estrecha asociación simbiótica mutualista, es decir, con beneficio mutuo (Cubas, *et al.*, 2010).

El micobionte es el componente principal de esta asociación que en su mayoría son ascomicetes y una menor proporción corresponden a hongos imperfectos y basidiomicetes (Hawksworth, & Hill, 1984), hay alrededor de veinticinco géneros de algas verdes, pocas algas doradas, un alga parda y doce géneros de cianobacterias, que hacen asociación en líquenes (Brodo, *et al.* 2001); así mismo (Schwendene, 1869) indica que un liquen es una oculta relación entre un hongo y un alga, tan oculta que sólo pudo ser descubierta observando cortes de talo al microscopio.

2.2.5 Componentes de la simbiosis Liguénica

Micobiontes.- La gran mayoría de micobiontes son Ascomicetes y sólo unos pocos pertenecen a los Basidiomicetes o Deuteromicetes (Ryan *et al.*, 2002; Casares, 2006). Las funciones principales del micobionte son: proporcionar un medio ambiente favorable para el fotobionte y le permita realizar la fotosíntesis y a la vez protegerle de la radiación excesiva o peligrosa; asegurar una adecuada hidratación y permitir el acceso del CO₂ durante la fotosíntesis (Cubas *et al.*, 2010).

Fotobiontes.- Existen cerca de 40 géneros de algas y cianobacterias reportados como fotobiontes (Bungartz & Nash III, 2002). Los cianobiontes más comunes son: *Nostoc*, *Scytonema*, *Stigonema*, *Gloeocapsa* y *Calothrix*, mientras que las algas verdes más comunes son: *Trebouxia*, *Trentepohlia*, *Coccomyxa*, *Myrmecia* (Barreno & Perez, 2003). La principal función del fotobionte en el liquen es el responsable de la fotosíntesis para producir hidratos de carbono a partir de CO₂ y agua (Cubas *et al.*, 2010).

2.2.6 Morfología

Pueden distinguirse dos tipos de talos según la estratificación y la distribución del fotobiontes: homómeros (el fotobionte se encuentra irregularmente distribuido entre las hifas del hongo) y heterómeros (estratificados y el fotobionte se encuentra localizado en

una capa determinada) (Chaparro & Aguirre 2002; Casares, 2006). En talos heterómeros se pueden encontrar los siguientes estratos:

- Capa algal: Es el único estrato en el que se mezclan ficobionte y micobionte; se dispone siempre inmediatamente por debajo del córtex superior, su grosor es variable y en algunos casos discontinuo. (Canseco *et al.*, 2006)
- Médula: Generalmente está formada por hifas con una apariencia algodonosa, laxa y con muchos espacios (Canseco *et al.*, 2006). Tiene una gran capacidad para almacenar gases y/o sustancias minerales y es la región donde se guarda alimento (manitol), además, permite el intercambio gaseoso del talo (Chaparro & Aguirre, 2002).
- Corteza: La mayoría de los líquenes poseen corteza superior e inferior y su configuración morfológica y anatómica varía de acuerdo al género (Canseco, *et al.*, 2006). Tiene como función básica proteger los tejidos internos, además de constituir una barrera contra la desecación. Algunos poseen pigmentaciones en la corteza superior, probablemente para proteger al fotobionte de excesos de luz (Chaparro & Aguirre, 2002).
- Órganos apendiculares: Son estructuras vegetativas producidas por el micobionte. Las más comunes son las rizinas que son un manojo de hifas que proporcionan sujeción al sustrato y permiten retener agua. Algunas pueden llegar a ser densamente tomentosas dando una consistencia aterciopelada (Barreno & Perez, 2003). Otras estructuras apendiculares son los cilios que se originan en el margen del talo o en la cara superior, los cuales tienen apariencia similar a las rizinas, son libres y generalmente no ramificados; su función es la de retener gotas de agua que absorben gradualmente (Chaparro & Aguirre, 2002).

2.2.7 Formas de crecimiento

La relación entre el micobionte y el fotobionte determina la forma y el tipo de desarrollo del líquen (Cubas *et al.*, 2010), siendo el micobionte el que principalmente determina la apariencia del talo del líquen (Bungartz & Nash III, 2002).

Es así, que se distinguen principalmente los líquenes crustáceos, foliosos y fruticulosos:

- Los líquenes crustosos.- Están fuertemente unidos al sustrato (Cubas *et al.*, 2010), y debido a esto, no pueden ser separados sin destruir el talo o remover parte del sustrato (Ryan & Bungartz, 2002; Casares, 2006). Este tipo de líquenes carecen de corteza inferior (Ryan & Bungartz, 2002) y su crecimiento es de unos milímetros por año (Umaña & Sipman, 2002).
- Los líquenes foliosos.- Tienen forma parecida a hojas, el talo es aplanado y está dividido en lóbulos (Umaña & Sipman, 2002). Están parcialmente unidos al sustrato, por lo que se les puede remover de manera intacta del sustrato. Además, estos líquenes captan el agua tanto del sustrato como de la atmósfera (Barreno & Perez, 2003).
- Los líquenes fruticulosos.- Son líquenes en forma de arbusto, barbados o en forma de tiras o tubos que se fijan al sustrato y se ramifican hacia el ápice (Umaña & Sipman, 2002). Sobresalen del sustrato y pueden ser erectos o colgantes (Barreno & Perez, 2003) y crecen alrededor de 1 a 2 centímetros por año. Su talo, a diferencia de los del tipo folioso, tiene una simetría radial, la cual no permite diferenciar un córtex inferior y superior (Umaña & Sipman, 2002). Dependen de la humedad relativa del aire para su hidratación (Barreno & Perez, 2003).

2.2.8 Taxonomía

La taxonomía de los líquenes se base el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Casares , 2006), según Redón (1987), el liquen al corresponder a una asociación entre dos organismos, es un concepto biológico y no taxonómico, y la sistemática moderna los ha ubicado dentro del sistema de los hongos (Reino Fungi). Estos pertenecen a la División Ascomycota, Clase Ascomycetes y Subclase Ascomycetidae, que se caracteriza por el desarrollo de un sistema de hifas ascogenas y formar ascocarpos (Duran & Pascual, 1997). La mayoría pertenece al grupo de hongos ascohimenciales y muy pocos al grupo de hongos ascoloculares, y la delimitación de sus categorías sistemáticas es la siguiente:

- *Familias*: Los aspectos más importantes son la ontogenia de los ascocarpos, el desarrollo de los tejidos estériles que rodean los ascos, la estructura de los ascos, la forma y color de las esporas, las estructuras vegetativas, el contenido químico y el tipo de alga. (Redón, 1987)
- *Géneros*: Para su identificación, en la actualidad se utiliza la estructura anatómica, el contenido químico y la ontogenia de los ascocarpos. Aunque tradicionalmente se utilizaba la forma y color de las esporas, el borde de los ascocarpos, la forma de crecimiento y el tipo de ficobionte. (Redón, 1987) .
- *Especies*: la identificación precisa de esta categoría, reviste una mayor dificultad que en los casos anteriores. En las formas crustosas se utiliza el tamaño y estructura de las esporas; en las formas foliosas y fruticulosas se analiza la presencia de soralios, isidios, cilios, tomento y cefalodios (Redón, 1987).

2.2.9 *Xanthoparmelia sp.*

Las *Parmeliaceae* es la familia más grande y mejor estudiada dentro de los líquenes con aproximadamente 2000 especies en 85 géneros (Lumbsch & Huhndorf, 2007); los géneros más conocidos son: *Xanthoparmelia* (Mas de 800 especies); *Usnea* (Mas de 500 especies); *Parmotrema* (Mas de 350 especies) e *Hypotrachina* (Mas de 190 especies) (Sharnoff, 2014).

- Es un género de líquenes foliosos de la familia *Parmeliaceae*. *Xanthoparmelia* es sinónimo de *Albornia*, *Neofuscelia*, *Chondropsis*, *Namakwa*, *Paraparmelia* y *Xanthomaculina*; esta familia de líquenes se encuentra comúnmente en la costa este de los Estados Unidos. (Sharnoff, 2014)

El nombre significa 'parmelia amarillo dorado'. El fotobionte (compañero fotosintético) es *Trebouxia* (un género de algas). (Lumbsch & Huhndorf, 2007)

Reino : Fungi

División : Ascomycota

Clase : Lecanoromycetes

Orden : Lecanorales

Familia : Parmeliaceae

Género : *Xanthoparmelia*

Especie : *Xanthoparmelia sp.*

2.2.10 Bioindicadores

Bioindicadores son aquellos organismos o comunidades que responden a alteraciones ambientales y superan la medición directa del contaminante porque guardan memoria de la emisión tóxica porque los cambios producidos en el bioindicador son duraderos (Capo, 2007); además muchos bioindicadores son bioacumuladores, lo que permite detectar el contaminante con más facilidad que en el medio y aun después que el tóxico haya desaparecido del ambiente (Billoud *et al.*, 2010). Por otra parte (Pinilla, 1998)

establece que “los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados”.

Los bioindicadores permiten obtener información sobre las concentraciones de los contaminantes y los variados efectos que éstos generan sobre los seres vivos (Markert, *et al.*, 2003). Según Anze (2007), los bioindicadores son organismos o comunidades de organismos que pueden responder a la contaminación ambiental mediante alteraciones en su fisiología o a través de su capacidad para acumular contaminantes (Gomez , 2004), estos miden los efectos de la contaminación en seres vivos, por lo tanto ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos y ecosistemas; por lo tanto la determinación cualitativa de los contaminantes ambientales generados por los humanos y la capacidad de respuesta de los bioindicadores depende principalmente de los siguientes factores (Capo , 2007): Composición genética del organismo; Estado de desarrollo, Condiciones ambientales.

Los líquenes son asociación entre un hongo y un alga o cianobacteria, están considerados entre los mejores bioindicadores dado que dependen de la atmósfera para obtener nutrientes minerales, tienen una amplia distribución geográfica más allá de lo que necesitan, sin poseer mecanismos de eliminación (Férrandez & Terrón , 2006; Barreno & Perez, 2003; Brodo, *et al.*, 2001; Sharnoff, 2014; Kricke & Loppi, 2002 ; Santoni & Lijteroff, 2006).

Tabla 3.
Bioindicadores de contaminación Atmosférica

Indicadores	Tipo de Indicación
Musgos	Reacción visible al complejo de contaminantes con preferencia por gases ácidos, acumulación de metales pesados
Líquenes	Reacción visible al complejo de contaminantes con preferencia por gases ácidos, (SO ₂). Amoníaco y fluoruros, acumulación de metales pesados y radiactivos. También reacciona visiblemente a los rayos U.V.
Abies sp.	Acumulación de S en acículas, medición de los efectos del O, en los cloroplastos
Eucalyptus sp	Reacción visible a los policíclicos aromáticos carbonados (PAC)
Tilia sp.	Acumulación de metales pesados

Fuente: (Riquelme, 2008)

2.2.11 Metales Pesados

Los metales son elementos químicos. Una de las consecuencias más graves de la presencia de metales tóxicos en el ambiente es que no son degradados, ni química ni biológicamente por la naturaleza, lo que origina su persistencia en ella (Vásquez, 2015). Entre los metales pesados más importantes por sus efectos sobre la salud del ser humano están el mercurio (Hg) y el plomo (Pb). La cantidad de plomo en el aire ha experimentado un marcado aumento como consecuencia de las actividades humanas (Adachia & Tainosho, 2004), estos son liberados al ambiente como resultado de un amplio rango de actividades entre las que se encuentra la quema de combustibles fósiles (Calvelo, 1998), según (Alfaro, 1998) los líquenes son acumuladores de plomo muy eficiente, el cual es captado a través de aerosoles, caída de partículas de metales o lluvia ácida ; así mismo los líquenes también absorben metales pesados que se acumulan en sus tejidos y pueden ser estudiados mediante métodos químicos para determinar la presencia de éstos (Purvis,

1996). Algunas especies pueden acumular más de 2000 ppm, luego estas concentraciones no se incrementan, indicando un grado de disminución fisiológica. Los restos de contenido de plomo han probado ser útiles para establecer límites máximos de emisiones (preindustriales) los cuales pueden ser referenciados para presentar niveles de emisión oficiales. (Lawrey, 1981)

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el aire contaminado presenta en su composición sustancias extrañas, cuyas cantidades y tiempo de permanencia las convierte en nocivas para toda forma de vida en la Tierra (Ferrero, & Mackler, 2000); por lo tanto, los seres humanos estamos obligados a cuidar el aire para la sobrevivencia de todos los ecosistemas de este planeta. Sin embargo, a nivel mundial se siguen descargando en el aire grandes cantidades de contaminantes que deterioran la calidad de los ambientes y ecosistemas de la Tierra y aumentan las concentraciones de las partículas sólidas en suspensión (Sbarato, Basan, & Manzo, 2012) y otras sustancias más como los metales pesados (Rubiano & Chaparro, 2006).

2.3 Marco Conceptual

- **Liquen.** - Un liquen se define como una planta criptógama talofita, constituida por un hongo que vive en estrecha simbiosis con algas clorófitas o cianofitas y que se clasifica dentro del sistema de los hongos (Redón, 1987).
- **Calidad del aire.** - la calidad del aire va ligada a la reducción y a la desaparición de los grupos de líquenes más sensibles y a la dominancia de los más resistentes. Las comunidades se van empobreciendo y pasan a estar constituidas por unos pocos grupos de especies Liquénicas. (Santoni & Lijteroff, 2006).
- **Índice de Pureza Ambiental.** - El índice de pureza atmosférica es uno de los primeros métodos utilizados para calcular calidad atmosférica a través de líquenes como

bioindicadores. Relaciona diversidad, frecuencia y cobertura de líquenes (Le Blanc & De Sloover , 1970).

- **Índice de Shannon.**- indica qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas (Smith & Smith , 2004).
- **Plomo.**- El plomo es unos metales pesados más importantes por sus efectos sobre la salud del ser humano (Adachia & Tainosho, 2004).
- **Apotecios:** Ascocarpos o cuerpos fructíferos de los líquenes de aspecto más o menos plano, semejantes a platos, copas o discos (Gomez , 2004).
- **Ficobionte:** Unidad constituyente de la simbiosis Liguénica caracterizada por reproducción asexual mediante aplanósporas o por simple división mitótica de sus células. El ficobionte más frecuente de los líquenes es el alga verde unicelular perteneciente al género. Las algas cianofíceas también pueden presentarse como ficobionte, pero son poco frecuentes (Gomez , 2004).
- **Micobionte:** Componente fúngico de la simbiosis Liguénica (Gomez , 2004).
- **Talos:** Parte vegetativa de un líquen, más o menos diferenciado (Gomez , 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

Las muestras de Líquenes se tomaron en diferentes puntos de la ciudad de Puno, ubicado en la provincia de Puno, región de Puno, situado en coordenadas geográficas 15°50'36" S 70°01'25" O, con una altitud media de 3810 msnm.

Con una población 128 637 hab.; el clima es frío y semiseco, con una temperatura promedio de 8°C, la precipitación promedio es de 700 mm. al año, en época lluviosa



Figura 1. Mapa de la ciudad de Puno

Fuente: Mapa de Puno- MTC

3.2. Población

La población estudiada comprenden todas las especies de líquenes presentes en los 8 zonas; evaluando un total de 32 puntos (forofitos) ubicados a lo largo de los diferentes cuadrantes en la ciudad de Puno (Chucuito – Carretera Antigua; Cementerio Laykakota; Av. El Ejército; Salcedo-INIA; Bosque de Barco; Av. Aviación, Bosque las Magnolias; Jr. Manuel Acosta). Para la elección de los forofitos se estableció una configuración central y dividida en cuadrantes (Figura 2)

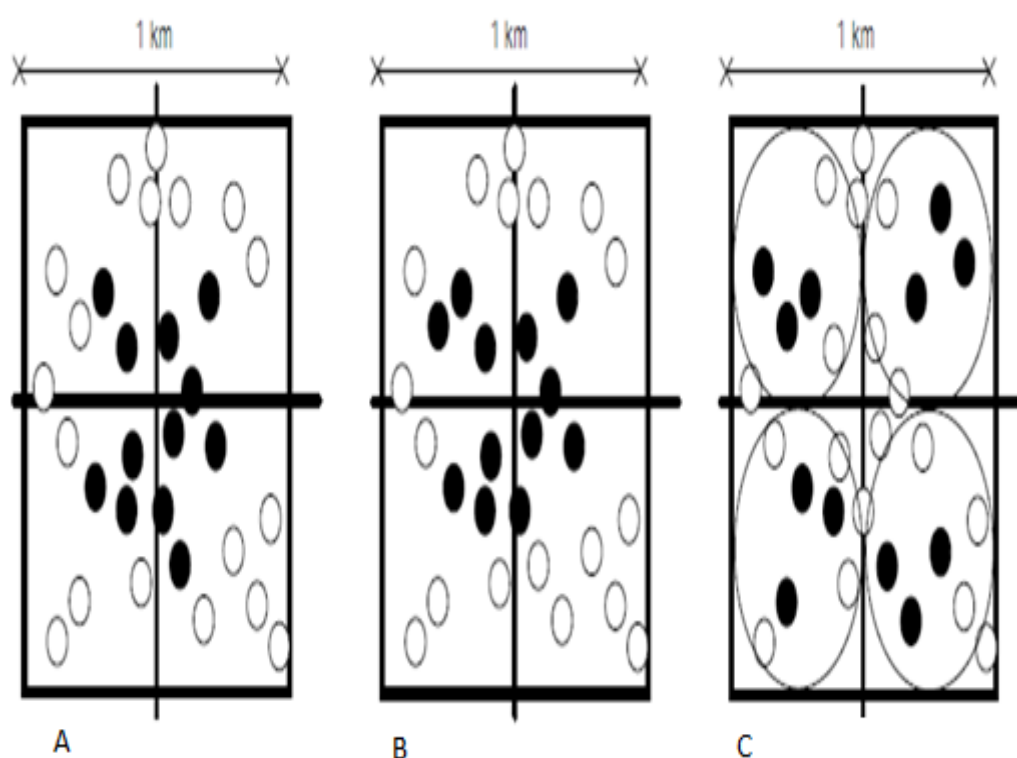


Figura 2. Procedimiento para la selección de árboles en la estación de monitoreo

Fuente: Asta (2003)

- A. El muestreo más próximo al centro; B. El muestreo más próximo al centro (Árboles por cuadrante); C. El muestreo de árboles en sub-trama 3 árboles por cuadrante

3.3 Tamaño de muestra

Asta (2003) Señala fundamentalmente la selección y ubicación de las unidades muestrales, para lo cual se tomó en consideración las características de la fuente de emisión o la perturbación. En el caso que el estudio sea general sobre un área (sin perturbaciones distinguibles, ni fuentes puntuales o lineales), se estableció una grilla imaginaria sobre ella y se consideró como unidades muestrales cada una de sus intersecciones. En cambio, en el caso de ser una fuente puntual o lineal, se estableció las unidades muestrales en un patrón geográfico acorde a la distribución esperada de la polución (según la distancia desde la fuente y dirección predominante del viento, entre otras).

