

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**MENCION: ECOLOGÍA Y RECURSOS NATURALES**



**"EFECTOS DE *Lecidea* sp. (Liquenobionta) EN ELEMENTOS LITICOS DEL SECTOR DE BALUARTES-SAQSAWAMAN-CUSCO".**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**BACH. ESTHER PUMACCAHUA ROCCA.**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO  
EN CIENCIAS MENCIÓN: EN ECOLOGÍA Y  
RECURSOS NATURALES.**

**ASESORA:**

**MGT. MARÍA ENCARNACIÓN HOLGADO ROJAS**

**CUSCO-PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A nuestro padre creador, por estar presente en cada instante de mi vida y haberme regalado ese amor por la biología.

Con mucho agradecimiento y amor para mis padres Juan y Dora por su incansable apoyo.

A mis queridos hermanos Miguel, Edward, Juan José, Frida y Maritza.

Con mucho amor para mis queridas sobrinas Vanessa, Heydi Jazmín, Ángela, Pamela y Pierina, para que sigan por la senda de la investigación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ministerio de Cultura-Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco, Parque Arqueológico de Saqsaywaman y al Laboratorio Físico - Químico, Por las facilidades prestadas durante la realización de la tesis.

Mis más sincero agradecimiento al Dr. Alfonso Arestegui Pezua, por su apoyo en la elaboración de la presente tesis. (++)

Mi eterno agradecimiento a la Mgt. María Encarnación Holgado Rojas, por su apoyo incondicional en la culminación de la tesis.

Al Ing. Jorge Luis Gamarra Gamio por sus sugerencias y consejos en la aplicación de técnicas.

A la Qco. María Katia Carmona Ochoa, por los consejos y apoyo en todo momento.

# INDICE GENERAL

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	i
<b>Abstract</b> .....	ii
<b>Introducción</b> .....	iii
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b>	
1.1 Situación de la problemática .....	1
1.2 Formulación del problema objeto de investigación .....	1
1.3 Justificación .....	1
1.4 Objetivos .....	2
1.4.1 Objetivo general.....	2
1.4.2 Objetivos específicos.....	2
<b>II. MARCO TEORICO CONCEPTUAL</b>	
2.1 Bases teóricas	
2.1.1 Caracteres anatómicos de los líquenes. ....	3
2.1.2 Relación funcional entre micobiontes y ficobiontes. ....	3
2.1.3 Tipos de reproducción .....	4
2.1.4 Tipos de ascosporas de los líquenes.....	5
2.1.5 Órganos apendiculares de fijación.....	6
2.1.6 Estructuras de aireación .....	7
2.1.7 Fisiología .....	7
2.1.8 Sustancias liquénicas .....	7
2.1.9 Ecología de los líquenes .....	8
2.2 Marco conceptual	
2.2.1 Liquen. ....	8
2.2.2 Biotipos .....	8
2.2.3 Tipos de talos .....	10
2.2.4 Biodeterioro.....	11
2.2.5 Formas de deterioro .....	11
2.3 Antecedentes .....	12
<b>3. HIPOTESIS Y VARIABLES</b>	
3.1 Hipótesis general .....	21
3.2 Hipótesis específicas .....	21
3.3 Identificación de variables .....	21
3.4 Operacionalización de variables.....	22

#### 4. METODOLOGIA

4.1	Ámbito de estudio.....	23
4.2	Tipo y nivel de investigación .....	31
4.3	Unidad de análisis .....	31
4.4	Población de estudio .....	32
4.5	Tamaño de la muestra .....	32
4.6	Técnicas de recolección de muestra. ....	32
4.6.1	Recolección de muestras de líquenes en canteras .....	32
4.6.2	Caracterización morfológica de <i>Lecidea sp.</i> .....	33
4.6.2.1	Talo liquénico. ....	33
4.6.2.2	Aislamiento e identificación del fotobionte. ....	37
4.6.2.3	Morfológico de ascosporas. ....	38
4.6.3	Caracterización de los efectos de <i>Lecidea sp.</i> en fragmentos de líticos.....	40
4.6.4	Caracterización de los efectos de <i>Lecidea sp.</i> en elementos líticos del Sector de Baluartes.....	41