Tabla 4.

La Densidad de grilla para las diferentes escalas geográficas y tipo de estudio (en Km.)

Estudio/Superficie	<5Km ²	>5-100 Km ²	>1000km ²
Con fuentes distinguibles	0,25x0,25	0,5x0,5 a 6x6	Inusual
Comparación temporal (Antes -Después)	0,25x0,25	0,5x0,5 a 6x6	Inusual
Sin fuentes distinguibles	0,25x0,25 a 0,5x0,5	0,5x0,5 a 6x6	>9x9

Fuente: Asta (2003)

En el caso es general sobre un área (sin perturbaciones distinguibles, ni fuentes puntuales o lineales), se estableció una grilla imaginaria sobre ella y se consideran como unidades muestrales cada una de sus intersecciones (Figura 2). Para la táctica de muestreo, los autores señalan que el tamaño de la unidad muestral será la especificada en el Tabla 5, acorde a la superficie del área y tipo de estudio. (Asta , 2003).

Tabla 5.Densidad de muestreo

Tamaño de la unidad de muestreo	0,25x0,25 Km	0,5x 0,5Km.	1x1 Km.
Número arboles	3-4	4-6	6-12

Fuente: Orientación europea para la diversidad mapeo de Liquen como indicador de estrés ambiental (2002).

El área de muestreo de esta investigación existe un caso de no marcada ocurrencia de perturbación y un área de menos de 5 kilómetros lo que corresponde a un tamaño de muestreo de 250 m. (0,25Km.) X250 m. Definimos como intersección, para el muestreo se dio la siguiente ubicación UTM:

Tabla 6.
Forofitos evaluados, ubicación UTM y Altura

Forofito	Lugar o Zona	Ubicación GPS	Altura(m.s.n.m.)
	1 Bosque las magnolias	UTM 8250380	3769m.s.n.m.
I	2 Bosque las magnolias	UTM 8250555	3884m.s.n.m.
	3 Bosque las magnolias	UTM 8250517	3889m.s.n.m.
	4 Bosque las magnolias	UTM 8250509	3858m.s.n.m.
	5 Chucuito carretera antigua	UTM 8242733	3860m.s.n.m.
II	6 Chucuito carretera antigua	UTM 8242832	3685m.s.n.m.
	7 Chucuito carretera antigua	UTM 8243067	3783m.s.n.m.
	8 Chucuito carretera antigua	UTM 8243038	3879m.s.n.m.
	9 Bosque de Barco	UTM 8243693	3838m.s.n.m.
III	10 Bosque de Barco	UTM 8243660	3846m.s.n.m.
	11 Bosque de Barco	UTM 8243761	3836m.s.n.m.
	12 Bosque de Barco	UTM 8243764	3802m.s.n.m.
	13 Av. EL ejercito	UTM 8246618	3805m.s.n.m.
IV	14 Av. EL ejercito	UTM 8246659	3822m.s.n.m.
	15 Av. EL ejercito	UTM 8246638	3822m.s.n.m.
	16 Av. EL ejercito	UTM 8246687	3821m.s.n.m.
	17 Laykakota- Cementerio	UTM 8247442	3645m.s.n.m.
V	18 Laykakota- Cementerio	UTM 8247496	3840m.s.n.m.
	19 Laykakota- Cementerio	UTM 8247507	3844m.s.n.m.
	20 Laykakota- Cementerio	UTM 8247488	3843m.s.n.m.
	21 Salcedo-INIA	UTM8247596	3854m.s.n.m.
VI	22 Salcedo-INIA	UTM 8247442	3854m.s.n.m.
	23 Salcedo-INIA	UTM 8244072	3854m.s.n.m.
	24 Salcedo-INIA	UTM 8244072	3854m.s.n.m.
	25 Jr. Manuel Acosta	UTM 8248301	3843m.s.n.m.
VII	26 Jr. Manuel Acosta	UTM 8247724	3922m.s.n.m.
	27 Jr. Manuel Acosta	UTM 8247881	3952m.s.n.m.
	28 Jr. Manuel Acosta	UTM 8247884	3969m.s.n.m.
	29 Av. Aviación	UTM 8249041	3839m.s.n.m.
VIII	30 Av. Aviación	UTM 8249039	3988m.s.n.m.
	31 Av. Aviación	UTM 8249107	3980m.s.n.m.
	32 Av. Aviación	UTM 8248803	3961m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia

3.4 Metodología

3.4.1 Evaluación de la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental (IPA)

3.4.1.1 Frecuencia de Muestreo

La frecuencia de muestreo fue una sola vez evaluación en el mes de octubre del 2018 con una frecuencia de visita en cada punto de 2 días.

3.4.1.2 Descripción detallada de los equipos y materiales

Para la evaluación de la Calidad del Aire mediante el índice de pureza Ambiental (IPA) se utilizó una Grilla Liquenológica (acetato) 10X50 cm. dividido en 20 cuadros de 5 cm.; seleccionado la especie caducifolia Pino "*Pinnus radiata*" para la evaluación, la grilla Liquénica, se superpone a una altura de pecho de 1.20m como mínimo para que no varíe los datos estimados.

La superposición de la grilla Liquénica se efectuará en 4 lados del tronco en relación a los puntos cardinales para lo cual también es indispensable una cinta métrica de campo que mida un diámetro no menor a 1 m.

3.4.1.3 Variables que se analizaran

Con los datos obtenidos en la fase de campo se calculó la ecuación de Índice de Pureza Ambiental (IPA) (Nimis, 2002). Para dicho cálculo del Índice de Pureza Ambiental se utilizó la fórmula establecida por Le Blanc y De Sloover (1970) y modificada por Steubing y Fangmeier (1992) , el cual se basa en un estudio fitosociológico y de tolerancia/sensibilidad a los contaminantes, calculándose de la siguiente manera:

$$IPA_j = \frac{1}{n} \sum (f_i * Q_i)$$

Dónde:

IPA_j = Índice de Pureza Atmosférica de la estación j

n = número total de forofitos censados o muestreados en cada estación j

f_i = grado de frecuencia, más grado de cobertura, más el número de los arboles

Examinados cubiertos por la especie en cuestión, en una escala del 1 al 5, elaborada por Braun Blanquet, utilizando el método fitosociológico. (Alcanzar, 2013)

Q_i = factor de tolerancia/sensibilidad de la especie i

Q_i se encuentra definida como el numero promedio de especies acompañantes de la especie i en todas las estaciones. Y se lo determina con la siguiente ecuación (Rubiano J. , 2006)

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

Dónde:

Q_j = factor de resistencia de la especie i

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

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

La variable independiente es la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental (IPA).

La variable dependiente es los diferentes puntos de evaluación de la ciudad de Puno.

3.4.1.4 Aplicación de la Prueba Bioestadística para contrastar hipótesis

Se aplicó una prueba de normalidad de datos Kolmogorov Smirnov; una prueba de Homogeneidad de varianza de Levene y finalmente una comparación con la prueba paramétrica ANOVA todo el cálculo de datos se realizó en el software libre Infostat versión 8.0; planteando las siguientes hipótesis:

H_0 = No Existe una relación estadísticamente significativa entre el IPA y la zonas de evaluación de la ciudad de Puno en función a la calidad de aire.

H_a = Existe una relación estadísticamente significativa entre el IPA y la zonas de evaluación de la ciudad de Puno en función a la calidad de aire.

Tabla 7.
Clasificación de datos

Intervalo	Clasificación
0-60	I. Contaminación muy alta
60-100	II. Contaminación alta
100-300	III. Contaminación media
300-400	IV. Contaminación baja
400-600	V. Contaminación muy baja
>600	VI. Sin contaminación

Fuente: (Canseco, Anze & Franken, 2006)

De acuerdo al cálculo del Índice de Pureza Ambiental se dio una clasificación según Canseco, Anze & Franken 2006.

3.4.2 Estimación de la Abundancia y Riqueza Liquélica – Índice de Shannon y Equitatividad

3.4.2.1 Frecuencia de Muestreo

La frecuencia de muestreo fue una sola vez evaluación en el mes de octubre del 2018 con una frecuencia de visita en cada punto de 2 días.

3.4.2.2 Descripción detallada de los equipos y materiales

Para la identificación de la riqueza y abundancia Liquéncia se desprendió con una espátula los Líquenes del sustrato; montándolas en unos sobres debidamente referenciados con marcador previamente envuelta las muestras en papel toalla, se estudió la presencia de estructuras vegetativas (tomento, cifelas, cilios), tipo de estructura reproductiva (apotecio, lirela o peritecio), morfología y anatomía de las estructuras reproductivas (himenio y ascosporas). Se empleó un Estereoscopio Marca Cole Parme para observar la presencia y el tipo de estructuras reproductivas (ascocarpos y estructuras de reproducción vegetativa). Se usó un microscopio electrónico Marca Zeiss (BX40) para observar los detalles de los Líquenes.

Para las pruebas químicas se preparó una solución de KOH (Hidróxido de Potasio) al 10 % de concentración, también se usó lugol (Taylor, 1968) se tomó fotos referenciales con una cámara digital marca Sony Make believe.

Se utilizó la guía Didáctica para la determinación de géneros de Líquenes (Gomez, 2004) y la guía: Claves para la identificación de los géneros de Fitoplancton (Bungartz y Nash III , 2002), con el proposito de clasificar las especies de Liqueenes.

Se trazó cuadrantes imaginarios en el área de interés de mi investigación cada forofito (Árbol) tiene una distancia mínima de 250m (0,25 x 0,25). Que comprende una densidad sin fuentes distinguibles, cada forofito tiene que estar georreferenciado en coordenadas UTM (Asta , 2003) . La grilla Liquéncia (acetato de 10 x50 cm) tiene que estar a una altura de pecho del tronco no menor de 120 m. , el tronco tendrá que tener una diámetro no menos a 1m , los arboles evaluados fue el Pino "*Pinus radiata*" para que no inflencie el PH con otras especies de forofitos y que no varié en los resultados, los datos de cada forofito se anotó en una libreta de campo de líquenes (Anexo A)

3.4.2.3 Variables que se analizarán

Para la Estimación de la abundancia y la riqueza Liquéncia en la ciudad de Puno, se asume que todas las especies están representadas en las muestras; indica qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas. Entonces podemos decir que el índice toma en consideración tanto el número (riqueza), como la abundancia relativa de las especies. (Smith y Smith , 2004)

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

S = número de especies (la riqueza de especies)

P_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

n_i = número de individuos de la especie i

n = número de todos los individuos de todas las especies

$$\text{Equitatividad: } J = - \sum P_i \ln \frac{P_i}{S}$$

Siendo:

S = riqueza (número de taxones)

P_i = n_i/n_T ni: número de cuadros de la gradilla ocupados por un taxón

n_T: número total de cuadros de la gradilla (20) La riqueza se calculó como el número de taxones presentes.

La variable independiente es la abundancia y riqueza Liquéncia.

La variable dependiente es los diferentes puntos de evaluación de la ciudad de Puno.

3.4.2.4 Aplicación de la Prueba Bioestadística para contrastar hipótesis

Se calculó la abundancia y la riqueza mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis con un grado de confianza al 0.05% por trabajar con variables continuas y contrastar con mis siguientes hipótesis:

Para rechazar o aceptar la hipótesis estadística (H_0) se consideró como nivel de significancia 0.05; para poder determinar lo siguiente:

H_0 = Hay mayor equitatividad (Homogeneidad) de Líquenes en las zonas estimadas

H_a = No hay mayor equitatividad (Homogeneidad) de Líquenes en las zonas estimadas

Para rechazar o aceptar la hipótesis estadística (H_0) se consideró como nivel de significancia 0,05; para poder determinar lo siguiente:

H_0 = No existe mayor abundancia de Líquenes en relación a las zonas con mejor calidad el aire.

H_a = Existe mayor abundancia de Líquenes en relación a las zonas con mejor calidad del aire.

3.4.3 Análisis de la capacidad de absorción de metales pesados en el liquen

Xanthoparmelia sp. (Vain.) Hale

3.4.3.1 Frecuencia de Muestreo

El Liquen *Xanthoparmelia sp. (Vain.)* Se extrajo del bosque las Magnolias con espátula para desprender los Líquenes del sustrato, los cuales fueron recolectados en una caja simple; después montadas con un limpia tipo en los 12 árboles con 20 gr. por repetición.

3.4.3.2 Descripción detallada de los equipos y materiales

Para finalmente someter a la muestras a una mineralización por vía seca empleando ácido nítrico y agente mineralizante; en el Laboratorio se determinó el metal pesado

plomo que se llevó a cabo con el protocolo por espectroscopia de emisión atómica por plasma inductivo acoplado (ICP-OES). El método está basado en la medición de la emisión atómica por medio de una técnica de espectroscopia óptica. Las muestras se nebulizan y el aerosol formado se transporta hasta la antorcha de plasma en donde tiene lugar la excitación electrónica. Un plasma de radiofrecuencia acoplado inductivamente (ICP) genera los correspondientes espectros de líneas de emisión atómicas. Los haces de luz son dispersados por un espectrómetro de red de difracción y los detectores se encargan de medir las intensidades de las líneas. Las señales originadas en los detectores se procesan y controlan mediante un sistema informático.

3.4.3.3 Variables que se analizaran

La variable independiente es la capacidad de absorción de metales pesados en el líquen *Xanthoparmelia sp. (Vain.) Hale*

La variable dependiente es la Av. El ejército donde se trasplantó el líquen *Xanthoparmelia sp. (Vain.) Hale*

3.4.3.4 Aplicación de la Prueba Bioestadística para contrastar hipótesis

Se aplicó una prueba de T-student en el software libre infostat versión 8.0, dicha prueba estadística **para** determinar distribución de probabilidades de las medias planteando la siguiente hipótesis:

El líquen *Xanthoparmelia sp.*, tendrá una capacidad de bioacumulación a los metales pesados para demostrar que es un bioindicador de la calidad del aire.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de Calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental (IPA) en los diferentes puntos de la ciudad de Puno

Se registró valores entre 13.2 a 1196 de Índice de Pureza Ambiental, los que fueron comparados con la clasificación de calidad del aire de la tabla 7. Siendo el Bosque las Magnolias con 732.60 en promedio de IPA teniendo una clasificación VI. (Sin contaminación); las zonas de la carretera Antigua de Chucuito (124 en promedio de IPA), Barco centro de Investigación Chucuito (251.83 en promedio de IPA), Salcedo – INIA (185 en promedio de IPA) y Jr. Manuel Acosta (107.8 en promedio de IPA) tiene una clasificación III. (Contaminación media); así mismo la zona que tiene una clasificación II. (Contaminación alta) se encuentra la Av. Aviación (60.55 de IPA); finalmente las Av. El ejército (59.72 en promedio de IPA) y el cementerio Laykakota (16.40 en promedio de IPA) tienen una clasificación I. (Contaminación muy alta) (Tabla 8.) La prueba de Kolmogorov Smirnov para el Índice de Pureza Ambiental es determinar el nivel de significancia sabiendo que $P = 0.0001 < 0.05$ para los valores hallados en las ocho zonas, se concluyó que la distribución no es normal ($p = < 0,0001$). También la prueba de homogeneidad de Levene nos permite contrastar la igualdad de varianzas poblacionales, sabiendo esto el nivel crítico (Sig.) $0,0001 < 0.05$ no se acepta la igualdad de varianza, siendo los datos del Índice de Pureza Ambiental no homogéneos en la diferentes zonas de evaluación.

Tabla 8.
 Datos obtenidos de la evaluación de la calidad del aire mediante el Índice de Pureza Ambiental (IPA)

Forofito	Zonas	IPA	X	Clasificación
1	Bosque Magnolias	877.56	732.60	VI. Sin contaminación
1	Bosque Magnolias	519.9		
1	Bosque Magnolias	336.95		
1	Bosque Magnolias	1196		
2	Carretera Antigua de Chucuito	311.08	124	III. Contaminación media
2	Carretera Antigua de Chucuito	47.16		
2	Carretera Antigua de Chucuito	51.86		
2	Carretera Antigua de Chucuito	85.9		
3	Barco Centro de Investigación Chucuito	817.8	281.53	III. Contaminación media
3	Barco Centro de Investigación Chucuito	134.3		
3	Barco Centro de Investigación Chucuito	77.45		
3	Barco Centro de Investigación Chucuito	96.6		
4	Av. El Ejercito	160.56	59.72	I. contaminación muy alta
4	Av. El Ejercito	17.25		
4	Av. El Ejercito	46.75		
4	Av. El Ejercito	14.32		
5	Cementerio Laykakota	18.485	16.40	I. contaminación muy alta
5	Cementerio Laykakota	18.94		
5	Cementerio Laykakota	13.2		
5	Cementerio Laykakota	14.31		
6	Salcedo-INIA	197.7	185	III. Contaminación media
6	Salcedo-INIA	136.3		
6	Salcedo-INIA	231.2		
6	Salcedo-INIA	175.01		
7	Jr. Manuel Acosta	114.3	107.8	III. Contaminación media
7	Jr. Manuel Acosta	63.85		
7	Jr. Manuel Acosta	183.4		
7	Jr. Manuel Acosta	69.8		
8	AV. Aviación	52.1	60.55	II. Contaminación alta
8	AV. Aviación	86.4		
8	AV. Aviación	18.5		
8	AV. Aviación	85.2		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a tabla de clasificación de contaminación el Índice de Pureza Ambiental (Tabla 7) el bosque las magnolias se encuentran en una clasificación de 732.60; las zonas de la carretera Antigua de Chucuito (124 de IPA), Barco Centro de Investigación Chucuito (251.83 de IPA), Salcedo – INIA (185 de IPA) y Jr. Manuel Acosta (107.8 de

IPA) tiene una clasificación III. Contaminación media; así mismo la zona que tiene una clasificación II. Contaminación alta se encuentra la Av. Aviación (60.55 de IPA); finalmente las Av. El ejército (59.72 de IPA) y el cementerio Laykakota (16.40 de IPA) tienen una clasificación I Contaminación muy alta. (Figura. 3)

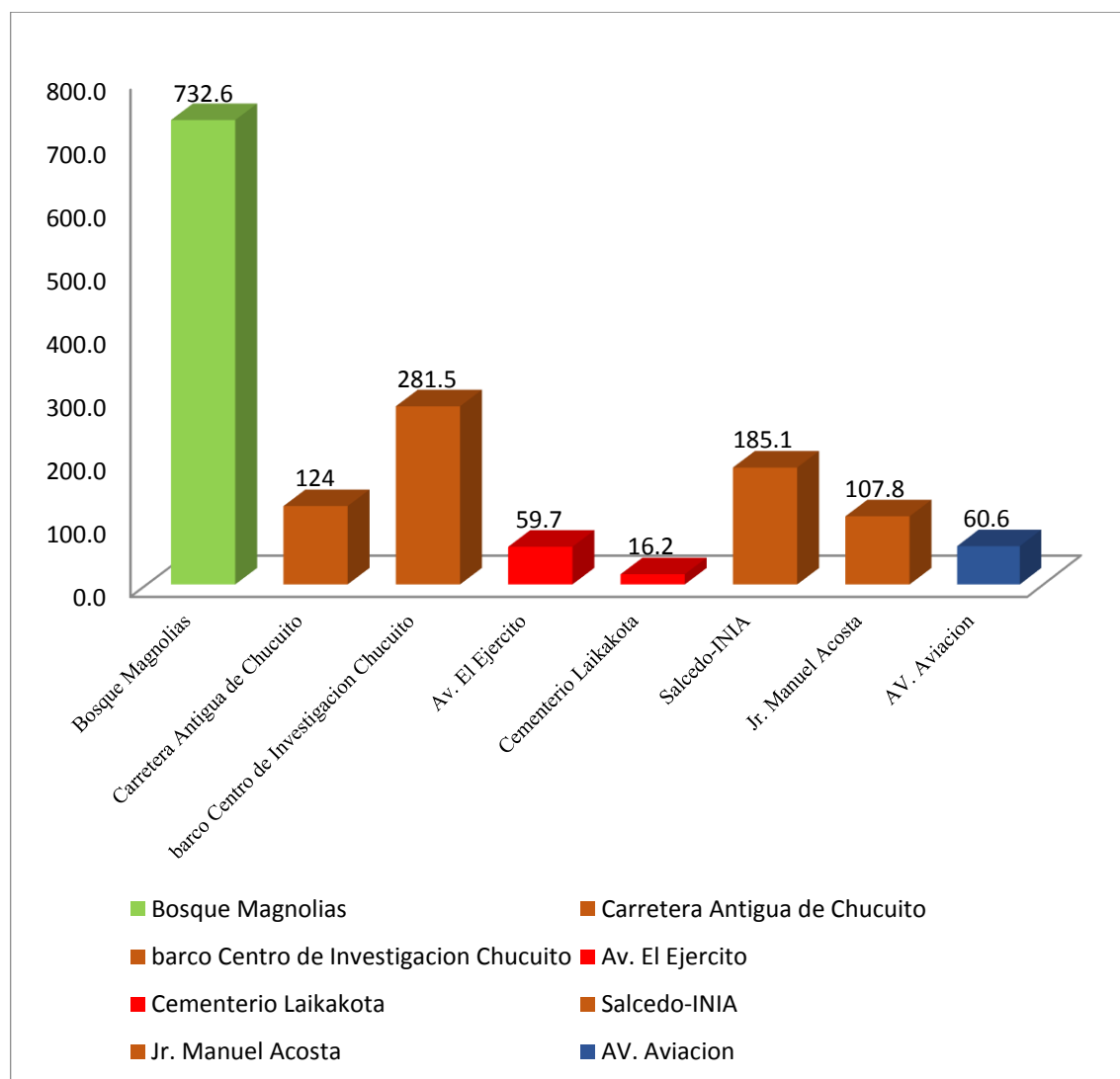


Figura 3. Valores del Índices de Pureza Ambiental

Sabiendo que el nivel de significancia es $0.05 > 0.001$ es una prueba estadística significativa; así mismo $F_{ca}=5,744 >$ y $F_{tab}=3.41$ se acepta la hipótesis alterna en la que existe una relación estadísticamente significativa entre el IPA y la zonas de evaluación de la ciudad de Puno en función a la calidad de aire (Tabla 9).

Tabla 9.

ANOVA para comparar los Índices de Pureza Ambiental (IPA)

F.V	Suma Cuadrados	Gl.	Media Cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1510280,798	7	215754,40		
Dentro de grupos	901445,162	24	0	5,744	,001
Total	2411725,960	31	37560,215		

Briones (2013) obtiene 962,62 de IPA en el parque Metropolitano Guanguiltagua equiparable al bosque las Magnolias con un valor de 732.6 de IPA clasificando estos forofitos en ambientes sin contaminación, en el parque con gran cantidad de vehículos Briones 2013 obtiene un promedio de 67.09 en el parque de la Carolina y un promedio de 66.76 en el parque el Ejido, siendo comparable con la Av. Aviación (60.55 de IPA) quedando en una clasificación de contaminación alta, aún más preocupante esta la Av. EL ejército (59.72 de IPA) y el cementerio Laykakota (16.23 de IPA) estando en una clasificación I. contaminación muy alta concluyendo que estas zonas no tiene una óptima calidad de aire, habiendo valores inferiores a estos datos obtenidos por Briones 2013.

Riquelme (2008), encuentra rangos entre 14 – 33,75 de IPA siendo estos valores categorizados en I. contaminación muy alta, un indicador de la diversidad Liquélica en Quebrada de la Plata, obviamente siendo este ciudad una metropolis con mayor afluencia de vehículos, pero siendo equiparables la Av. El Ejército (59.72 de IPA) y el cementerio Laykakota (16.23 de IPA) estando en una clasificación I, contaminación muy alta, siendo valores preocupantes en dichas zonas de evaluación.

4.2 Estimación de la Riqueza y Abundancia Liquéncia en la ciudad de Puno

4.2.1 Riqueza de Líquenes en la ciudad de Puno

En las 8 zonas se registraron 16 especies pertenecientes a 15 géneros y 11 familias; 7 son de Biotipo crustáceo; 8 de Biotipo foliosos y 1 especie de biotipo fructicoso (Tabla 10).

Tabla 10.

Riqueza Liquéncia según su biotipo de crecimiento 2018

Familia	Líquenes Crustáceos	Porcentaje	Descripción según Biotipo
<i>Chrysotrichaceae</i>	<i>Chrysotrix candelaris</i> (Mont.) Mont.	44 %	Tipo de talo que se encuentra siempre en estrecho contacto con el sustrato, carecen de córtex inferior o de órganos de sujeción y no se pueden separar del sin destruirlo. Se sujetan al sustrato por medio de la medula o de un hipotálo. El margen del talo puede estar claramente delimitado o se difuso hasta llegar a fisurarse (rimoso) por acción del sustrato.
<i>Candelariaceae</i>	<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Mull. Arg.		
<i>Candelariaceae</i>	<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold		
<i>Stereocaulaceae</i>	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.		
<i>Anthorniaceae</i>	<i>Anthornia</i> sp.		
<i>Lecideaceae</i>	<i>Lecidea</i> sp. (L.) Ach.		
<i>Physciaceae</i>	<i>Rinodina</i> sp. (Ach.) Gray		
Familia	Líquenes Folioso	Porcentaje	Descripción según Biotipo
<i>Pannariaceae</i>	<i>Pannaria</i> sp Delise	50%	En forma de hoja, Talo laminar, generalmente estratificado, con organización dorsiventral y cara inferior diferenciada, suele estar lobulado en los márgenes y es separable del sustrato. Los talos foliáceos pueden estar muy o laxamente adheridos al sustrato, unido por órganos de sujeción como rizinas o hapterios
<i>Parmeliaceae</i>	<i>Punctelia punctilla</i> (Sm.) Krog		
<i>Parmeliaceae</i>	<i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirton) Hale		
<i>Parmeliaceae</i>	<i>Parmelia</i> sp Ach.		
<i>Parmeliaceae</i>	<i>Parmelia caperata</i> Ach.		
<i>Parmeliaceae</i>	<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ach.) Hale		
<i>Verrucariaceae</i>	<i>Dermatocarpon</i> sp. Eschw.		
<i>Umbilicariaceae</i>	<i>Umbilicaria microphylla</i> (Laur.) A. Massal.		
Familia	Líquenes Fructicoso	Porcentaje	Descripción según Biotipo
<i>Usneaceae</i>	<i>Usnea</i> sp Hill	6%	Sus talos con morfología de pequeños arbustos

En los 32 forofitos se obtuvo un 50 % de líquenes foliosos, un 44 % de Líquenes crustáceos y finalmente un 6 % de Líquenes Fructicoso.

Los Líquenes Crustáceos tienen un tipo de talo que se encuentra siempre en estrecho contacto con el sustrato, carecen de córtex inferior o de órganos de sujeción y no se pueden separar del el sin destruirlo. Se sujetan al sustrato por medio de la medula o de un hipotálo. El margen del talo puede estar claramente delimitado o se difuso hasta llegar a fisurarse (rimoso) por acción del sustrato. Los Líquenes Foliáceos o en forma de hoja, Talo laminar, generalmente estratificado, con organización dorsiventral y cara inferior diferenciada, suele estar lobulado en los márgenes y es separable del sustrato. Los talos foliáceos pueden estar muy o laxamente adheridos al sustrato, unido por órganos de sujeción como rizinas o hapterios. Los líquenes fruticulosos, talos con morfología de pequeños arbustos, o bien en los que los lóbulos se estrechan y alargan profundamente, de tal manera que se sujetan al sustrato por una mínima superficie, discos basales o hapterios. (Figura 4)

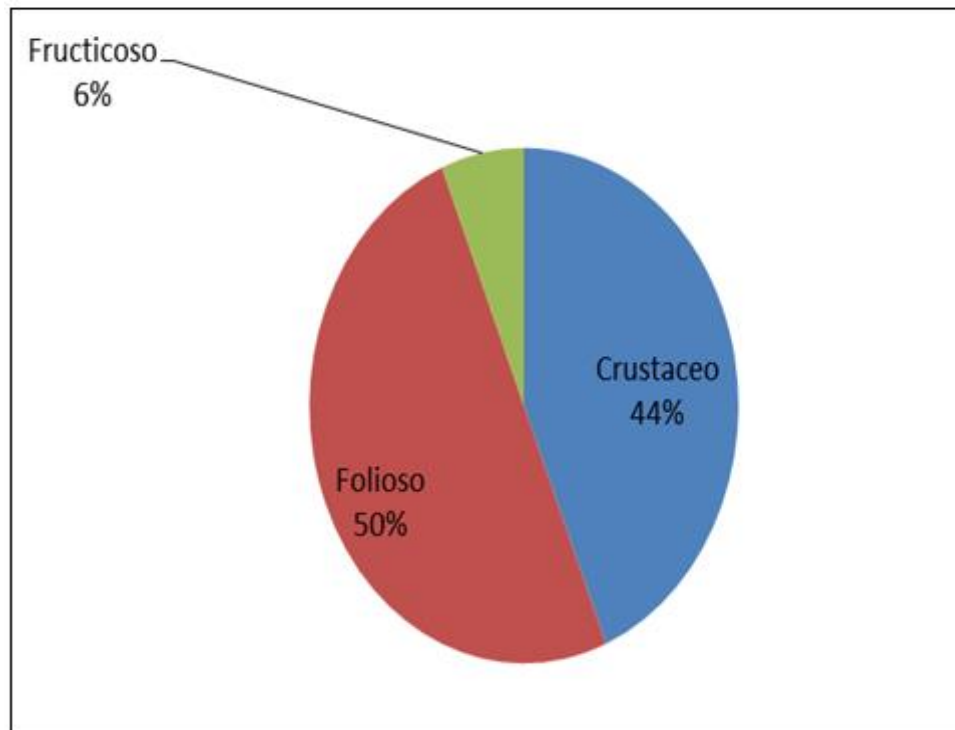


Figura 4. Porcentaje de Líquenes de acuerdo a su Biotipo

No se encontraron diferencias significativas de la Riqueza Liguénica (Equitatividad) en los diferentes zonas de la ciudad de Puno; habiendo una mayor equitatividad en el Bosque las Magnolias con 1.12; siendo en la Av. EL ejército (1.11 de equitatividad); en las demás zonas es homogénea con valores de 0.76 a 0.98 de equitatividad Liguénica. (Figura 5.)

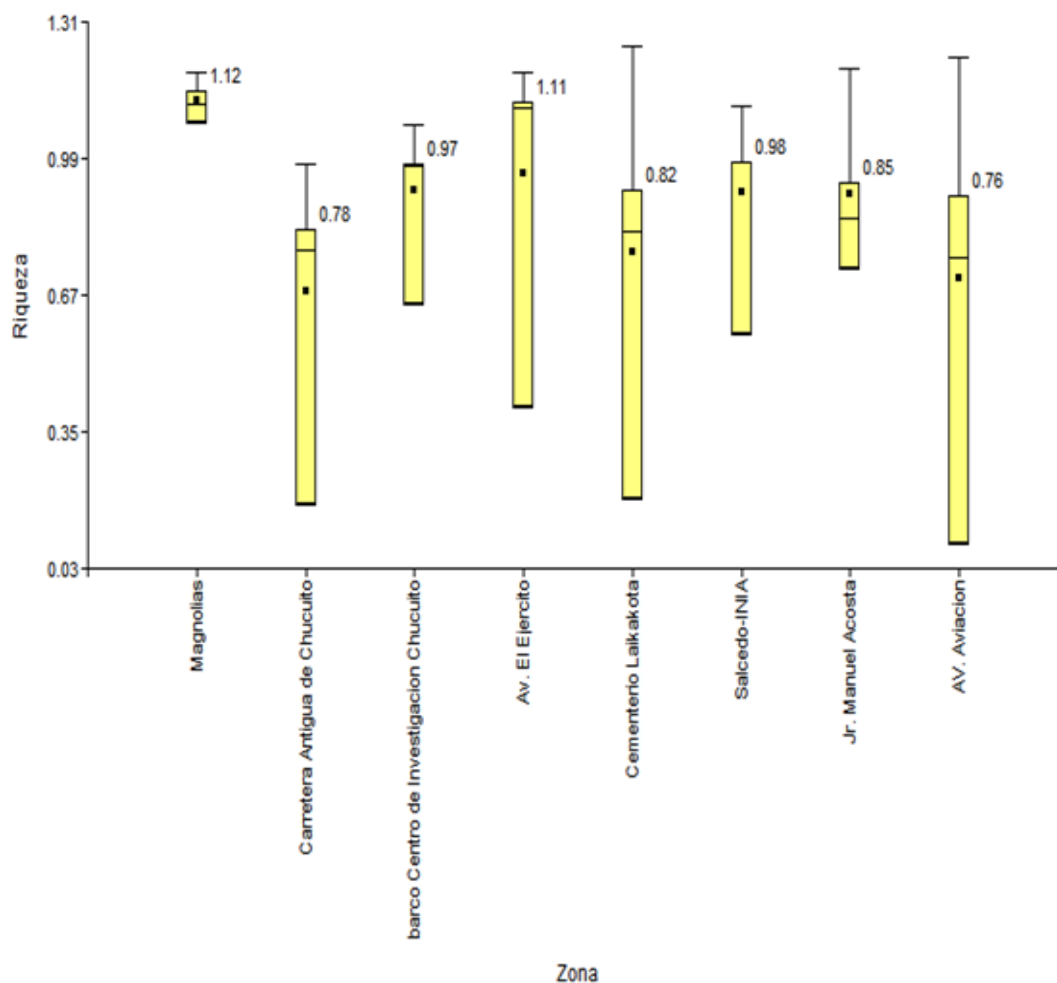


Figura 5. Cajas de Riqueza Liguénica en la ciudad de Puno

Como $P = 0.7180$ y la $H_{cal} = 4.52$ no supera el valor crítico $= 5.819$ aceptamos la Hipótesis alterna, en la no existe diferencia en la equitatividad Liguénica en relación a la zonas de evaluación, entonces el grado de homogeneidad en la distribución de la abundancia Liguénica no varía drásticamente. (Tabla 11)

Tabla 11.
Prueba de Kruskal Wallis para Riqueza Liquéunica

Variable	Zonas	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	P
Equitatividad	Av. Aviación	4	0.75	0.24	0.77	7	4.52	0.7180
	Av. El ejercito	4	0.90	0.15	0.93			
	Barco Centro de Investigación Chucuito	4	0.74	0.24	0.83			
	Bosque Magnolias	4	1.03	1.55	1.14			
	Carretera Antigua de Chucuito	4	-0.59	2.45	0.52			
	Cementerio Laykakota	4	0.09	1.17	0.48			
	Jr. Manuel Acosta	4	0.45	0.75	0.70			
	Salcedo-INIA	4	0.45	1.57	0.70			

Fuente: Elaboración propia

Se determinó 11 especies de Líquenes en la zonas de evaluación de la ciudad Puno, superando en número lo hallado por Huamán (2016) con 7 especies. Así mismo Quispe, *et al.*, (2015) encuentran 5 especies en las zonas urbanas en su trabajo Líquenes Como Bioindicadores de la Calidad del Aire en La ciudad de Tingo María, Perú; por otra parte Cuba y Villacorta (2008) reportaron 22 especies en la ciudad metropolitana del Cuzco; Ramírez y Cano (2005) encuentran 38 especies en la Cordillera Negra – Ancash. Las diferencias varían por el tipo de investigación siendo más limitada en caso de utilizar a los líquenes como bioindicadores ambientales en algunos casos las investigaciones sobre diversidad Liquéunica evaluando estas en áreas no urbanas (Ambiente natural sin perturbación), la condiciones ambientales y pisos ecológicos son factores importantes en la riqueza (Equitatividad) de los Líquenes el número de zonas evaluadas influyen también en la distribución de los líquenes.

Según Santoni & Lijteroff (2006), en la reserva floro- faunistica de la Florida en comparación con el área urbana y la testigo Donovan, que presentaron valores semejantes entre sí. Con respecto a la diversidad de los valores más altos corresponden a

las parcelas 1 y 2 areas urbanas (0.87 y 0.84 de Equitatividad liquénica); asi mismo el cementerio Laykakota (0.82 de Equitatividad) y Jr. Manuel Acosta (0.85 de Equitatividad) equiparables a esta zonas urbanas; Santoni & Lijteroff (2006) tiene dos zonas testigos (0.67 y 0.73 de Equitatividad), la Av. Aviacion (0.76 equitatividad) y Carretera Antigua de Chucuito (0.78 de equitatividad) encotrando los valores mas bajos de equitatividad posiblemente por la baja cobertura que presentaron muchas de las especies allí presentes.