#### 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1	Caracterización morfológica de <i>Lecidea sp.</i> .....	42
5.1.1	Talo liquénico .....	42
5.1.2	Areolas de <i>Lecidea sp.</i> .....	44
5.1.3	Médula liquénica <i>Lecidea sp.</i> .....	45
5.1.4	Morfología del fotobionte liquenico. ....	46
5.1.5	Caracterización de los apotecios del liquen <i>Lecidea sp.</i> .....	47
5.1.5.1	Desarrollo de los apotecios .....	47
5.1.6	Morfología de las ascosporas de <i>Lecidea sp.</i> .....	49
5.1.7	Histológicas de <i>Lecidea sp.</i> .....	50
5.2	Efectos de <i>Lecidea sp.</i> en la interfase liquen – lítico en fragmentos de canteras.	
5.2.1	Fase de crecimiento o expansión del talo de <i>Lecidea sp.</i> .....	52
5.2.1	Fase de formación de apotecios. ....	53
5.2.3	Fase de finalización de desarrollo de apotecios de <i>Lecidea sp.</i> .....	54

	Pág.
<b>5.3 Efectos generados por <i>Lecidea sp.</i> en elementos líticos del sector de Baluartes.....</b>	<b>56</b>
5.3.1 Formación de patina por colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Sector de Baluartes .....	56
5.3.2 Alteraciones en elementos líticos del Sector Baluartes por la colonización <i>Lecidea sp.</i> .....	60
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>68</b>
 <b>ANEXOS</b>	
1. Resultado de análisis químico - físicos. ....	76
2. Resultados de la determinación del pH de <i>Lecidea sp.</i> .....	76
3. Glosario. ....	77
4. Datos climáticos de las tempera y precipitaciones de la ciudad del Cusco periodo del 2003 al 2013.....	79
5. Registro fotográfico de los trabajos de campo y laboratorio. ....	81
6. Plano de ubicación de los efectos generados por <i>Lecidea sp.</i> en elementos líticos de los paramentos del Sector de Baluartes.....	83

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables.....	22
<b>Tabla 2.</b> Lista de la flora registrada en el sector de Baluartes. ....	26
<b>Tabla 3.</b> Lista de las aves observadas en el sector Baluartes. ....	28
<b>Tabla 4.</b> Oscilaciones de las temperaturas máximas y mínimas del 2012-PAS.....	29
<b>Tabla 5.</b> Registro de precipitación para el año 2012. ....	30
<b>Tabla 6.</b> Registro de la velocidad y dirección del viento en el año 2012. ....	30
<b>Tabla 7.</b> Tratamiento estadístico del tamaño de las areolas de <i>Lecidea sp.</i> ....	45
<b>Tabla 8.</b> Resultado del tratamiento estadístico para <i>Trebouxia</i> .. ....	46
<b>Tabla 9.</b> Resultado del tratamiento estadístico para apotecios de <i>Lecidea sp.</i> ....	47
<b>Tabla 10.</b> Resultado del tratamiento estadístico de ascosporas de <i>Lecidea sp.</i> ....	50
<b>Tabla 11.</b> Mediciones del deterioro en fase de inicio de colonización de <i>Lecidea sp.</i> ....	52
<b>Tabla 12.</b> Mediciones del deterioro del lítico durante la formación de apotecios.....	53
<b>Tabla 13.</b> Mediciones del deterioro del lítico durante la finalización del desarrollo de los apotecios .....	54
<b>Tabla 14.</b> Tratamiento estadístico de las alvealizaciones generadas por <i>Lecidea sp.</i> en la superficie del lítico.....	55
<b>Tabla 15:</b> Puntos de evaluación de los efectos generados en el Sector de Baluartes....	61
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de paramentos del Sector de Baluartes colonizadas por <i>Lecidea sp.</i> y tipo de deterioro .....	62

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Estructura del talo de <i>Lecidea sp.</i> .....	42
<b>Figura 2.</b> Corte transversal del talo que muestra el proceso de crecimiento según sus estadios de desarrollo .....	43
<b>Figura 3.</b> Proceso de desarrollo del <i>Lecidea sp.</i> en vista superficial.....	44
<b>Figura 4.</b> Vista frontal y corte vertical de <i>Lecidea sp.</i> .....	45
<b>Figura 5.</b> Capa algal y fotobionte de Trebouxia. ....	46
<b>Figura 6.</b> Desarrollo de apotecio en corte vertical .....	49
<b>Figura 7.</b> Corte histológico del liquen que muestra las ascas y ascospora de <i>Lecidea sp.</i> .....	50
<b>Figura 8.</b> Corte histológico de <i>Lecidea sp.</i> .....	51
<b>Figura 9.</b> Inicios de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en fase expansión. ....	52
<b>Figura 10.</b> Corte vertical de lítico colonizado por <i>Lecidea sp.</i> con apotecios en formación .....	53
<b>Figura 11.</b> Corte vertical del lítico colonizado por <i>Lecidea sp.</i> mostrando apotecios maduros. ....	54
<b>Figura 12.</b> Deterioro del lítico en la fase final de desarrollo del apotecio.....	55
<b>Figura 13.</b> Colonización de <i>Lecidea sp.</i> en elementos líticos del Sector de Baluartes.....	56
<b>Figura 14.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Tramo 3 – Nivel 1. ....	57
<b>Figura 15.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Tramo 8 – Nivel 1. ....	57
<b>Figura 16.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Tramo 16 – Nivel 1.....	57
<b>Figura 17.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Tramo 2 – Nivel 2. ....	58
<b>Figura 18.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Tramo 17 – Nivel 2. ....	58