4.2.2 Abundancia Liquénica en la ciudad de Puno

La abundancia Liquénica en el Bosque las Magnolias tiene una alta diversidad (2.52); así mismo encontramos una baja diversidad en el Barco Centro de Investigación Chucuito (1.54), Salcedo INIA (1.67), Av. El ejército (1.03) y Jr. Manuel Acosta (1.02). Finalmente la Carretera Antigua de Chucuito (0.96), Cementerio Laykakota (0.57) y Av. Aviación (0.85) tienen una abundancia muy baja (Figura 6)

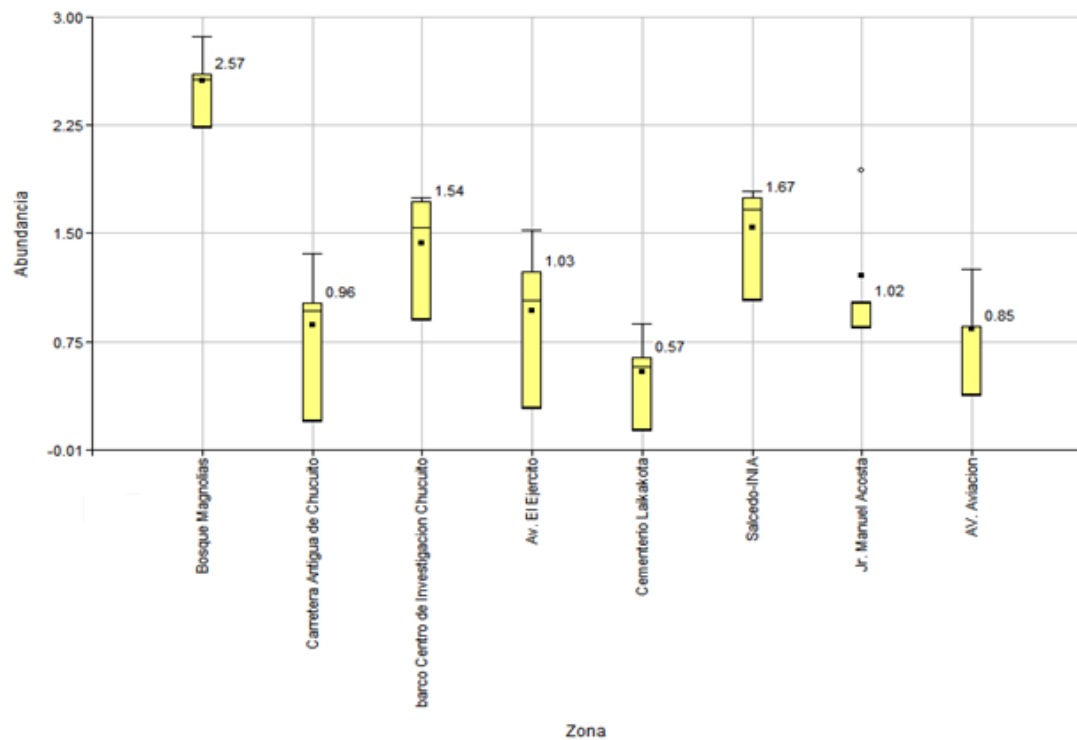


Figura 6. Abundancia Liquenica

Tabla 12.

Prueba de Kruskal Wallis para comparar la abundancia Liguénica

Variable	Zonas	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	P
Abundancia	Av. Aviación	4	0.83	0.36	0.85	7	19.97	0.0056
	Av. El ejercito	4	0.96	0.54	1.03			
	Barco Centro de Investigación Chucuito	4	1.43	0.40	1.54			
	Bosque Magnolias	4	2.56	0.26	2.57			
	Carretera Antigua de Chucuito	4	0.87	0.49	0.96			
	Cementerio Laykakota	4	0.53	0.31	0.57			
	Jr. Manuel Acosta	4	1.20	0.49	1.02			
	Salcedo-INIA	4	1.54	0.35	1.67			

Entonces F_{cal} es menor F_{tab} . Por consiguiente aceptamos la hipótesis nula (H_0). Sabiendo que $p = 0.0056$ se acepta la H_0 ; no existe mayor abundancia de Líquenes en relación a las zonas con mejor calidad del aire. Entonces entendemos que el Bosque las Magnolias tiene la mayor abundancia Liguénica y una clasificación VI. Sin contaminación; las zonas con abundancia más baja: La Av. El ejército (1.03 Abundancia); Cementerio Laykakota (0.57 de Abundancia) y Av. Aviación (0.85 de abundancia) tiene una clasificación I y II Contaminación alta y muy alta. (Tabla 12)

La abundancia para el bosque las Magnolias de 2.57; Barco centro de Investigación de Chucuito de 1.54; Av. el ejército 1.03; Cementerio Laikokota 0.57; Salcedo INIA 1.67; Jr. Manuel Acosta 1.02 y Av. Aviación 0.85; Huamán 2016 halla valores entre 0,43 y 0,88 siendo valores muy distantes indicando una baja abundancia Liguénica, concordando en cierto modo con los valores de las principales vías de Puno. Para Cuba y Villacorta (2008) el promedio de Índice de Shannon obtenido en Centro Histórico del Cusco fue de 1,61 lo cual indica la abundancia es baja, es decir hay poca abundancia Liguénica, está por debajo del promedio de los valores de la presente investigación, estas dos ciudades

más desarrolladas en cuanto al tránsito de vehículos, siendo este estudio taxonómico y variando resultados respecto Abundancia Liquélica.

El factor de resistencia indica que especie estuvo con más frecuencias en los 32 forofitos, siendo la especie foliácea *Xanthoparmelia conspersa* y crustácea *Chrysothrix candelaris* con una presencia de 25 veces, las especie menos toxitolerante es la especie foliácea *Umbilicaria microphylla* únicamente teniendo presencia en un forofito del Bosques las Magnolias. Entonces el Liquen *Xanthoparmelia sp.* fue un excelente candidato para exponerlo a la bioacumulación de metales pesados. (Figura 7)

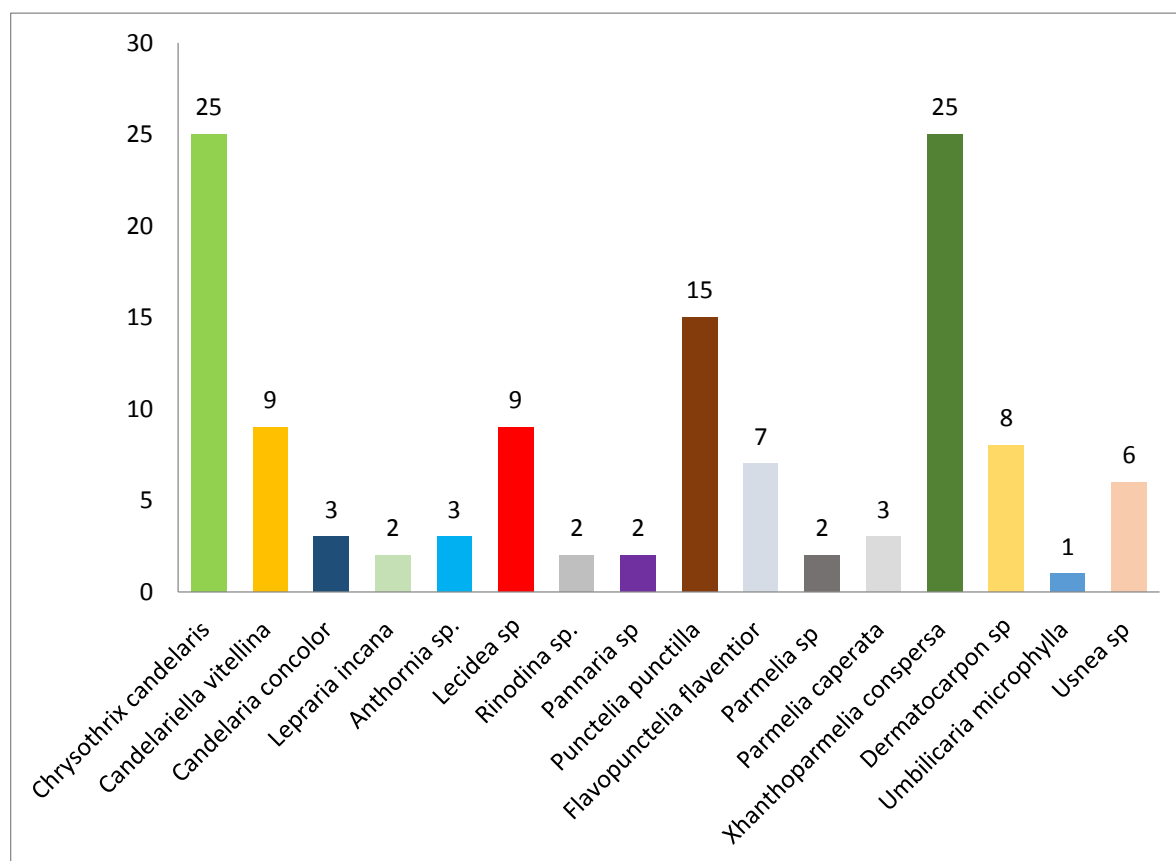


Figura 7. Factor de Resistencia de los Líquenes

4.3 Análisis de la capacidad de Absorción de Plomo en el Liquen *Xanthoparmelia* sp. (Vain.) Hale.

Las medias de las 11 repeticiones se encuentran en rangos de entre 26.81 y 29.49ppm con un promedio 28.25ppm, siendo la experimentación un éxito para demostrar que el liquen foliáceo *Xanthoparmelia* sp. es una especie bioacumuladora de Plomo, por ende es un excelente bioindicador de plomo para dar un diagnóstico de la calidad del aire. (Figura 8)

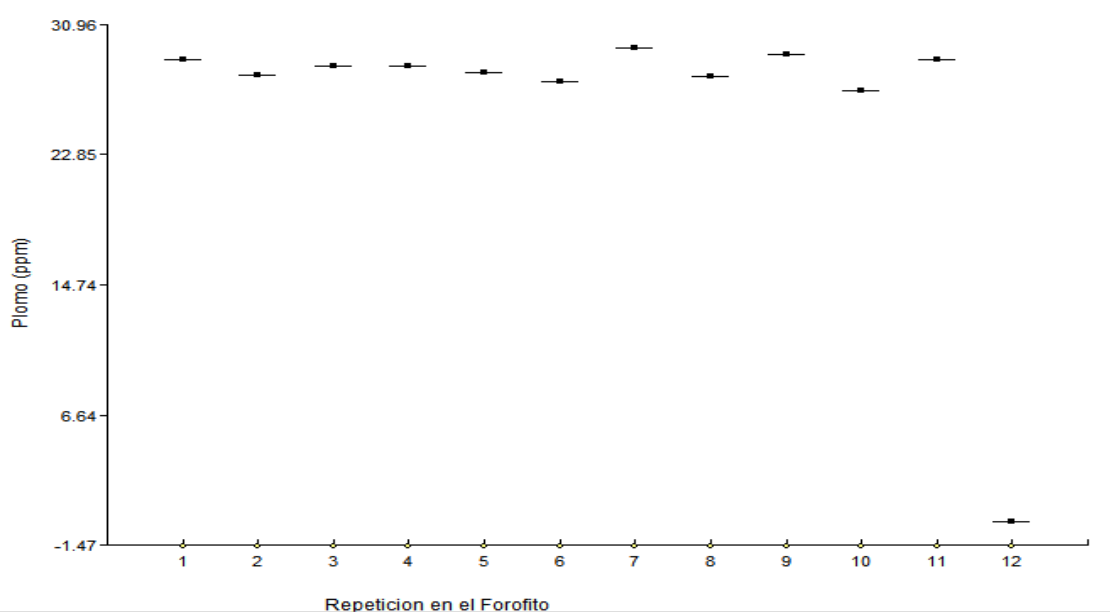


Figura 8. Medias de las 12 repeticiones de *Xanthoparmelia* sp. en Plomo

Se tiene un promedio de 28.2536 ppm. de plomo en la 11 repeticiones analizadas en los forofitos (repeticiones- Arboles) en la Av. el Ejercito y un valor de 0 ppm en la zonas control del Bosque las Magnolias, demostrando así que el liquen fruticuloso *Xanthoparmelia* sp. es un excelente bioacumulador del metal pesado Plomo.(Tabla 15)

Tabla 13.
Prueba estadística de T-Student para Plomo

Estadística de muestra única				
Muestra	N	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar
Plomo	11	28.2536	.78697	.23728

Según Garavento (2005) obtiene promedios de 104.90 ppm. variando drásticamente por ser una estudio en zonas minera y teniendo valores de plomo muchos más altos que en una ciudad influenciada por el parque automotor.

Díaz (2006); obtiene en sus repeticiones en *Xanthoparmelia sp.* (Vain.) 2518.8 ppm, corroborando una alta capacidad de este Liquen como bioacumulador variando drásticamente por ser una trabajo en zonas minera.

Lawrey (1981) indican que “*los líquenes acumulan plomo muy eficientes, el cual es captado a través de aerosoles, caída de partículas de metales o lluvia ácida*”. *El plomo se une a sitios aniónicos insolubles, extracelularmente acumulados y concentrados en la médula*”. Una vez incorporado, el plomo no es fácilmente removido por lluvia o viento. Los efectos tóxicos del Plomo en líquenes son mínimos. Algunas especies pueden acumular más de 2000 ppm, luego estas concentraciones no se incrementan, indicando un grado de disminución fisiológica. Los restos de contenido de plomo han probado ser útiles para establecer límites máximos de emisiones (preindustriales) los cuales pueden ser referenciados para presentar niveles de emisión oficiales.

Por ultimo Roig 2010 “Estudio sobre los Líquenes como bioindicadores del contenido de metales pesados en el entorno de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia” obtiene valores de Plomo en los Líquenes crustáceos *Lecanora sp. blanco* con 47.15ppm; *Lecanora sp.* con 68,97ppm; *Caloplaca sp. blanco* 16,51ppm; *Caloplaca sp.* 90.29; *Candelariella sp.* 69.60. Indicando estos resultados que los líquenes crustáceo tiene mayor capacidad de Bioacumulación de Plomo que el liquen foliosos *Xanthoparmelia sp.* (Vain.) .

V. CONCLUSIONES

La calidad del aire en la ciudad de Puno, guarda relación con la diversidad Liquélica. Existe una relación estadísticamente significativa entre el Índice de Pureza Ambiental y las zonas de evaluación en función a la calidad de aire: siendo la Av. EL ejército (59.72 de IPA) y el cementerio Laykakota (16.23 de IPA) las de clasificación I. contaminación muy alta; la carretera antigua de Chucuito (124 de IPA); Barco centro de Investigación de Chucuito (281.53 de IPA); Salcedo-INIA (185 de IPA); Jr. Manuel Acosta (107.8 de IPA) tienen una clasificación III, contaminación media; la Av. Aviación (60.55 de IPA) cuenta con una clasificación II, contaminación alta; la única zona con una clasificación VI, Sin contaminación es el Bosque las Magnolias (732.6 de IPA). Habiéndose aceptado la hipótesis alterna (H_a) y rechazado la hipótesis nulas (H_0) en la que existe una relación estadísticamente significativa entre el Índice Pureza Ambiental y la zonas de evaluación de la ciudad de Puno en función a la calidad de aire con significancia de 0.05 siendo $F_{ca.}=5,744 > F_{tab.}=3.41$.

Se registraron 16 especies pertenecientes a 11 familias y 15 géneros; de las cuales 7 son de biotipo crustáceo, 8 de biotipo folioso y 1 especie de biotipo fructífero. Las especies con mayor toxitolerancia registrada en las 8 zonas de evaluación son el líquen crustoso *Chrysothrix candelaris* (Mont.) Mont y *Xanthoparmelia sp.*, así también como los menos toxitolerantes son las especies: *Pannaria sp* Delise, *Umbilicaria microphylla* (Laur.) A. Massal., *Dermatocarpon sp.* Eschw. existe menor abundancia de Líquenes en relación a las zonas de mayor calidad de aire en la ciudad de Puno, el bosque de Magnolias tiene la mayor abundancia y guarda relación con la clasificación VI, (Sin contaminación).

El líquen *Xanthoparmelia sp* (Vain.) Hale. es un excelente bioacumulador del plomo con una media de 28.25 ppm.

VI. RECOMENDACIONES

Monitorear trimestralmente la calidad del aire siguiendo esta metodología, así como también capacitar a la población sobre la importancia de los arboles (forofitos) en la ciudad de Puno y hacer un mapa de estrés atmosférico en futuras investigaciones, para zonificar las Avenidas de mayor y menor Calidad de Aire.

Estudiar con más detalle la taxonomía de Líquenes en la ciudad de Puno ya que se pudo observar la omisión de muchas especies que no estaban en la grilla Liquélica centro de interés del estudio.

Realizar Análisis de Plomo en el liquen *Usnea sp* Hill por ser un liquen fruticoso de mayor manejabilidad en el trasplante de una zona a otra; también un mejor indicadores puede ser la especie Crustosa *Lecanora sp* por ser los líquenes menos evolucionados y con mayor toxitolerancia, comparar las avenidas más transitadas de Puno con diferentes biotipos de Liquen 1 crustáceo, 1 folioso y 1 fruticoso.

VII. REFERENCIAS

- Adachia, K., & Tainosho, Y. (2004). "Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust. *Environment International*, 1009-1017.
- Albentosa, L. (1990). *Climatología y medio ambiente*. Barcelona.
- Alcanzar, F. (2013). *El método fitosociológico*. Murcia.
- Alfaro, M. (1998). *Contaminación del aire. Emisiones vehiculares, situación actual y alternativas*. San Jose-Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Alvarez, J. (1997). Copilacion de Liqueenes en Galicia. *Departamento de Biología vegetal*, 233-369.
- Andrés, D., Ferrero, E., & Mackler, C. (2000). Monitoreo de contaminantes del aire en la ciudad de Rosario.
- Anze, R. (2007). *Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia*. La Paz, Bolivia: REDESMA.
- Ariño Vila, X., Azuaya Garcia, T., & Gómez Bolea, A. (1997). Els líquens com a bioindicadors de la qualitat atmosfèrica: el cas de la vall de Fumanya. *Ofici de naturalista*, 5-13.
- Asta, J. (2003). *European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental*.
- Asta;W.Erhardt;M.Ferreti;F.Fornasier. (2002). Orientación europea para la diversidad mapeo de Liqueen como indicador de estrés ambiental. *Sociedad Europea de Liqueenología*, 1-19.
- Barreno, E. (1998). *Hongos simbiotes. Botanica*. McGraw-hill.
- Barreno, E., & Perez, S. (2003). *Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias*. Oviedo: KRK Ediciones.
- Bedregal, P., Torres, B., & Mendoza, P. (2009). El uso de Usnea sp. y Tillandsia capillaris, como bioindicadores de la contaminación ambiental en la ciudad de Lima, Perú. 131-136.
- Billoud, G., Clement, & Vásquez, C. (2010). Bioindicadores de la contaminación del agua. *Jornadas de Investigación*.
- Brodo, I., Duran, S., & Sharnoff, S. (2001). *Lichens of North America*. New Haven & London (Primera ed.). Massachusetts: Yale University Press.
- Brown, T. L., Lemay, H. E., Bursten, B. E., & Burdige, J. R. (2004). *Química la Ciencia de la vida* (Novena ed.). Michigan: Pearson.