<b>Figura 19.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Tramo 18 – Nivel 2. .....	58
<b>Figura 20.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Tramo 19 – Nivel 2. .....	58
<b>Figura 21.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Tramo 11 – Nivel 3. .....	59
<b>Figura 22.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> el Tramo 14 – Nivel 3. .....	59
<b>Figura 23.</b> Mapeo de la colonización de <i>Lecidea sp.</i> en el Tramo 15 – Nivel 3. .....	59

## RESUMEN

La presente investigación se realizó entre los años 2013 a 2014 en el Sector de Baluartes también conocido como andenes Illapa, ubicada en el sitio arqueológico de Saqsaywaman-Cusco, teniendo como objetivo determinar los efectos que genera la colonización del líquen *Lecidea sp.* sobre los elementos líticos de caliza de los imponentes muros ciclópeos.

La investigación tuvo tres fases: La primera estudio la morfología de *Lecidea sp.*, la segunda consistió en el estudio de la interacción entre líquen y el elemento lítico en muestras de canteras y la tercera consistió en determinar la alteración causado por *Lecidea sp.*, en elementos líticos de los paramentos del Sector Baluartes, utilizando microscopio óptico con aumento de 200 a 1000x, estéreo microscopio y microscopio portátil.

El análisis morfológico de *Lecidea sp.*, permitió conocer que este posee talos endolíticos heterómeros, crustáceos, areolados, color blanco; constituido por hifas entremezcladas, apotecios hundidos en las areolas, sus diámetros varían entre 0,5 a 1.8 mm., el fotobionte constituido por algas verdes del género *Trebouxia* y 8 ascosporas por asca.

Al examinar los fragmentos de muestras de líticos colonizadas por *Lecidea sp.*, procedentes de canteras se determinó que estas generan deterioro observándose la formación de callos, corrosión superficial y alveolización. Finalmente, las alteraciones generados por *Lecidea sp.* a nivel macroscópico en los elementos líticos que conforman los muros del sector Baluartes es la formación de pátinas de color blanco, que cubren áreas desde un centímetro hasta dos metros. Mientras que a nivel microscópico se determinó que en los 57 puntos de evaluación en el sector Baluartes, 89.3 % de los paramentos se encuentran en proceso de formación de callos y corrosión superficial y el 10.7 % se hallan con alveolizaciones.

**Palabras claves:** Líquen, interfase líquen lítico y deterioro.

## SUMMARY

The present investigation was carried out between 2013 and 2014 in the Baluartes sector, also known as Illapa platforms, located in the archaeological site of Saqsaywaman-Cusco, with the objective of determining the effects generated by the colonization of the lichen of the *Lecidea sp.* on the elements limestone lithics of the imposing cyclopean walls.

The investigation had three phases: The first study the morphology of *Lecidea sp.*, the second consisted in the study of the interaction between lichen and the lytic element in quarry samples and the third consisted in determining the alteration caused by *Lecidea sp.*, in lithic elements of the Paraments of the Baluartes Sector, using optical microscope with 200 to 1000x magnification, stereo microscope and portable microscope.

The morphological analysis of *Lecidea sp.*, allowed to know that this possesses endolithic talo heteromors, crustaceans, areolados, white color; constituted by interspersed hyphae, apothecia sunk in the areolas, their diameters vary between 0.5 to 1.8 mm, the photobiont constituted by green algae of the genus *Trebouxia* and 8 ascospores per asca.

When examining the fragments of lithic samples colonized by *Lecidea sp.*, from quarries it was determined that these generate biodeterioration, observing the formation of calluses, superficial corrosion and alveolization. Finally, the alterations generated by *Lecidea sp.* at the macroscopic level in the lithic elements that make up the walls of the Baluartes sector, is the formation of white patinas, which cover areas from one centimeter to two meters. While at a microscopic level it was determined that in the 57 evaluation points in the Baluartes sector, 89.3% of the paraments are in the process of forming calluses and superficial corrosion and 10.7% are found with alveolizations.