- Brunialti, G., & Giordani, P. (2003). Variability of lichen diversity in a climatically heterogeneous area (Liguria, NW Italy). *Lichenologist.*, 55-69.
- Bungartz, F., & Nash III. (2002). Claves para la identificación de los géneros de Fitoplancton. *III*(3), 6000.
- Burgos, J., & Burgaz, A. R. (1990). Algunos líquenes epífitos del hayedo de Tejera Negra (Guadalajara, España). *Botanica Complutensis*, 37-45.
- C.Illana, E. (2016). Líquenes usados en perfumería. *Ciencias de la Vida, Facultad de Biología, Ciencias Ambientales y Química.*
- Calatayud, L. V., & Sanz, M. J. (2000). Ministerio de Medio Ambiente-Parques Nacionales. En *Guía de líquenes epífitos* (pág. 185). Madrid: Serie tecnica.
- Calvelo, S. (1998). Keys to the genera and species of Parmeliaceae S. Lat. From Patagonia, Tierra del Fuego and South Atlantic Islands (Argentina). *Lichenology in Latin America*, 117-128.
- Campos-S, L., Uribe, j., & Aguirre, j. (2008). *Santa María, Líquenes, Hepáticas y Musgos. Guía de Campo.* Bogota: Laura V. Campos-S., Jaime Uribe-M, Jaime Aguirre-C.
- Canales Guitiérrez , A. (2012). *Diagnostico Ambiental Regional de Puno (DAR).* Puno: GOBIERNO REGIONAL DE PUNO.
- Canseco, A., Anze, R., & Franken, M. (2006). Comunidades de líquenes :indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia. *Acta Nova*, 286-307.
- Capo , M. (2007). *Principios de Ecotoxicología.* Madrid: Tebar.
- Casares , M. (2006). *introducción a los líquenes Cap 7.* Granada: <https://www.researchgate.net/publication/259638914>.
- Castell, E. D. (2012). Líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en Montevideo-Uruguay. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 28(4), 311-322.
- Castillo, M., Labrador, S., & Laguado, I. Y. (2017). Evaluación de la Calidad Atmosférica de la Parroquia Pedro María Morantes del Municipio San Cristóbal, Estado Táchira mediante el uso de Líquenes como Bioindicadores. *Vicerectorado Academico* , 1-41.
- Célis, J., & Morales, J. (2007). *Estudio de la contaminación del aire urbano en una ciudad intermedia: El caso de Chillán (Chile).* Concepcion-Chile: Atenea.
- Chaparro , M., & Aguirre , J. (2002). *Hongos Liquenizados.* Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Cockerham, L., & Shane , B. (1994). *Basic Environmental Toxicology* (Primera ed.). Boca raton:CRC Press.

- Cohn-Berger, G., & Quezada, M. (2016). Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala. *Revista Científica ISSN 2070-8246*, 26(1), 1-12.
- Coutiño, B., & Mojica, A. (1985). Líquenes de la región del Cofre de Perote-Xalapa. *Revista Mexicana de Micología. Revista Mexicana de Micología*(1), 379-399.
- Cubas, P., Nuñez, J., Crespo, A., & Divakar, P. (2010). Líquenes : que son y su uso como bioindicadores. *GEMM / Proyecto de Innovación 123*, 9.
- Delgadillo, M. (2004). Mapa De Estres Atmosferico De Cedritos a Partir De Diversidad Liquenica. *Ingenieria Ambiental* , 24-162.
- Diaz, E. R. (2006). Uso de Líquenes como Bioindicadores de presencia de Metales Pesados en áreas cercanas a empresas Mineras en zonas de altura en Peru".
- Duran, & Pascual. (1997). *Los hongos, algas y líquenes*. Espana: Disponible en Internet en: <http://www.ceducapr.com/liquenes.htm>.
- Férrnandez, S., & Terrón, A. (04 de Enero de 2006). *Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de la Robla (León)*. Leon, España: Leon.
- Font Salmon, N., & Font Salmon, O. (2001). Estudio preliminar del a la ciudad de Santiago de Cuba. *Planificacion Fisica*, 41-45.
- Garavento, E. (2005). Capacidad del Liquen Fruticuloso (Ramalina Farinacea) para la Bioacumulación de Plomo en el aire en zonas metalúrgicas en Jicamarca, 2017". 1-52.
- Giordani, P. (2007). Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy. . Roma: Environmental Pollution.
- Gomez, H., Fernandez, R., & Galarraga, F. (2013). Líquenes como biomonitores de la contaminación atmosférica por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP). *Revista de la facultad de Ingeniería U.C.V*, 28, 45-58.
- Gomez Peralta, M. (2004). Claves Didacticas para la determinacion de géneros de Líquenes. *Manual de campo de Micologia, I*(1), 1-30.
- Gonzales, N., Lujan Perez, M., Navarro Sanchez, G., & Flores Mercado, 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.
- Green, J., & Sánchez, S. (2016). La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica. *Clean Air Institute*, 6.
- Hawksworth, D., & Hill, D. (1984). *The Lichen-Forming Fungi*. Blackie, Glasgow y London. Londres: ISBN 021691633.
- Herk, C. (2001). Bark pH and susceptibility to toxic air pollutants as independent causes of changes in epiphytic lichen composition in space and time. *Lichenol*, 419-441.

- Hernandez , M. (2010). Líquenes del Herbario Nacional de Venezuela (VEN) y sus muestras tipo. *Acta Botánica Venezuelica*, 363-376.
- Hé Hernández , R., Fernandez , C., & Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw-Hill.
- Herrera, T., & Ulloa, M. (1990). *El Reino de los hongos*. Mexico F.: Fondo de Cultura Economica.
- International Lichenological Newsletter. (1982). International Lichenological Newsletter. *I.L.N.*, 2-18.
- J.Asta;W.Erhardt;M.Ferreti;F.Fornasier. (2002). Orientacion europea para la diversidad mapeo de Liquen como indicador de estrés ambiental. *Socieda Europea de Liquenologia*, 1-19.
- Kett, A., Dong, S., Andrachuk, H., & Craig , B. (2000). *Uso de Líquenes Epifitos como Indicadores Biológicos de Contaminación del Aire*. Toronto: United States Environmental Protection Agency, Biological Indicators of Watershed Health. .
- Kricke , R., & Loppi, S. (2002). Bioindication: The I.A.P. (págs. 21-27). Amnsterdams: Kluwer Academic Publishers.
- Lavornin, J. M., Kristensen, M. J., & Rosato, V. G. (2016). Clave de identificación de liquenes saxícolas del Paisaje Protegido "La Poligonal" (Sistema De Tandilia, Buenos Aires). *evista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie, XVIII(2)*, 107-115.
- Lawrey, J. (1981). Retrospective study of lichen lead accumulation in the northeastern United States. *The Bryo/ogist*, 449- 456.
- Le Blanc, F., & De Sloover , J. (1970). Relation between industrialization and the distribution and grownth of epiphitic lichens and mosses en Montreal. *Canadian Journal of Botany*, 1485-1495.
- Lijteroff, R., Lima, L., & Prieri, B. (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Int Contam Ambient(25)*, 111-120.
- López , M., Gonzáles, S., & Osore, J. (2002). Evaluacion Ambiental de Ecosistemas altamente sensibles: Uso de Liquenes como biomonitores. *Revista Especializada(1)*, 318-321.
- Lumbsch, T., & Huhndorf, S. (2007). The Field Museum, Departamento de Botánica. "Esquema de Ascomycota - 2007" (págs. 1-58). Chicago: Myconet.
- Machaca Leon, E., Choque Arque, M., & Flores Flores, C. N. (2013). *Plan Regional de Accion Ambiental Puno 2014 al 2021*. Puno: Gobierno Regional.

- Marcelli, M., & Seaward, M. (1998). Lichenologists in Latin America: history, current knowledge and applications. *CETESB*, 177.
- Markert, B., Breure, A., & Zechmeister, H. (2003). Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. In: Markert BA, Breure AM & Zechmeister HG (eds) *Bioindicators and biomonitors*. Elsevier, Oxford, 3-39.
- Mata, M., Umaña, L., & Chaves, J. L. (2009). Protocolo para la recolección, descripción, identificación y mantenimiento de hongos. *Protocolo para la recolección, descripción, identificación y mantenimiento de hongos. In Bio Costa Rica*, 1-29.
- Mateus Vargas, L. N. (2011). Composición y riqueza de los líquenes foliícolas de la estación ambiental de Tutunendo (Chocó Biogeográfico). *Tesis*, I(1), 1-109.
- Matus, P., & Lucero, R. (2002). Norma Primaria de la calidad del aire. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*.
- Méndez, O., & Fournier, L. A. (1980). Los líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de San José, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*(28), 31-39.
- Mendoza, D. (2012). Contribución de las costras biológicas en la función del ecosistema, su cobertura y distribución espacial en un gradiente de vegetación en el altiplano mexicano. *Seminario de Posgrado*, 359-363.
- Ministerio de Transporte y Comunicación. (2016). *Anuario Estadístico 2016*. Lima: Depósito Legal en la Biblioteca del Perú 2013-07609.
- Ministerio del ambiente. (2011). *Compendio de la Legislación Ambiental Peruana Vol. V*. Lima: Dirección General de Políticas.
- Moreno, E., Sanchez, A., & Hernandez, M. (2007). *Guía ilustrada de hongos liquenizados de Venezuela*. Caracas: departamento de publicaciones de la Fundación Instituto Botánico de Venezuela.
- Nimis, P. (2002). *Monitoring with lichens-Monitoring lichens*. Roma.
- Núñez Zapata, J., Divakar, P., Huallparimachi, G., Holgado, M., Vela Clavo, Z., Pavlich, M., & Crespo, A. (2015). Nuevos registros de la liquenobiota del Santuario Histórico de Machu Picchu, Perú. *Revista Peruana de Biología*, XXII(3), 323-328.
- Ochoa, D. J., Prieto, M., Aragon, G., & Benitez, A. (2015). Cambios en la composición de Líquenes epífitos relacionados con la Calidad del aire en la Ciudad de Loja (Ecuador) Changes in the epiphytic lichen composition related with air quality in the city of Loja (Ecuador). *Caldasia*, 333-343.
- Organización Mundial de la Salud. (2003). *D.S. N° 009-2003-S.A., Modificatoria y Directiva Reglamento de Niveles de Estados de Alerta Nacional es de*

- Contaminantes del Aire. Ministerio del Ambiente. Ginebra: D.S. N° 009-2003-S.A.*
- Orozco, C. (2003). *El desarrollo sustentable, nuevo paradigma para la administración pública*. (Primera ed.). Mexico D.F: México : Senado de la República.
- Ortmann, R., Haming, W., Hess, W., Mencher, B., Knirsch, M., Schnaibel, E., . . . Weibhaar, H. (2003). *Técnica de gases de escape para motores de gasolina*. Alemania.
- Pignata, M. L. (2003). *Curso sobre: Empleo de biomonitores en estudios de contaminación atmosférica. Auspiciado*. La paz: wiss Contact, IBTEN, Instituto de Ecología.
- Pinilla, G. (1998). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Bogotá. *Centro de investigaciones científicas*.
- Purvis, O. (1996). Interactions of lichens with metals. *Sci. Progr.*, 283-309.
- Puy Alquiza , M. J., Gómez Peralta, M., Miranda Avilés, R., Reyes Zamudio , V., Salazar Hernández , M., & Ordaz Zubia , V. Y. (2015). El rol de las comunidades de líquenes en el deterioro superficial de su substrato rocoso: estudio de la interfase liquen-roca en dos monumentos históricos de la ciudad de Guanajuato, México. *Acta universitaria*, 25, 35-45.
- Quintanilla , A., Bermudez , C. E., & Avelar , R. (2006). Identificación de las especies de Líquenes consideradas Bioindicadoras de la Calidad del aire (en cuatro sitios de San Salvador), a través de la determinación de Metales Pesados en sus Talos. *Universidad D E E L*.
- Ramirez, A. (1994). *Taxonomía, Ecología y Liquenografía*. Lima: Asociación Proyectos Ecológicos Perú.
- Ramírez, A., & Cano, A. (2005). Líquenes de Pueblo Libre, una localidad andina en la Cordillera Negra (Huaylas, Ancash, Perú). *Revista Peruana de Biología*, XII(3), 383-396.
- Redón, J. (1987). *Líquenes Antárticos*. Santiago,. Santiago: Instituto Antártico Chileno.
- Rico, F., Lopéz, R., & Jaimes, E. (2001). *Daños a la salud por contaminación atmosférica*. Mexico: Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Riquelme, F. S. (2008). Evaluación Del Uso De Líquenes Como Indicadores Biológicos De Contaminación Atmosférica En La Quebrada De La Plata, Región Metropolitana. 1-57.
- Roig, P. B., Barca, D., Crisci, G. M., & Lalli, C. (2010). Estudio sobre los Liqueenes como bioindicadores del contenido de metales pesados en el entorno de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia. *FR ESTUDOS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURO*(2), 21-37.

- Root, H., & McCune, B. (2012). Surveying for biotic soil crust lichens of shrub steppe habitats in the Columbia Basin. *North American Fungi* 7, 1-21.
- Rubiano, L., & Chaparro, J. (2006). Delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la Universidad Nacional de Colombia mediante el análisis de bioindicadores (líquenes epifitos). *Acta Biológica Colombiana*, 87-102.
- Ryan, B., & Bungartz. (2002). *Morphology and Anatomy of the Lichen*. Thallus.
- Santoni, S. C., & Lijteroff, R. (2006). Evaluación De La Calidad Del Aire Mediante El Uso De Bioindicadores En La Provincia De San Luis, Argentina. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 22(1), 49-58.
- Sbarato, V., Basan, D., & Manzo, R. (2012). Análisis y caracterización del material particulado atmosférico. Córdoba, Argentina. Maestría en Gestión para la Integración Regional y Centro de Información y Documentación Regional. *Universidad Nacional de Córdoba*.
- Schwendene, S. (1869). Die Algentypen der Flechtengonidien Programm für Rectorsfeier der Universität Basel. *Universität Basel*, 1-41.
- Segura, S. (2013). Caracterización de la contaminación atmosférica en seis parques recreacionales del Distrito Metropolitano de Quito mediante el uso de bioindicadores. 107.
- Sharnoff, S. (2014). *Guía de campo de los líquenes de California*. Yale: Univesidad de Yale.
- Sierra Tintaya, R. (2016). *Diversidad y Biogeografía de la Liquenobiota en la cuenca del Río Huatanay*. Cusco.
- Silva, C. V., Catro Mejia, G., & Gonzáles Mora, I. (2006). *Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad el agua*.
- Smith, R., & Smith, T. (2004). *Ecología. Cuarta edición*. Madrid: Pearson Education S.A.
- Steubing, L., & Fangmeier, A. (1992). *Monitoring of Air Pollutants by Plants*. Berlin: Dr. W. Junk Publishers.
- Taylor, C. J. (1968). *The lichens of Ohio* (Biblioteca Jubilada en Espiral ed.). Ohio: B0007HG0IM Universidad del Estado de Ohio.
- Terron, A. (1998). Empleo de bioindicadores liquénicos para valorar la contaminación atmosférica en Ponferrada. *Institución Fray Bernardino de Sahagún. Diputación*.
- Tovar, D., & Aguinaga D., R. (1994). Los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica, en Lima Metropolitana. *Revista de Química*, VIII(2), 135-141.

- Ucrosopoma , M. (1991). Ramalina (Lichens) en los parques de Lima. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 29-39.
- Umaña, L., & Sipman, H. (2002). *Líquenes de Costa Rica*. San Jose: GEF.
- Vásquez, M. (2015). *Estudio de los efectos de la contaminación atmosférica sobre los bioindicadores liquénicos y la degradación de los mismos*. Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Wirth, V., Dull, R., Llimona, X., Ros, R. M., & Werner, O. (2005). *Guía de campo de los líquenes, musgos y hepáticos*. Freiburg: OMEGA.
- Yassi, A., Kjellstrom, T., de Kott, T., & Guidotti. (2002). *Salud Ambiental Basica*. Mexico DF.: PNUMA.

ANEXOS

Anexo A. Formato de la Libreta de campo en Líquenes

Estación o Punto de muestreo:

Fecha: ___/___/___ Nombre del
muestrador: _____

Temperatura °C: _____

Humedad (%): _____

Descripción del área

_____.

Forofito N° _____

Especie de árbol: _____ Diámetro del árbol (m): _____

Grietas en la corteza: _____

Altura de gradilla: _____

N° de especies encontradas: _____

COD.	ESPECIE	FRECUENCIA	COBERTURA



Figura 9. Liquen *Xanthoparmelia sp* transplantado a la Av. El Ejército



Figura 10. Grilla Liquenica de 20 X 10 cm.