Keywords: Lichen, lichen lichen interface and biodeterioration.

## INTRODUCCIÓN

La ciudad del Cusco es conocida por sus innumerables sitios arqueológicos de construcción pre inca e inca, las mismas que en su mayoría fueron edificados en base a elementos líticos de diferente naturaleza. Uno de los sitios arqueológicos más importantes, es Saqsaywaman en el que se ubica el Sector de Baluartes conocido como “andenes Illapa”, cuyas estructuras arquitectónicas vienen siendo colonizados por líquenes, resaltando la presencia *Lecidea sp.*, que a simple vista causa un impacto visual, desconociéndose los efectos que genera en la interfase liquen-lítico. Además las investigaciones; indican que en la interfase líquen y substrato rocoso existe desgaste de las capas superficiales por procesos físicos y químicos; los que se reflejan en la ruptura mecánica de las rocas causada por la penetración de las hifas, la expansión y contracción del talo del liquen y efectos químicos por la excreción de varios ácidos orgánicos que pueden disolver los minerales (Chen *et al.*, 2000).

La presente investigación se desarrolló durante los años 2013 a 2014, para lo cual se empleó métodos descriptivos macroscópicos y microscópicos en campo y gabinete con la finalidad de conocer los fenómenos que se suscitan entre la interfase liquen-lítico por la colonización del liquen *Lecidea sp.* y por consiguiente determinado el grado de deterioro generado en los elementos líticos del Sector de Baluartes. Resultados que servirán de base para tomar las medidas preventivas en la protección y preservación de las construcciones prehispánicas de la región del Sector de Baluartes.

# I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

## 1.1 Situación de la problemática

La región de Cusco posee innumerables sitios arqueológicos cuyas estructuras arquitectónicas están construidas en su mayoría por elementos líticos; que están siendo colonizadas por componentes bióticos (flora y fauna) que deterioran y desestabilizan. El Parque Arqueológico de Saqsaywaman presenta estructuras arquitectónicas colonizadas por agentes bióticos, particularmente el líquen *Lecidea sp.* que hace notoria su presencia por la pátina de color blanco y las grandes áreas que abarca en los paramentos de las tres terrazas, causando un evidente impacto visual-estético. Sumado a esta problemática; el hecho de desconocer los efectos generados por este líquen en los elementos líticos de caliza, lo que dificulta cualquier intervención ya sea preventiva y protección.

## 1.2 Formulación del problema objeto de investigación

Con el presente estudio se pretende responder a las interrogantes de:

### a. Problema general

¿Qué efectos causa la colonización del líquen *Lecidea sp.* en los líticos de los paramentos del Sector Baluartes o andenes Illapa?

### b. Problema específico

¿Qué características morfológicas presenta *Lecidea sp.*?

¿Qué efectos genera en la interfase líquen-lítico?

¿Qué efectos genera *Lecidea sp.* sobre los elementos líticos de los paramentos de los andenes Illapa?

## 1.3 Justificación

El líquen crustáceo *Lecidea sp.* se encuentra colonizando gran parte de los elementos líticos de los paramentos del Sector de Baluartes-Saqsaywaman generando alteración cromática en los elementos líticos tornándose de color blanco, causando un impacto visual negativo en la estructura arquitectónica. Sumado a esta problemática se desconoce los efectos que genera en la interfase líquen - lítico; así mismo se desconoce las causas del incremento de la colonización de este agente biótico. Motivo por el cual,

el presente estudio es de vital importancia investigar para conocer la morfología y los efectos generados sobre los líticos que coloniza.

Los resultados de esta investigación permitirán tomar medidas de prevención para la protección y preservación de las estructuras arquitectónicas del sector Baluartes o andenes Illapa; considerado un sitio arqueológico importante del Perú después de Machupicchu por su singular arquitectura y valoración histórica.

#### **1.4 Objetivos**

##### **a. Objetivo general**

Determinar los efectos que genera *Lecidea sp.* sobre los elementos líticos de caliza de las estructuras arquitectónicas del Sector de Baluartes-Saqsaywaman Cusco.

##### **b. Objetivos específicos**

1. Caracterizar morfológicamente a *Lecidea sp.*
2. Determinar los efectos que produce *Lecidea sp.* en la interface liquen-lítico en muestras de canteras.
3. Determinar los efectos que produce *Lecidea sp.* en elementos líticos de las estructuras arquitectónicas del Sector de Baluartes-Saqsaywaman Cusco.