Anexo B. Mapas de los forofitos evaluados

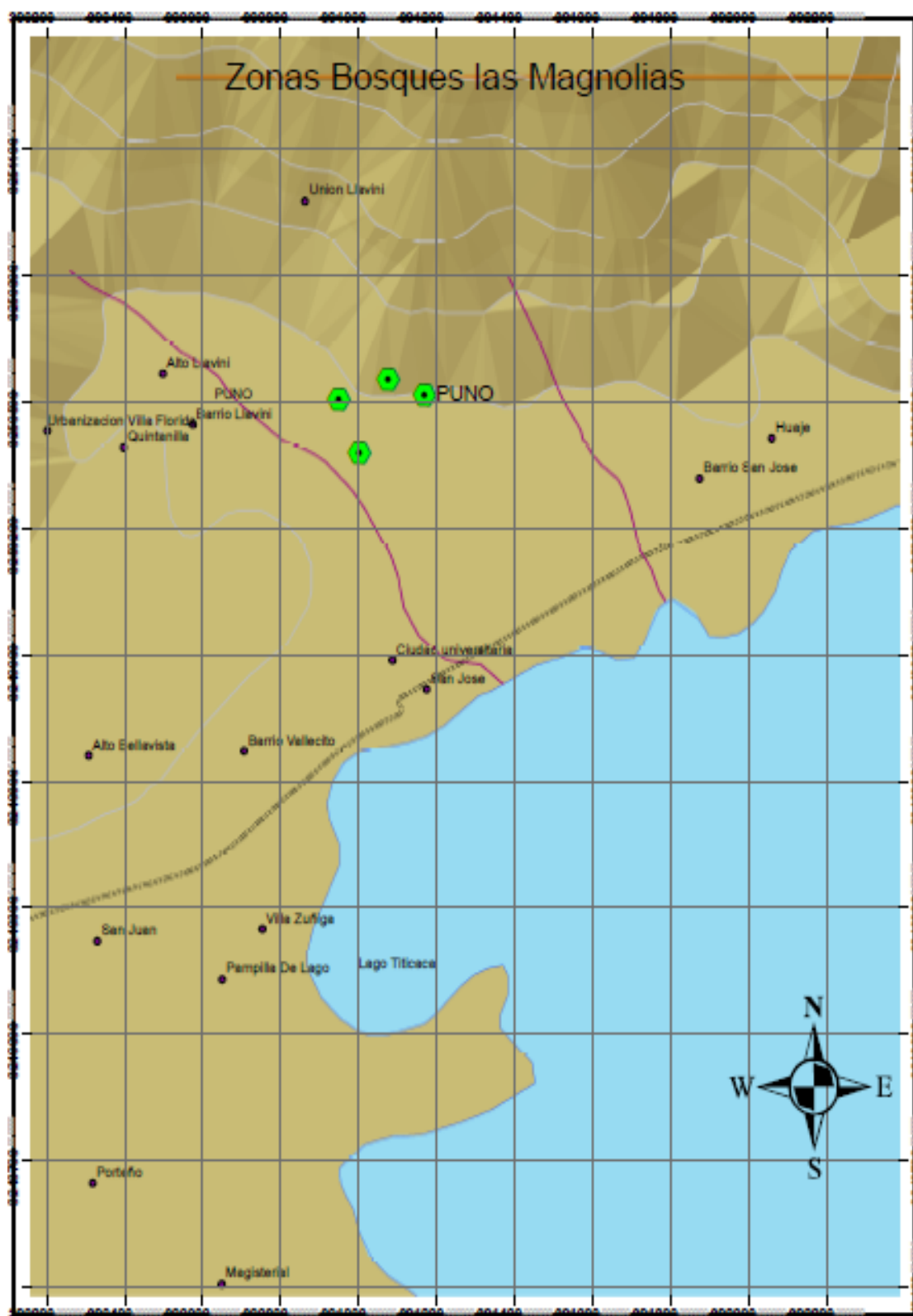


Figura 11. Forofitos del Bosque las Magnolias

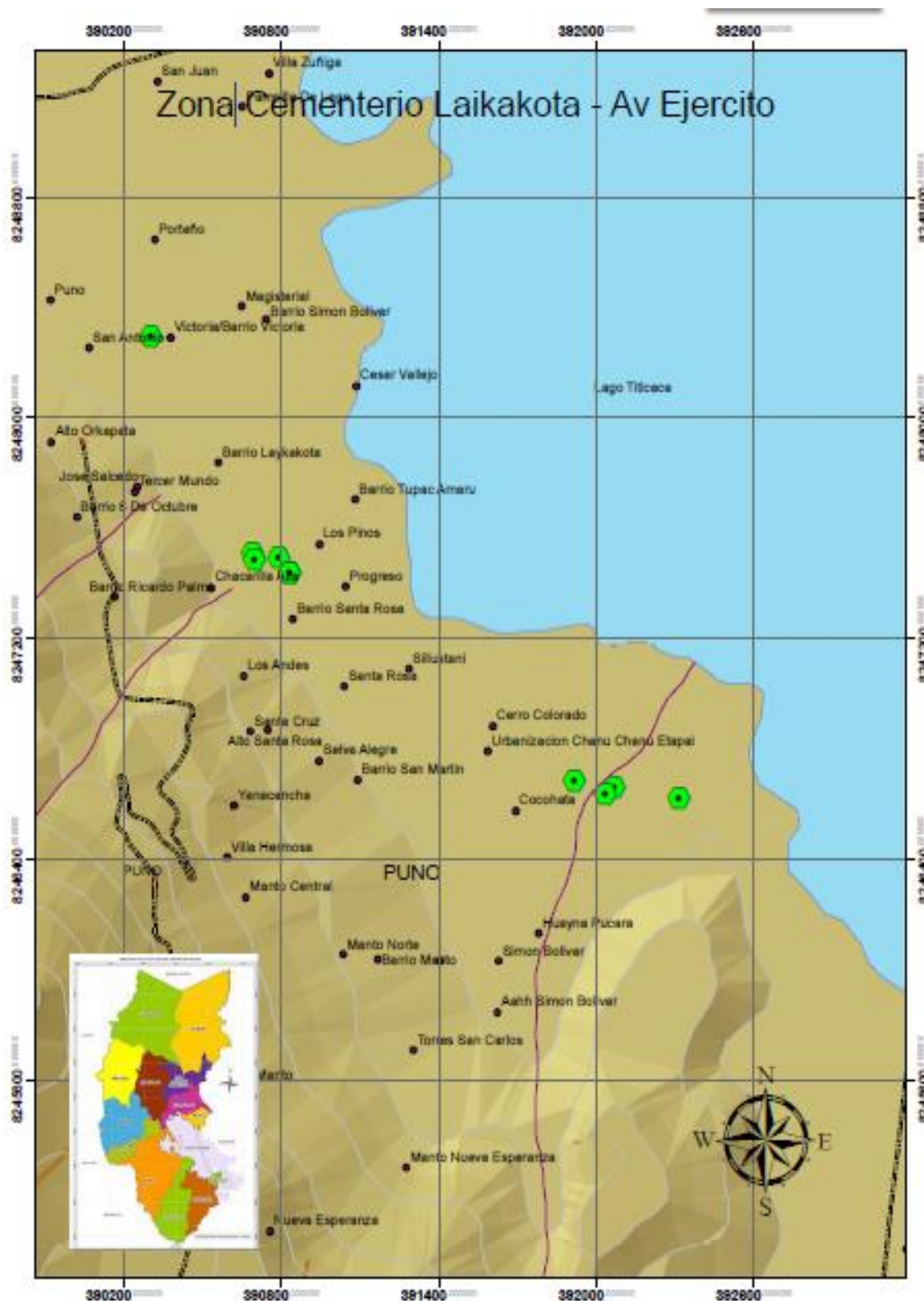


Figura 12. Forofitos del cementerio Laykakota y el Av. Ejército

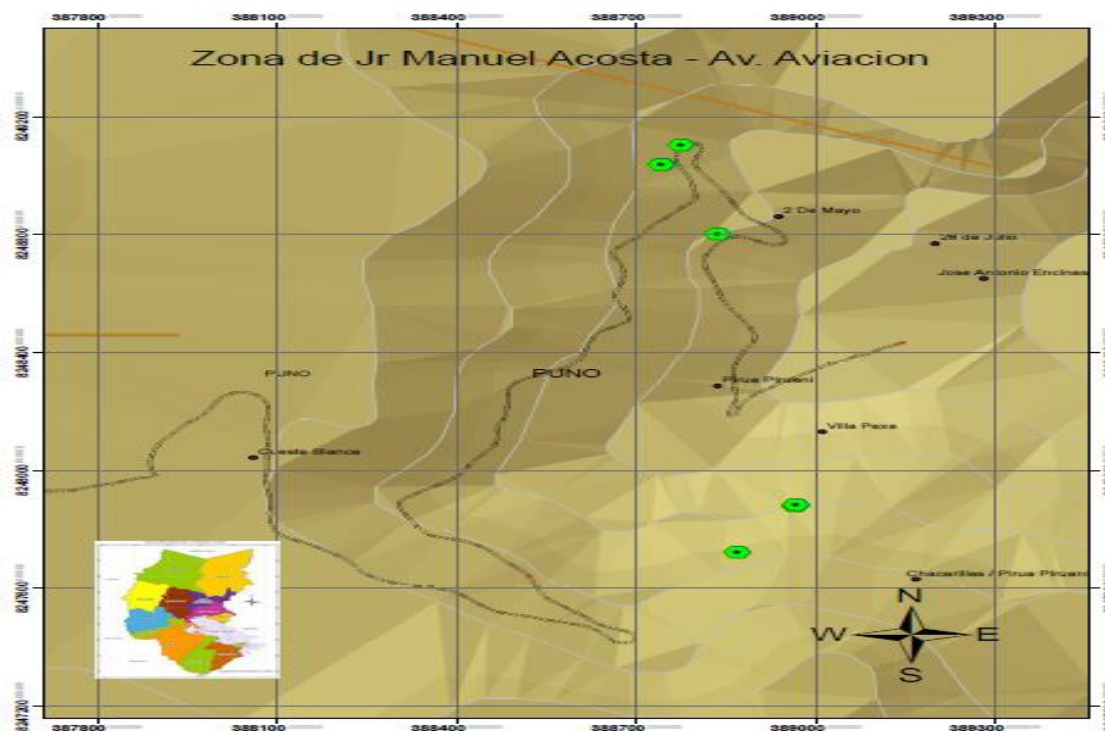


Figura 13. Forofitos de Jr. Manuel Acosta y Av. Aviación

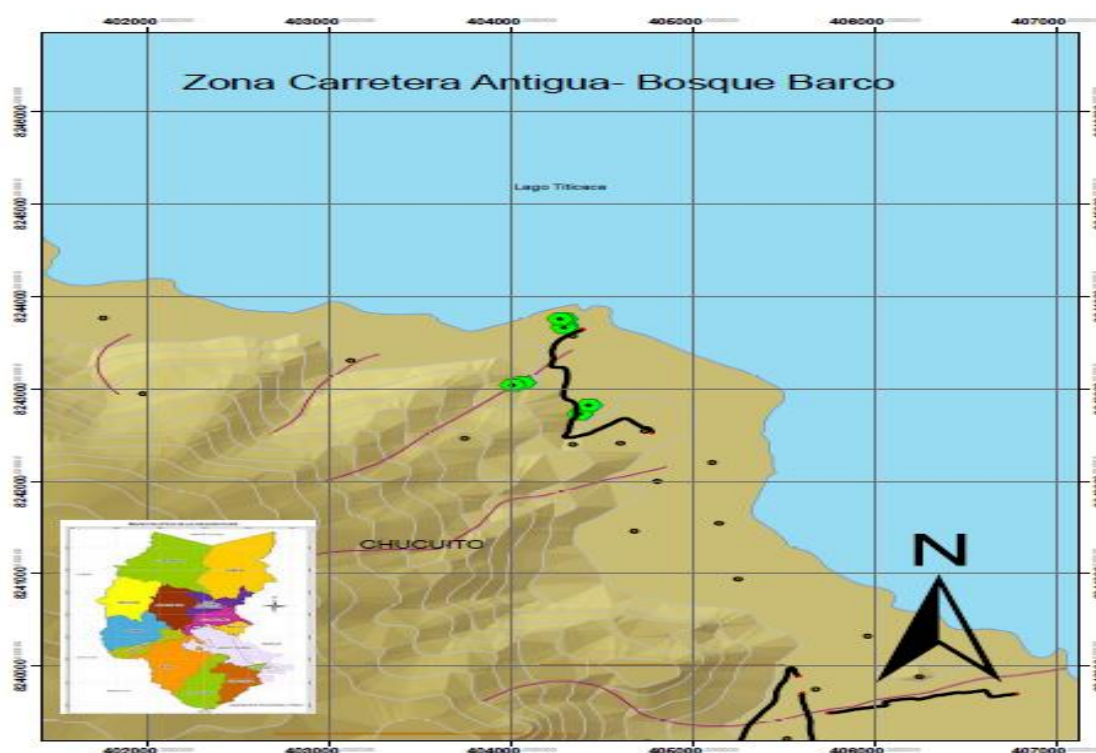


Figura 14. Forofitos de la carretera antigua de Chucuito y el Bosque Barco

Anexo C. Líquenes Identificados



Figura 15 . *Chrysothrix candelaris* (Mont.) Mont.



Figura 16 . *Candelariella vitellina*



Figura 17 . *Candelaria concolor* (Dicks.) Arnold



Figura 18 . *Lepraria incana* (L.) Ach.



Figura 19 . *Lecidea sp.* (L.) Ach.



Figura 20 . Apotecios de *Lecidea sp.* (L.) Ach.



Figura 21. *Pannaria sp* Delise



Figura 22. Capa Algal *Pannaria sp* Delise



Figura 23 Apotecio lecanorino de *Pannaria sp.* Delise

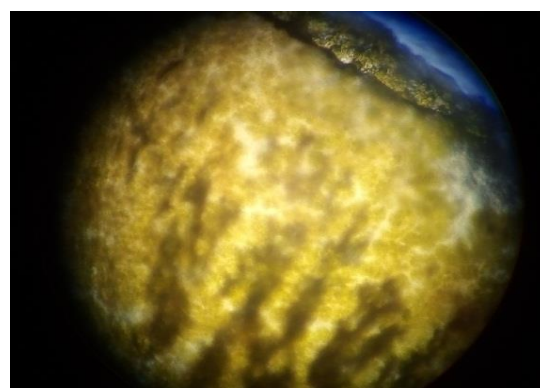


Figura 24 . Corteza de *Pannaria sp* Delise



Figura 25 . Pseudocifelas de *Punctelia punctilla* (Sm.) Krog



Figura 26 . *Punctelia punctilla* (Sm.) Krog

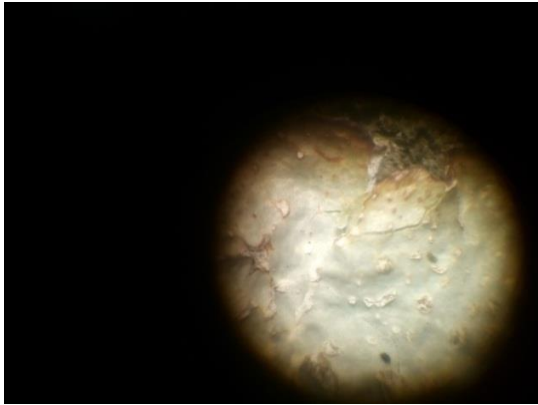


Figura 27. Pseudocifelas de *Flavopunctelia flaventior* (Stirton) Hal



Figura 28 . *Flavopunctelia flaventior* (Stirton) Hale

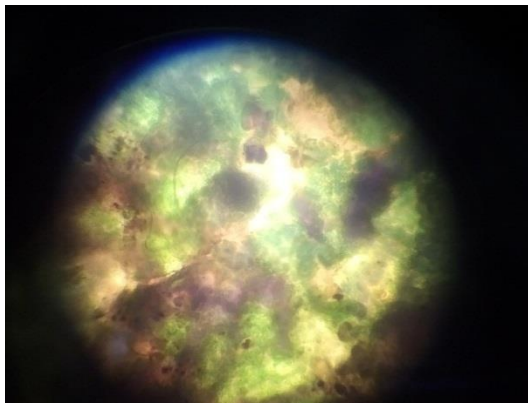


Figura 29.Capa Algal *Punctelia punctilla* (Sm.) Krog

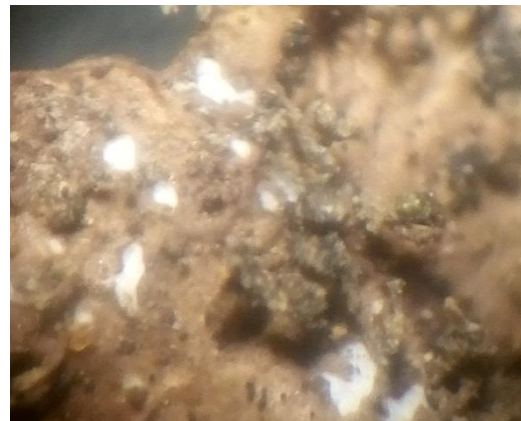


Figura 30. Parte Posterior de *Punctelia punctilla* (Sm.) Krog

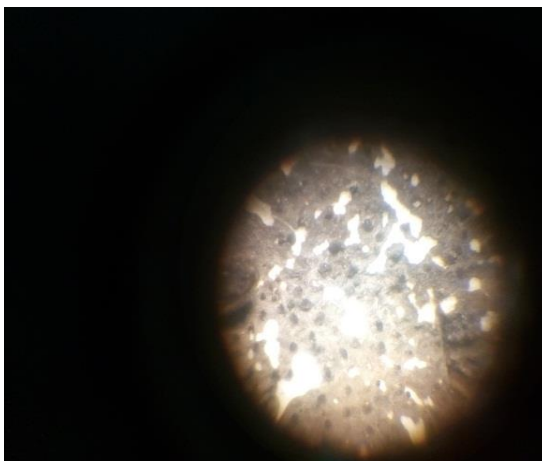


Figura 31 . Picnidios de *Flavopunctelia flaventior* (Stirton) Hale

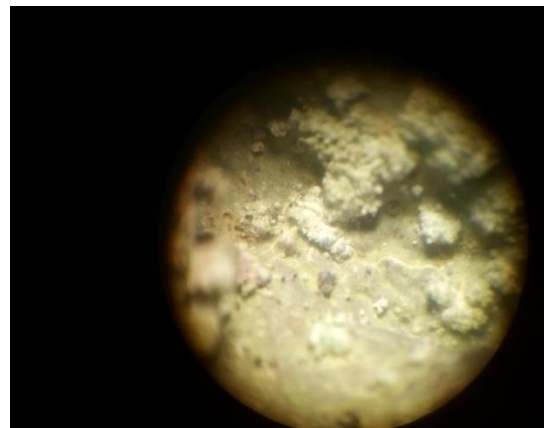


Figura 32 . Soralios de *Flavopunctelia flaventior* (Stirton) Hale



Figura 33. *Xanthoparmelia conspersa* (Ach.) Hale



Figura 34. *Parmelia sp.* Ach.



Figura 35 . *Parmelia caperata* Ach.



Figura 36 . *Dermatocarpon sp.* Eschw.