## II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 2.1 BASES TEORICAS

#### 2.1.1 Caracteres anatómicos de los líquenes.

Las características anatómicas según Chaparro de Valencia, 2002 son:

**Plecténquima:** Son “falsos tejidos” formados por el micobionte mediante entrelazamientos, anastomosis y ramificación de las hifas y el hinchamiento de sus paredes.

1. **Paraplecténquima (=Pseudoparénquima):** organizado regularmente, tiene células isodiamétricas, bastante unidas entre sí, donde no es posible reconocer hifas individualizadas. Sirven de sostén (confinadas al córtex).

2. **Prosoplecténquima (=Pseudocolénquima):** ordenado irregularmente, tiene células alargadas, paredes muy gelatinizadas y fusionadas en forma paralela. Soporte básico del talo liquénico, está en la médula.

#### 2.1.2 Relación funcional entre micobiontes y ficobiontes

Los micobiontes son el soporte físico de la estructura liquénica, dando forma y cuerpo al líquen. En el interior de los talos se alojan las algas, generalmente acuáticas, y capaces de colonizar el medio terrestre gracias a este tipo de soporte. Proporciona, entre otros, protección contra la radiación solar y contra la desecación

Los fotobiontes (o ficobiontes) pueden pertenecer sólo a 37 géneros de algas (frente a 37 órdenes en hongos), pudiendo ser cianobacterias (Cyanophyta) o algas verdes (Chlorophyceae).

Entre las cyanofitas se encuentran en general formas filamentosas. Se trata de las algas que más frecuentemente se encuentran en líquenes. Es muy común encontrar ficobiontes del género *Nostoc*, con filamentos arrosariados, y que pueden presentar heterocistes (p.e. en *Collema*).

En la clase de las clorofíceas se encuentran formas unicelulares, como el ficobionte *Trebouxia* en los líquenes del género *Parmelia*. También pueden encontrarse casos de algas filamentosas como *Trentepohlia*, alga verde con muchos carotenos, adaptada al medio terrestre (en troncos de árboles), que además liqueniza con los líquenes del género *Graphis*.

Los fotobiontes aportan, mediante fotosíntesis, carbonos reducidos y azúcares que serán el sustrato del metabolismo del micobionte. Por otro lado también aportan nitrógeno fijado de la atmósfera; por ejemplo esta es la función de los heterocistes de Nostoc (Barreno y Pérez, 2003).

### **2.1.3 Tipos de reproducción.**

#### **2.1.3.1 Reproducción asexual o vegetativa (Barreno y Pérez, 2003).**

- **Soralios:** son aberturas farináceas delimitadas en la superficie del talo por donde se liberan los **soredios** (diásporas vegetativas). Estos son unos corpúsculos que constan de células del ficobionte e hifas del micobionte (50-100  $\mu\text{m}$ ). Los soralios forman como masas pulverulentas en la superficie talina. Se originan a partir del estrato algal. Generalmente los líquenes con soralios no desarrollan ascocarpos.
- **Isidios:** son pequeñas excrecencias talinas de la corteza superior de morfología variada (coraloide, escamosa o verrucosa), generalmente erguidas, en su interior se encuentran hifas y algas entremezcladas (0.3-1 mm). Éstos se liberan mediante una acción mecánica y actúan como propágulos. Ambos, soredios e isidios son especialmente comunes en los talos foliáceos y fruticulosos
- **Picnidios:** son órganos pequeños, esféricos o en forma de botellas generalmente dentro del talo. Su poro apical y parte de su estructura se observan como puntos oscuros en la superficie del talo. En su interior se producen los conidios, que se forman a partir de hifas especializadas, llamadas conidióforos. Son ascosporas asexuadas

#### **2.1.3.2 Reproducción sexual:**

Según Barreno y Perez (2003) es realizada solamente por el micobionte y son las mismas que en los hongos no liquenizados. A diferencia de los hongos no liquenizados, los cuerpos fructíferos (escomas) de los líquenes son perennes. Si las ascosporas liberadas por el micobionte se depositan sobre un medio favorable germinarán y al contactar con células del ficobionte correspondiente formarán el talo liquénico. Por el contrario, si estas hifas no contactan con células del alga correspondiente, morirán, ya que no viven de manera libre.

Los tipos de escomas más frecuentes son: peritecio, apotecios y lirelas. Los apotecios pueden tener formas planas, redondas o elongadas, de copa o taza.

**a. Apotecios:** tienen la forma de una copa abierta con el tecio (capa esporógena) formando una superficie expuesta. Un **apotecio** típico está formado por un epitecio, himenio, hipotecio, excípulo y córtex. Los líquenes con apotecios discoides se denominan gimnocárpicos.

- **Apotecios lecideinos:** constituidos solo por tejidos fungosos, caracterizados por la presencia de un margen propio de igual color del disco y sin margen talino. Su estructura está conformada por: **Epitecio** (capa que se encuentra por encima de las ascas, rica en pigmentos y/o cristales), **asca** (estructura en forma de saco que contiene ascosporas endógenas de origen sexual y es propia de los *Ascoyctes*), **parafisis** (hifas especializadas del hamatecio o himeneo que son estériles, están unidas a la base, se disponen anticlinalmente y crecen entre las ascas sirven para mantener erguidas a las ascas) y **anfitecio** (borde que rodea al disco de algunos apotecios y que contiene células del mismo fotobionte que el mismo talo).
- **Apotecios lecanorinos:** presentan en los bordes una capa talina provistas de algas. Se destaca el margen talino de color blanco.
- **Lirelas:** presentan el himenio en forma alargada, si crecimiento lateral. Común en Graphidaceae.
- **Peritecios:** son estructuras inmersas en el talo, más o menos esféricas, que poseen un poro central en el ápice llamado ostiolo a través del cual se liberan las ascosporas. Una forma similar pero sin himenio son los Pseudotecios.

#### **b. Estructura de elevación**

- **Podecio:** es una modificación en el pedúnculo del apotecio, el cual se alarga notablemente y es característico de Cladoniáceas. Muchas veces está cubierto de tejido asimilador del talo, formando una estructura erguida, infundibuliforme e incluso ramificada.

#### **2.1.4 Tipos de ascosporas de los líquenes.**

Las ascosporas se encuentran en los ascos generalmente en número de 8. Pueden ser simples o diversamente tabicadas siendo de importancia taxonómica.

#### **2.1.5 Órganos apendiculares de fijación.**

Las estructuras formadas por el micobionte (ausentes en líquenes crustáceos) que sirven para sujetar el talo al sustrato. En ocasiones, estos órganos pueden surgir en la cara superior o en el margen de los talos, según Barreno (2003) pueden ser:

- **Rizines o ricinas:** conjunto de hifas, de coloración oscura, originado a partir de la corteza inferior o de la médula. Varían en longitud (larga o corta), en número (poco o numeroso), en distribución (esparcida o agrupada) y en ramificación (simple o dicotómica). Permite, además de la sujeción al sustrato, retener agua por fuera del talo, al igual que la corteza inferior.
- **Cordones de ricinas:** hifas ramificadas que se introducen profundamente en el sustrato, comportándose a modo de estolón. Son frecuentes en los terrícolas o fisurículas.
- **Disco de fijación:** hifas medulares aglutinadas provenientes del eje del talo que penetran en el sustrato. Se da en líquenes fruticosos como *Usnea*, *Ramalina* y *Teloschistes*.
- **Tomento:** hifas a manera de pelos más o menos finos, libre y simples que cubren la corteza superior de algunas especies de *Peltigera* y la inferior de *Lobaria* y *Sticta* (Chaparro de Valencia, 2002). Otorgan aspecto aterciopelado.
- **Venas:** pliegues de la corteza inferior que fijan el talo al sustrato. Pueden ser coloreadas o no. Típicas del género *Peltigera*.
- **Omblico (talo umbilicado):** es un cordón que parte de la región central de la cara inferior. Similares al disco basal de fijación pero más grueso (Barreno, 2003). Ej: *Umbilicaria*.
- **Cilios** (Chaparro de Valencia, 2002): se originan en el margen del talo o en la cara superior, de apariencia similar a las rizinas. Estos son libres y generalmente no son ramificados; su función es la de retener gotas de agua que absorben gradualmente. Ejemplo: *Parmotrema*.
- **Fibrillas:** estructuras parecidas a los cilios (pero que contienen algas, por lo tanto su función es mas de asimilación) que se presentan en *Usnea*. (Chaparro de Valencia, 2002).

#### 2.1.6 Estructuras de aireación

- **Cilios:** apéndices semejantes a pelos, se encuentran en el margen de los lóbulos talinos o en el borde de los apotecios. Raramente hay cilios en la cara superior del talo.
- **Cifelas:** exclusiva del género *Sticta*, están representadas como excavaciones en la cara inferior del talo con anatomía compleja y un córtex especial.

- **Pseudocifelas:** son interrupciones del córtex por la proliferación de hifas medulares, pueden estar en ambas caras del talo y no poseen un córtex que delimita el poro. Son hidrófobas.