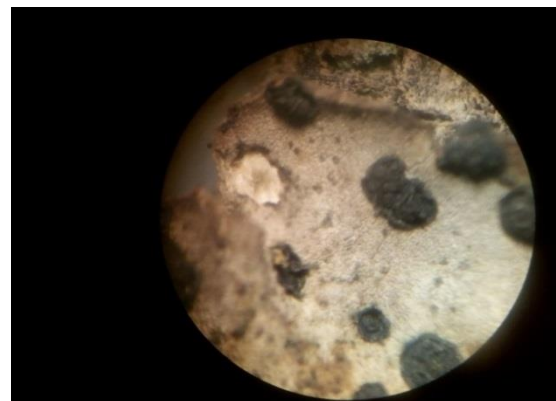


Figura 37. Apotecio Lecideino sumergido en el talo *Dermatocarpon sp.* Eschw.



Figura 38 . *Usnea sp.* Hill



Figura 39. *Umbilicaria microphylla*
(Laur.) A. Massal

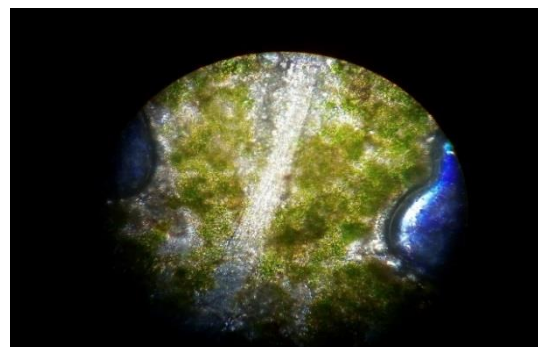


Figura 40 . Cordon central de *Usnea sp.*
Hill



Figura 41. Parte posterior sin rizinas en
Dermatocarpon sp. Eschw.



Figura 42 . Apotecio de *Umbilicaria*
microphylla (Laur.) A. Massal.




Figura 43 . Rizinas de *Umbilicaria*
microphylla (Laur.) A. Massal.



Figura 44. Soralios e Isidios *Usnea sp.*
Hill

Anexo D. Análisis de plomo


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS DE PLOMO MUESTRA XHANTOPARMELIA SP. ZONA FORA

PROCEDENCIA : BOSQUE LAS MAGNOLIAS UNA-PUNO
 INTERESADO : OSKAR VILLAMAR VALDIVIA
 MOTIVO : Análisis de plomo
 MUESTREO : 25/11/2018 (por el Interesado)
 ANALISIS : 27/11/2018
 PROYECTO : UNA-PUNO (Facultad de Ciencia Biológicas)

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS:

M1	: 6.70	C.E.: 0.40mS/cm.
M2	: 6.69	C.E.: 0.39mS/cm.
M3	: 6.71	C.E.: 0.42mS/cm.
M4	: 6.65	C.E.: 0.37mS/cm.
M5	: 6.73	C.E.: 0.38mS/cm.
M6	: 6.67	C.E.: 0.39mS/cm.
M7	: 6.70	C.E.: 0.40mS/cm.
M8	: 6.72	C.E.: 0.39mS/cm.
M9	: 6.73	C.E.: 0.41mS/cm.
M10	: 6.68	C.E.: 0.38mS/cm.
M11	: 6.73	C.E.: 0.43mS/cm.
M12	: 6.67	C.E.: 0.39mS/cm.

ANÁLISIS DE PLOMO (Pb)

M1	28.877ppm
M2	27.627ppm
M3	28.42 ppm
M4	28.37 ppm
M5	28.00ppm
M6	27.40 ppm
M7	29.49 ppm
M8	28.81 ppm
M9	25.90 ppm
M10	26.81 ppm
M11	27.77 ppm
M12	0.00 ppm

INTERPRETACION (Según Normas de ECAs)

Existe una absorción de Plomo en las 11 muestras de Liquen *XHANTOPARMELIA SP.*; excepto la 12 muestra




Figura 45. Análisis de plomo

Anexo F. Glosario de términos de morfología de Líquenes y Descripción de los Líquenes según Biotipo

Apotecios: Ascocarpos o cuerpos fructíferos de los líquenes de aspecto más o menos plano, semejantes a platos, copas o discos

Apotecios Lecanorino: Cuando el márgen del apotecio es del mismo color del talo, presenta algas en su interior y por lo general difiere del color que adopta el disco (dsc). Lo cual sucede cuando, un segundo anillo compuesto de tejido talino (ta) surge rodeando excípulo (ex). Apotecios lecanorinos. Corte transversal de apotecio lecanorino.

Apotecio Lecideino: Cuando el margen del apotecio es de diferente color al talo y no presenta algas en su interior. Es decir, el tejido talino es excluido del apotecio, entonces el margen que delimita el disco (dsc) adquiere un aspecto similar a este, ya que está formado únicamente por el excípulo (ex). Corte transversal de un apotecio lecideino.

Ascospas: Del griego Ascus, que significa saco. Son diminutas estructuras reproductivas en forma de sacos ovoides o tubulosos, que se encuentran dentro de los ascocarpos y que producen esporas (ascosporas) de reproducción sexual. En general, los ascos contienen ocho esporas.

Ascocarpo: Término que se emplea para denominar el cuerpo fructífero maduro de los ascomicetos. Varían dependiendo de la especie. Existen tres tipos generales de **ascocarpos:** apotecios, peritecios y cleistotecios.

Ascomicetos: Clase de hongos que se distingue por la presencia de ascos. Son los hongos más frecuentes en la simbiosis Liquélica.

Conidios: Espora de origen asexual formadas en células codionigenas

Cordón central: Estructura característica del género Usnea, consiste en una masa compacta de hifas que se ubica en la parte central de las ramas del liquen dándoles rigidez. Corte trasversal de una rama de Usnea.

Corteza: Región bien definida de algunas algas, hongos, musgos y líquenes cuyo origen y composición es diferente a la corteza que presentan las plantas vasculares. En los líquenes la corteza se presenta como una capa compacta del talo, formada por hifas del

hongo. Los líquenes generalmente presentan una corteza superior y una corteza inferior, cada una con sus propias características.

Costroso: Tipo de forma de crecimiento de líquenes, caracterizado por estar en estrecho contacto con el sustrato y carecer de corteza inferior y rizinas. Es difícil separar estos líquenes del sustrato sin romperlos. Existen líquenes foliosos fuertemente pegados al sustrato y sin rizinas, pero que son fácilmente diferenciados de los costrosos por la presencia de corteza inferior.

Excípuos: En relación al apotecio, tejido característico de los márgenes del himenio. El excípulo o borde del apotecio se denomina talino, cuando presenta las mismas características de color y composición del talo y se llama propio, cuando presenta las mismas características de color y composición del apotecio.

Ficobionte: Unidad constituyente de la simbiosis Liquélica caracterizada por reproducción asexual mediante aplanósporas o por simple división mitótica de sus células. El ficobionte más frecuente de los líquenes es el alga verde unicelular perteneciente al género. Las algas cianofíceas también pueden presentarse como ficobionte, pero son poco frecuentes.

Micobionte: Componente fúngico de la simbiosis Liquélica.

Maculas: Pequeñas secciones de la superficie talina irregulares o reticuladas (Rimelia) que carecen de algas por lo cual son más claras que el resto de la superficie

Picnidios: Estructuras de reproducción asexual en forma de pera, en donde los conidios (con) son desarrollados a partir de hifas especializadas llamadas conidióforos (cfro). Presentan un ostiolo como los peritecios, por lo cual a simple vista se pueden confundir. Sin embargo, son fácilmente diferenciados de estos por la falta de ascos en su interior.

Pseudocifelas: Estructura vegetativa exclusiva de los líquenes que representan aberturas de la corteza, redondeadas hasta angulosas o muy irregulares a través de las cuales quedan al descubierto las hifas de la médula. Cara superior de un líquen folioso cubierto de pseudocifelas

Talos: Parte vegetativa de un líquen, más o menos diferenciado

Tomento: Pelos de textura blanda, corta y delgada, dispuestos densamente, simples o ramificados

Isidios: Estructura vegetativa que consiste en pequeñas excrescencias de morfología variada, generalmente erguidos, surgiendo a partir del córtex del talo de forma más o menos agrupada y en cuyo interior se encuentran hifas y gonidios (algas) entremezclados

Soredios: Propágulo de pequeño tamaño situado en los sorolios, constituido por gonidios (células algales) e hifas entremezcladas sin estructura específica. Su dispersión a través del agua, aire, insectos, etc., puede dar lugar a un nuevo líquen

Líquenes Crustáceos

Chrysothrix candelaris (Mont.) Mont.

Talos leprarioides, amarillo brillante o verdoso, sin córtex, compuestos de gránulos formados por un conjunto de hifas entrelazadas y anastomosadas, en las que se depositan cristales y que están rodeando a un fotobionte verde de tipo clorococoides. Apotecios raros, con o sin excípulo, con el disco amarillo, naranja o marrón. Excípulo.

Candelariella vitellina (Hoffm.) Mull. Arg. - *Candelaria concolor* (Dicks.) Arnold

Talos crustáceos granulados, nodulosos o verrugosos, hasta indistintamente escuamulosos, placodiales y efigurados, con lóbulos \pm cortos; amarillo citrino, amarillo huevo, verde amarillento, amarillo o naranja; de córtex paraplectenquimático. Picnidios inmersos con pared incolora. Apotecios lecanorinos, discos amarillos hasta amarillo parduzco, generalmente planos; epitecio granuloso, amarillo marrón. Hamatecio de paráfisis simples. Ascos globosos, de tipo *Candelaria*, con 8-32 esporas.

Lepraria incana (L.) Ach.

Talo no lobulado, típicamente leprarioide, gris blanquecino hasta \pm verdoso. Los soredios muy finos, $<100 \mu\text{m}$ de diámetro, con hifas que se extruyen. Cuando está bien desarrollado puede llegar a formar una costra muy gruesa, \pm areolada, de un color gris verdoso con tonos azulados \pm intensos, pero difusa y sin lóbulos marginales. Médula poco diferenciada.

Arthonia sp.

Talo generalmente inmerso en el sustrato (no visible), o muy delgado. Ascocarpos irregularmente alargados tendiendo a ramificarse, negros sin margen propio, esporas incoloras, transversalmente septadas a muriformes (de 1 a 7 septos); sin excípulo. Ascos anchos, globosos, alrededor de la cámara ocular, que se diferencia bien porque la capa interna se tiñe débilmente de azul, mientras que la externa permanece hialina; sobre el ápice de la cámara ocular aparece una pequeña estructura anular o tubular que se tiñe intensamente con Lugol

Lecidea sp. (L.) Ach.

Apotecios lecideinos de 0.5 a 1.5 mm de diámetro, con el disco y el margen de color negro; 8 esporas simples por asca.

Talos crustáceos, superficiales o inmersos en el sustrato, continuos hasta areolados, o casi escuamulosos, \pm efigurados en el margen, generalmente grisáceos o marrón oscuro, en ocasiones rojo ferruginoso cuando se desarrollan en rocas ricas en hierro; con o sin hipotalo. Apotecios típicamente lecideinos, negros con excípulo propio carbonáceo, al menos en la periferia, más claro hacia el interior, generalmente persistente y constituido por cadenas de hifas \pm dilatadas; epitecio a menudo pigmentado de marrón o de un típico Muy diverso y cosmopolita.

Rinodina sp. (Ach.) Gray

Talo grueso gris o gris blancuzco, rimoso a areolado; apotecios lecanorinos; talos crustáceos hasta \pm escuamulosos, con o sin hipotalo bien distinto, gris pálido hasta oscuro, ocráceo hasta marrón, continuo hasta fisurado areolado, granuloso o casi escuamuloso.

Líquenes Foliáceos*Pannaria sp Delise*

Talos estratificados, foliáceos, sin córtex inferior, a menudo sujetos al sustrato por un hipotalo grueso muy visible, de aspecto fibroso o fieltro, negro azulado, generalmente visible; cara superior gris azulada hasta marrón negruzca. Picnidios con conidios rectos, vacilares. Apotecios sésiles, lecanorinos, disco castaño hasta negro; margen talino persistente, del mismo color que el talo.

Punctelia punctilla (Sm.) Krog

Talo gris verdoso o gris azulado con lóbulos de 3 a 10 mm de ancho, con soralia marginal y/o laminar; o bien con apotecios y picnidios. Superficie inferior corticada blanca a bronceada o negra con una zona marginal café lustrosa, rizinas concoloras simples a ramificadas.

Flavopunctelia flaventior (Stirton) Hale

Talo verde amarillento con lóbulos de 3 a 10 mm de ancho, arrugado hacia el centro; soledios granulares, marginales y/o laminares. Superficie inferior del talo corticada y rizinada, negra hacia el centro y café lustrosa hacia el margen.

Parmelia sp Ach.

Talos foliáceos lobulados, de hasta 25 cm de diámetro; lóbulos de hasta 8 mm de ancho, con los ápices \pm angulares o redondeados. Cara superior grisácea o marrón \pm oscura (dependiendo de la insolación que recibe), con abundantes pseudocifelas o máculas que parecen formar una red por todo el talo; suelen tener en la cara superior una especie de pliegues o una red de alvéolos (\pm deprimidos) con cóstulas que les da una apariencia especial, como de metales algo estañados. Cara inferior negra o marrón oscuro, con rizinas simples o bifurcadas, negras. Picnidios con conidios cilíndricos, bifusiformes o filiformes. Apotecios con el disco marrón, 1,5 cm de diámetro. Ascos claviformes, de tipo Lecanora, octosporados. Esporas hialinas, simples, elipsoidales. En cortezas, maderas en descomposición, rocas y briófitos epífitos y saxícolas. Cosmopolita, más frecuentemente en zonas boreales, ártico-alpinas o templadas.

Parmelia caperata Ach.

Parmelia (= *Flavoparmelia*) *caperata* es un líquen foliáceo de color blanco verdoso o grisáceo y forma vagamente circular, de hasta un palmo de diámetro en los ejemplares mayores. 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- mientras que en la periferia el talo es liso y con márgenes lobulados. *Parmelia caperata* vive principalmente sobre la corteza rugosa de árboles planifolios, en su tronco principal o en la cruz.

Xanthoparmelia conspersa (Ach.) Hale

Talos foliáceos lobulados que pueden formar rosetas de hasta 20 cm de diámetro, por lo general fuertemente adherido al sustrato, en algunas especies terrestres, los talos se enrollan, se desprenden del sustrato y se hacen vagrantes. Lóbulos estrechos <5 mm. Cara superior verde amarillento, lisa o con pliegues y arrugas, costulada; isidios frecuentes, a menudo constreñidos en la bases, frágiles; soraliros raros. Cara inferior marrón claro hasta negro, con rizinas simples o furcadas. Fotobionte: algas verdes, Trebouxia. Picnidios frecuentes, inmersos, aparecen como puntos negros en la superficie del talo; conidios bacilares, de 5-8 x 1 µm. Apotecios lecanorinos, zeorinos, frecuentes en muchas especies; disco marrón <2 cm de diámetro. Ascos claviformes, de tipo Lecanora, octosporados. Esporas elipsoidales, de 6-13 x 4-8 µm. El córtex contiene ácido úsnico, K⁺ amarillo; la médula puede contener distintas sustancias, en general dépsidos y depsidonas del β-orcinol, en especial ácidos estictico, norestictico, salazínico, barbático, etc. Saxícolas silícicas, en lugares expuestos a la radiación solar. Cosmopolita

Dermatocarpon sp. Eschw.

Talos foliáceos, peltados o umbilicados, monófilos o polífilos, en este caso unido por varios hapterios; gris claro hasta gris oscuro con ligeros tintes parduzcos. Cara superior gris salpicada de puntos negros, ± pruinosa, lisa hasta ligeramente costulada; cara inferior con una ligera tonalidad rosácea o ± parda, lisa o rugosa, sin rizinas. Córtex superior paraplectenquimático o ± en empalizada, con hifas de células globosas; córtex inferior patente, con hifas de pared gruesa ± cúbicas. Médula de hifas filamentosas. Picnidios inmersos, similares a los peritecios, internamente pseudoparenquimáticos y lóculos tapizados por células conidiógenas poco diferenciadas, ± tipo Xanthoria; conidios bacilares.

Umbilicaria microphylla (Laur.) A. Massal.

Talos foliáceos, uni o plurilobulados, unidos al sustrato por un único punto, el disco de fijación situado ± centralmente, denominado ombligo. La superficie superior marrón, gris o negra, lisa, reticulada o casi areolada o alveolada, a veces pruinosa, puede tener cilios en los bordes. La cara inferior es muy variable y un buen carácter para cada especie: de color oscuro o claro; lisa, equinada o con trabéculas ± radiales; rizinas de distintos tipos

(rizinomorfos), o bien una especie de placas o membranas que se repliegan y llegan a formar tubérculos o papilas;

Liquen Fructicoso

Usnea sp Hill

Ramas circulares en sección transversal, con un cordón central, talo amarillo verdoso o verde, erecto o péndulo, desde 1 hasta 100 cm o más de longitud, con fibrillas laterales. Con apotecios rodeados de fibrillas, isidios, soledios o soralia, el talo reacciona de diferente manera a los reactivos ya que es un género muy diverso químicamente. Muy adherido al sustrato.