### 2.1.7 Fisiología

Los líquenes tienen una alta tolerancia a circunstancias ambientales desfavorables. En momentos de desecación ya sea por el sol o por el viento suspenden su actividad, la cual inician nuevamente al recobrar el agua por medio de la lluvia o del rocío que absorben como si fuera papel toalla; ya que no poseen un órgano especializado para esta función. Esta forma de vida intermitente limita su crecimiento, pero les permite vivir en lugares donde difícilmente podría desarrollarse una planta. La falta de competencia y la ausencia casi total de depredadores, ha compensado su lento crecimiento, permitiendo a los líquenes diversificarse y colonizar diversos territorios en el planeta (Durán, 1997).

### 2.1.8 Las sustancias liquénicas

Son metabolitos secundarios exclusivos de líquenes, entre ellos se incluyen ácidos grasos alifáticos ; ácidos débiles con anillos fenolíticos, derivados de las series del orcinol y del  $\beta$ -orcinol; paradepsidos, metadepsidos, depsidonas, depsonas; ésteres bencílicos, dibenzofuranos, ácidos usnicos, xantonas, antraquinonas, terpenoides y derivados del ácido pulvínico.

Existen dos vías principales de síntesis de estos compuestos: la del ácido shikimico y la del acetato polimalanato, siendo esta ultima la más utilizada. Estas sustancias constituyen caracteres de primer orden en la taxonomía actual de los líquenes, la mayoría se acumula en la zona externa de la pared de las hifas, medula, capa de fotobionte o el cortex, nunca en la capa del fotobionte. Algunas de las sustancias liquénicas más comunes y conocidas son: en el cortex : atranorina, parietina, los ácidos usnicos, vulpinico, y rizocarpio, algunas liquenxantonas; en la medula los ácidos: lecanorico, giroforico, fumarprotocetrarico, protocetrarico, norestíctico, estictico, psoromico, salazinico, rododcladonico, tamnólico, barbatico, escuamatico, etc. Ciertas sustancias se encuentran preferentemente en el córtex y en el epitelio, como es el caso de las cinco primeras (Barreno y Pérez, 2003).

### **2.1.9 Ecología de los líquenes**

La naturaleza del sustrato determina la distribución y crecimiento de los líquenes. Se puede afirmar que crecen sobre cualquier superficie bien iluminada, como las rocas, las cortezas de los árboles o el suelo. Aunque no son exigentes con la humedad y la temperatura sí son muy específicos del sustrato en que se desarrollan. Los líquenes que crecen sobre los árboles no son los mismos que viven sobre las rocas y aún son distintos aquellos que crecen sobre rocas silíceas o sobre rocas calcáreas (Durán, 1997).

Hay líquenes que prefieren sustratos ricos en nitrógeno y viven en áreas frecuentadas por el hombre. La capacidad de absorber y acumular diversas sustancias presentes en el ambiente ocasiona que la mayoría de los líquenes no toleren la contaminación. La acumulación de estas sustancias y su imposibilidad de excretarlas, retardan su crecimiento, dificultan su reproducción y pueden provocarles su muerte. De esta forma los líquenes se consideran indicadores naturales o bioindicadores de la contaminación atmosférica (Durán, 1997).

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1 Liquen

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

### 2.2.2 Biotipos

Llamadas también formas biológicas o formas de crecimiento, están relacionadas con la fisiología y, por tanto, representan adaptaciones al hábitat que ocupan (Barreno y Pérez, 2003). Tradicionalmente se reconocen estos tipos principales:

- **Foliáceos:** son laminares, lobulados y con simetría dorsiventral. Presentan talo heterómero. Están parcialmente adheridos al sustrato, por lo que se les puede separar de él sin destruirlos.
- **Fruticoso:** presentan formas de pequeños arbustos, son erectos o colgantes y con simetría radial, a veces dorsiventral. El tamaño es muy variado: desde menos de 1 cm, pequeños arbustos, hasta los que tienen varios metros de largo y dependen de la humedad relativa del aire para su hidratación (Barreno, 2003). Son heterómeros con simetría radial, macizos o huecos (talo cilíndrico) o heterómeros con simetría dorsiventral (talo aplanado), (Chaparro de Valencia, 2002).
- **Crustáceo:** estos carecen de córtex inferior y están en estrecho contacto con el sustrato, por lo que son difíciles de separarlos de él. Presentan talo homómero. El talo de la mayoría de estos líquenes está constituido de pequeñas escamas denominadas **areolas**.

Placodiomorfo: Costra de margen figurado (completamente delimitado) (*Squamarina lentigera*).

Areolado: Costra constituida por diversas areolas independientes (*Rhizocarpon geograficum*).