Anexo E. Claves Didácticas para la determinación de Géneros de Líquenes

CLAVES DIDÁCTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE GÉNEROS DE LÍQUENES

Marlene Gómez Peralta

LÍQUENES LEPROSOS Y COSTROSOS

- 1a. Talo formado únicamente por una capa soledios (farinosos o granulares) de diferentes colores.....2
- 1b. Talo costroso muy adherido al sustrato, liso, rimoso o areolado o bien inmerso en el sustrato.....3
- 2a. Talo de color gris verdoso, verde grisáceo o verde amarillento. Sobre corteza o musgo (cuando crece sobre rocas).....*Lepraria*
- 2b. Talo de color amarillo o amarillo verdoso.....*Chrysothrix*
- 3a. Ascocarpos lireliformes o en forma de verruga.....4
- 3b. Ascocarpos redondeados en forma de copa, platillo o disco (apotecios).....7
- 4a. Ascocarpos en forma de verruga de 1 a 2 mm de diámetro que contienen uno o más ostiolas, 1-8 esporas simples por asca (de más de 300 μ m de largo), uniseriadas. Médula y verrugas KC- y la médula bajo el apotecio KC+ anaranjado.....*Pertusaria*
- 4a. Ascocarpos lireliformes.....5
- 5a. Talo generalmente inmerso en el sustrato (no visible), o muy delgado. Ascocarpos irregularmente alargados tendiendo a ramificarse, negros sin margen propio, esporas incoloras, transversalmente septadas a muriformes (de 1 a 7 septos)..... *Arthonia*
- 5b. Talo grueso a delgado, rara vez inmerso en el sustrato.....6
- 6a. Ascoc I-. Talo continuo a rimoso, blanco, gris, gris cafésoso, café oscuro, amarillento o verde olivo. Ascocarpos lireliformes, más o menos elongados, rectos y algo ramificados, el disco se transforma en una fisura negra y el margen se engrosa; esporas incoloras septadas transversalmente (1-15 septos), oblongos, fusiformes o filiformes de 2 a 8 por asca..... *Opegrapha*
- 6b. Ascoc I+ violeta. Talo continuo o rimoso, blanco, gris palido o cremoso. Ascocarpos lireliformes, negros, rectos, a veces circulares, con margen propio; esporas incoloras septadas (3 a varios septos), submuriformes a muriformes, a veces fusiformes, 1 a 8 por asca..... *Graphis*

7a. Ascosporas poralibiloculares. Talo generalmente amarillo intenso a casi naranja (en ocasiones amarillo claro, verde amarillento o gris), apotecios de color anaranjado con el margen pálido. Talo y/o apotecios K+ purpura.....*Caloplaca*

7b. Ascosporas de otro tipo y talo con diferente combinación de caracteres.....8

8a. Esporas de color café.....9

8b. Esporas incoloras.....12

9a. Talo continuo, rimoso o más comúnmente areolado, apotecios inmersos de 1 a 2 mm de diámetro, con el disco y el margen gris oscuro; esporas septadas (1 a más septos), usualmente muriformes..... *Rhizocarpon*

9b. Talo continuo, rimoso o rimoso-areolado, apotecios elevados rara vez inmersos, esporas generalmente de un solo septo.....10

10a. Talo grueso gris o gris blancuzco, rimoso a areolado; apotecios lecanorinos.....*Rinodina*

10b. Talo delgado o a veces desapareciendo, rara vez grueso, gris verdoso, verde azulado, verde oscuro o café, continuo o rimoso. Apotecios lecideinos, rara vez lecanorinos..... 11

11a. Talo delgado a grueso, continuo o rimoso a areolado blanco, gris, café o amarillento. Apotecios lecideinos superficiales o inmersos en el talo, esporas cafés de 2 o 4 células, conidios baciliformes.....*Buellia*

11b. Talo costroso de color café o gris blancuzco muy delgado, raras veces grueso. Apotecios negros lecideinos o lecanorinos, esporas cafés de dos células, conidios filiformes, delgados y curvados.....*Amandinea*

12a. Esporas simples.....13

12b. Esporas septadas. Apotecios lecanorinos, disco naranja a rojo intenso K+ carmesí o purpura, 8 esporas fusiformes (2 a 10 septos) a veces algo curvadas.....*Haematomma*

13a. Apotecios lecideinos de 0.5 a 1.5 mm de diámetro, con el disco y el margen de color negro; 8 esporas simples por asca. Corteza K-..... *Lecidea*

13b. Apotecios lecanorinos.....14

14a. Talo verde oscuro, verde amarillento, verde grisáceo, gris o blanco, continuo, rimoso o areolado; en ocasiones sorediado. Apotecios lecanorinos, numerosos de 0.05 a 2 mm de diámetro; disco en tonos de entre amarillo a naranja. Ascosporas simples de entre 10-20 μ m de largo, 8 por asca. El talo y el margen del apotecio K+ amarillo o K-, C-.....*Lecanora*

13b. Talo gris mineral, areolado y granuloso. Apotecios lecanorinos numerosos de 1-4 mm o más de diámetro, con el disco de color marfil rosado; ascosporas simples de más de 25µm de largo, 8 por asca. Talo y margen del apotecio C+ rosa que cambia a rojo.....*Ochrolechia*

LÍQUENES FOLIOSOS

1a. Talo verde grisáceo subcircular con zonaciones concéntricas de 1.5 cm de ancho, coriáceo, con la superficie inferior ecorticada y el margen enrollado hacia adentro. Adherido lateralmente al sustrato.....*Dictyonema*

1b. Talo nunca con zonaciones concéntricas, ligeramente o fuertemente adherido al sustrato por la parte inferior del talo, no lateralmente.....2

2a. Talo verde oscuro, gris azulado o gris plomizo, coriáceo cuando seco, gelatinoso cuando húmedo.....*Leptogium*

2b. Talo de varios colores y formas, no gelatinoso cuando húmedo.....3

3a. Talo umbilicado café oscuro casi negro, no lobulado, semicircular de 1 a 2.5 cm de ancho, frágil. Superficie inferior sin rizinas. Apotecios negros con el disco suave. Médula C+ rojo. Sobre roca.....*Lasallia*

3b. Talo no umbilicado.....4

4a. Talo pseudofruticoso.....5

4b. Talo no pseudofruticoso.....7

5a. Talo con cilios, lóbulos estrechos o anchos.....6

5b. Talo sin cilios. Lóbulos estrechos de 1 a 2 mm de ancho, ramificados en forma de astas de ciervo. Superficie inferior corticada, blanca, lisa, acanalada y manchada de negro o negra hacia el centro y blanca hacia el margen. Picnidios y apotecios o isidios presentes (no soledios). Corteza K+ amarillo, médula C+ rojo, KC+ rojo.....*Pseudevernia*

6a. Talo con lóbulos largos y lineales de 2 a 3.5 mm de ancho, margen involuto. Superficie inferior corticada, negra hacia el centro y café hacia el margen, rizinas centrales y largos cilios marginales. Con apotecios y picnidios, soledios o isidios. Corteza superior K+ amarillo; médula K+ amarillo o K+ amarillo que cambia a rojo, C-.....*Everniastrum*

6b. Talo con lóbulos estrechos de 1 a 3 mm de ancho y cilios marginales. La superficie inferior ecorticada, blanca y algodonosa. Soralia en la superficie inferior de la punta de los lóbulos, picnidios en la superficie superior. Corteza K+.....11

amarillo, médula K+ amarillo o K+ amarillo que cambia a rojo.....*Heterodermia*

7a. Talo escumuloso de 3 cm de ancho, con proyecciones pruinosas parecidas a isidios; la superficie inferior del talo oscura y tomentosa, frecuentemente con un protalo de color negro azulado. Apotecios con el disco café rojizo y el margen blanco, rugoso. Muy adherida al sustrato.....*Pannaria*

7b. Talo no escumuloso.....8

8a. Talo de color amarillo intenso9

8b. Talo de otros colores.....10

9a. Talo folioso con lóbulos finamente divididos, médula de color blanco, con rizinas cortas no ramificadas. Corteza K-, disco del apotecio frecuentemente K+ rosa.....*Candelaria*

9b. Talo entre costroso y folioso, lobulado hacia el margen y areolado hacia el centro, sin rizinas pero con una corteza inferior bien definida. La médula puede ser blanca o amarilla. K- o K+ naranja rojizo, UV + pálido, naranja muy oscuro.....*Candelina*

10a. Con cifelas o pseudocifelas en la superficie superior o inferior del talo.....11

10b. Sin cifelas o pseudocifelas en la superficie superior o inferior del talo.....15

11a. Con cifelas. Talo de color negro, café oscuro, café grisáceo o verde, lóbulos de 3 a 10 (15) mm de ancho. Isidios o soledios marginales o laminares; apotecios poco frecuentes. Superficie inferior tomentosa, café claro u oscuro, con cifelas de color blanco, más o menos adherida al sustrato.....*Stictia*

11b. Con pseudocifelas (punctas).....12

12a. Pseudocifelas en la superficie superior del talo.....13

12b. Pseudocifelas en la superficie inferior. Talo verde grisáceo o café amarillento, lóbulos de 10 a 20 mm de ancho. Isidios escumiformes o soledios marginales de color amarillo oro. Superficie inferior del talo tomentosa. Corteza K-, o si K+ ligeramente amarillo; médula C+ rosa o rojo o C- y K-.....*Pseudocyphellaria*

13a. Superficie inferior tomentosa. Talo de color café pálido o gris, lóbulos de más de 4mm de ancho. Superficie inferior con rizinas dispersas y tomento abundante. Apotecios, picnidios y/o isidios presentes, soledios ausentes.....*Lobariella*

13b. Superficie inferior no tomentosa.....14

14a. Talo gris verdoso o gris azulado con lóbulos de 3 a 10 mm de ancho, con soralia marginal y/o laminar; o bien con apotecios y picnidios. Superficie inferior corticada blanca a bronceada o negra con una zona marginal café lustrosa, rizinas concoloras simples a ramificadas. Corteza K+ amarillo; médula KC- o KC+ rojo, C- o C+ rojo*Punctelia*

- 14b. Talo verde amarillento con lóbulos de 3 a 10 mm de ancho, arrugado hacia el centro; soledios granulares, marginales y/o laminares. Superficie inferior del talo corticada y rizinada, negra hacia el centro y café lustrosa hacia el margen. Corteza K-; médula KC+ y C+ rojo.....*Flavopunctelia*
- 15a. Talo verde amarillento.....16
- 15b. Talo verde oscuro, verde grisáceo o de otros colores.....17
- 16a. Talo con lóbulos de 0.5 a 4 mm de ancho. Con isidios o apotecios y picnidios, soledios poco frecuentes. Superficie inferior café pálida a negra, rizinas simples abundantes (ausentes en especies que crecen en el suelo). Fuertemente adherida al sustrato. Corteza superior KC- o KC+ amarillo; médula varias reacciones con K, KC-, C-...*Xanthoparmelia*
- 16b. Talo con lóbulos de 5 a 20 mm de ancho, arrugado hacia el centro. Con soledios laminares y pustulares o apotecios. Superficie inferior negra hacia el centro y café hacia el margen, rizinas escasas o moderadamente abundantes. Más o menos adherida al sustrato. Corteza superior KC+ oro; médula K-, KC+ rosa, C-.....*Flavoparmelia*
- 17a. Talo pequeño con lóbulos de menos de 2 mm de ancho, fuertemente adherido al sustrato pareciendo costroso.....18
- 17b. Talo mediano a grande lóbulos de más de 2 mm de ancho, fuertemente o ligeramente adherido sustrato.....24
- 18a. Talo de color gris, gris verdoso o gris blancuzco.....19
- 18b. Talo gris oscuro a negro, verde oscuro o café oscuro.....22
- 19a. Cilios presentes o bien rizinas que se proyectan hacia el margen de los lóbulos pareciendo cilios. Talo folioso con lóbulos estrechos de 1 a 3 mm de ancho. Superficie inferior blanca a café pálido, en ocasiones con parches oscuros o naranjas, ecorticada o corticada; rizinas simples o ramificadas. Apotecios generalmente lobulados, picnidios, soledios o isidios presentes. Corteza K+ amarillo; médula K-, K+ amarillo o K+ amarillo que cambia a rojo. Sobre corteza o asociada con musgo sobre roca.....*Heterodermia*
- 19b. Cilios o rizinas que parecen cilios ausentes.....20
- 20a. Corteza inferior blanca a café pálido o negra; rizinas presentes.....21
- 20b. Corteza inferior negra, sin rizinas. Talo gris verdoso o gris pálido, lóbulos de 1-2 (4) mm. Médula blanca o rara vez roja. Soledios, isidios o apotecios lecanorinos presentes. Fuertemente adherido al sustrato. Corteza superior k+ amarillo.....*Dirinaria*
- 21a. Talo gris blancuzco, con placas blancas de pruina en las puntas de los lóbulos, en ocasiones cubriendo todo el talo. Médula blanca o amarilla. Corteza inferior de color negro,

- rizinas abundantes. Soralia marginal o laminar, apotecios si presentes parcialmente lecanorinos o lecideinos disco de color negro. Corteza K-.....*Pyxine*
- 21b. Talo gris o gris blancuzco, ligeramente a abundantemente pruinoso pero no formando placas. Médula blanca. Corteza inferior blanca a café pálido, raras veces negra, rizinas abundantes. Apotecios lecanorinos, discos café oscuros a negros frecuentemente pruinosos; Soralia marginal o laminar. Corteza K+ amarillo.....*Physcia*
- 22a. Corteza inferior con rizinas o tomento.....23
- 22b. Corteza inferior sin rizinas o tomento. Talo pequeño, gris-café a café oscuro. Con soledios, isidios o apotecios lecanorinos. Médula blanca, naranja o rojo-naranja. Corteza inferior si evidente negro hacia el centro, café claro hacia el margen. Fuertemente adherido al sustrato, a veces pareciendo costroso.....*Hyperphyscia*
- 23a. Corteza inferior con tomento. Talo pequeño gris oscuro, gris azulado o negro. Con isidios o dividido en pequeños lóbulos, pero no soledios. Apotecios biatorinos con discos amarillentos, café rojizos o negros. Corteza inferior café pálido a negro, con abundantes tomento que en ocasiones llegan a formar un grueso hipotalo. Más o menos adherido al sustrato.....*Coccocarpia*
- 23b. Corteza inferior con rizinas. Talo de color olivo a café o menos frecuentemente gris. Superficie inferior de color negro.....*Phaeophyscia*
- 24a. Rizinas divididas dicotómicamente. Talo gris o gris verdoso con lóbulos de 2 a 5 mm de ancho o más, reticulados o pustulados (visto a la lupa). Apotecios y picnidios, soledios o isidios presentes. Superficie inferior negra, en algunas especies puede ser café oscuro hacia el margen del talo. Corteza y médula varias reacciones. Más o menos adherida al sustrato.....*Hypotrachyna*
- 24b. Tomentoso o rizinas simples o ramificados no dicotómicamente divididos.....25
- 25a. Talo grande de más de 8 cm de ancho, lóbulos de entre (5)10-25 mm de ancho.....26
- 25b. Talo mediano de menos de 8 cm de ancho, gris o gris verdoso pálido, sin cilios; lóbulos de entre 2-3(5) mm de ancho, redondeados. Corteza inferior café oscuro a negro a excepción de la parte marginal que puede ser café pálido; rizinas dispersas, no ramificadas. Fuertemente adherido al sustrato. Apotecios lecanorinos, laminares escasos en la mayoría de las especies. Soralia laminar farinoso o granular.....*Canoparmelia*
- 26a. Superficie inferior con tomento.....27
- 26b. Superficie inferior sin tomento.....28
- 27a. Talo gris oscuro o café, lóbulos de (6) 10 a 25 mm de ancho, centrales y subrectos. Superficie inferior ecorticada, blanca, fibrosa o algodonosa, venas blancas, café claras o negras, rizinas largas, blancas a oscuras. Ascocarpos en forma de dedo de color café rojizo,

- producidos en la parte terminal de los lóbulos. Muy adherida al sustrato, sobre suelo.....*Peltigera*
- 27b. Talo café, café oscuro verde o verde amarillento, lóbulos de (2) 5-10 mm de ancho. Superficie inferior corticada, café pálida a café amarillenta, tomentosa y rizinada. Apotecios lecanorinos con discos café claro o rojo oscuro, producidos sobre la superficie o la parte marginal de los lóbulos.....*Lobaria*
- 28a. Corteza superior sin maculas. Talo gris pálido, gris verdoso con lóbulos anchos de hasta 25 mm; con apotecios y picnidios, isidios o soledios. Superficie inferior negra rizinada con una zona marginal de diferente color y con cilios. Corteza K+ amarillo; médula con diversas reacciones según la especie. Más o menos adherida al sustrato.....*Parmotrema*
- 28b. Corteza superior con maculas.....29
- 29a. Talo folioso gris o gris verdoso con lóbulos anchos de hasta 15 mm, con cilios marginales; maculas conspicuas que se presenta en un patrón reticulado en la corteza superior, a veces agrietado.....*Rimelia*
- 29b. Talo folioso gris o gris verdoso, lóbulos de 7- 15 mm ancho, con cilios a lo largo de los márgenes; maculas sobre la corteza superior dispersas aleatoriamente.....*Canomaculina*

LÍQUENES FRUTICOSOS

- 1a. Talo con ramas en forma de bandas planas, amarillo verdoso o verde, erecto o penduloso de 1 a 8 cm de largo, con apotecios, soledios o soralia. Corteza y médula K.....*Ramalina*
- 1b. Talo con las ramas de otra forma.....2
- 2a. Talo gris cafésoso o blancuzco, ramas pendientes o en forma de arbustos. Apotecios, corteza y/o medula C+ rojo.....*Rocella*
- 2b. Talo de otro color y diferente reacción.....3
- 3a. Talo con ramas huecas formando podecios, simples o ramificados que terminan en punta o en copas conspicuas o inconspicuas formadas por las ramificaciones del podecio, de 3 a 10 cm o más de alto. Escuámulas presentes en la base de los podecios y/o en el podecio. Corteza K+ amarillo, K+ amarillo que cambia a anaranjado o K-. Sobre cortezas, roca, musgo, humus o suelo*Cladonia*
- 3b. Talo con ramas solidas no huecas.....4

- 4a. Ramas circulares en sección transversal, con un cordón central, talo amarillo verdoso o verde, erecto o péndulo, desde 1 hasta 100 cm o más de longitud, con fibrillas laterales. Con apotecios rodeados de fibrillas, isidios, soledios o soralia, el talo reacciona de diferente manera a los reactivos ya que es un género muy diverso químicamente. Muy adherido al sustrato.....*Usnea*
- 4b. Ramas no circulares en sección transversal.....5
- 5a. Talo verde grisáceo, plateado, de 3 a 6 cm de longitud. Apotecios pequeños. Médula K+ amarillo. Más o menos adherido al sustrato.....*Stereocaulon*
- 5a. Talo anaranjado, de 3 a 6 cm de longitud. Con o sin apotecios. Corteza K+ morado. Más o menos adherido al sustrato.....*Teloschistes*

Anexo F. Constancia de ejecución de la Tesis



Universidad Nacional de Altiplano –
Puno
Facultad de Ciencia Biológicas



Constancia de Ejecución de Tesis

Por el presente doy fe que el señor Oskar Guillermo Villamar Valdivia, Bachiller de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Altiplano – Puno.

Ha realizado la ejecución de la tesis Titulada **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE EL INDICE DE PUREZA AMBIENTAL Y EL ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN EL LIQUEN *Xanthoparmelia sp. (Vain.) Hale EN LA CIUDAD DE PUNO*”** en el laboratorio de Ecología Acuática- 401 de la facultad de Ciencia Biológica.

Durante su permanencia el Bach. Oskar Guillermo Villamar Valdivia mostro gran dedicación, responsabilidad y espíritu de trabajo.

Se expide la presente constancia a fines del interesado.



Mg. Martha Elizabeth Aparicio Saavedra
Profesora Principal del Programa
de estudio de Ecología