Rimoso: Costra resquebrajada por múltiples surcos, con aspecto de arcilla seca (*Aspicilia*).

Leprarioide: Costra cuya superficie es de aspecto pulverulento (*Lepraria*).

Epifleódico: Crece sobre la superficie de ramas de árboles (*Pertusaria albescens*).

Endofleódico: Crece por debajo de la corteza de los árboles, en las zonas que se están desescamando (*Graphis scripta*).

Epilítico: Crece sobre las rocas (*Rhizocarpon geograficum*).

Endolítico: Crece en el interior de la roca, por debajo de su superficie (*Verrucaria marmórea*).

**Gelatinoso:** el ficobionte es el responsable de la forma y consistencia. El alga es en general verde-azulada. Tienen un talo homómero, con córtex (*Leptogium*) o sin córtex (*Collema*). Son rígidos y frágiles cuando están secos. La morfología es muy variada, desde crustáceos hasta fruticulosos (Barreno y Pérez, 2003).

Pueden absorber de 20 a 30 veces su peso en agua y la coloración en estado húmedo va de verde oliva hasta gamas de gris (Chaparro de Valencia, 2002).

- **Talos dimórficos:** están constituidos por un talo horizontal (**talo primario**) adherido al sustrato y otro vertical que lleva los cuerpos fructíferos (**talo secundario o podecio**). El talo horizontal puede ser **crustáceo** (*Dibaeis baeomyces*) o **folioso** (*Cladonia*). Algunas veces, en estado adulto, solo se conserva la parte vertical o talo secundario porque el talo primario es fugaz, como en *Cladina* (Chaparro de Valencia, 2002).

### 2.2.3 Tipos de talos

#### a. Talo homómero:

Las algas y las hifas están distribuidas uniformemente, se da en general en los líquenes gelatinosos. Permite rápida absorción de agua que proporciona anoxia a las bacterias y favorece la acción de la enzima nitrogenasa rompiendo el triple enlace del N atmosférico ( $N \equiv N$ ). Talo homómero: esquema y corte longitudinal visto con microscopio óptico (*Leptogium* sp).

#### b. Talo heterómero:

Presentan una estratificación dividida en:

- **Córtex superior:** es una capa fúngica que puede ser de espesor variable y puede acumular algunas sustancias, como el ácido úsnico, la atranotina o la parietina, relacionados con la protección del hongo liquenizado. También pigmentos coloreados en las paredes de las hifas.

- **Capa algal:** es la porción donde ocurre el contacto físico entre los dos biontes. En esta capa el ficobionte se divide mitóticamente por aplanosporas (alga verde) u hormogonios o heterocistes (cianobacteria) (Chaparro de Valencia, 2002).
- La **médula:** es la capa fúngica que ocupa el mayor volumen del talo, también acumula sustancias liquénicas. Posee espacios que permiten la aireación del talo y es hidrófoba, de modo que en épocas de lluvia el interior del talo puede permanecer seco, permitiendo la circulación de aire, solo en algunos casos el cilindro central conduce agua por capilaridad.
- **Córtex inferior** (puede estar ausente): se encuentra en la mayor parte de los líquenes foliáceos (*Parmelia*). Posee una anatomía similar a la del córtex superior, pero las hifas generalmente tienen un papel importante en la retención capilar de agua extratalina.

#### 2.2.4 Biodeterioro

El **biodeterioro** del Patrimonio Cultural se entiende como una alteración irreversible de los materiales que lo constituyen, debido a la actividad metabólica de una o más poblaciones de microorganismos u organismos vivos pertenecientes a distintos grupos sistemáticos (Allsop et al ,2004).

#### 2.2.5 Formas de deterioro

- **Alveolización:** La alveolización es un fenómeno alterológico caracterizado por la formación y desarrollo de cavidades de diferentes tamaños y morfologías, llamados alveolos, en el seno de las rocas; dicho fenómeno comporta una disgregación superficial del material grano a grano (Pancorbo, 2010).
- **Erosión superficial:** Son pérdidas de material rocoso centrados fundamentalmente en la superficie expuesta.
- **Callos:** Se forman por la expansión-contracción del talo y dan lugar a la formación de separaciones superficiales paralelas a la superficie de la roca (Álvarez de Buergo,2007).
- **Patina:** Se entiende por patina a la cubierta fina formada en la superficie de la piedra, por el paso del tiempo, resultado de procesos naturales y de la intervención del hombre. Las patina biogenicas son películas superficiales (organismos vivos) que cubren la superficie de las rocas (Pancorbo, 2010).

## **2.2 Antecedentes.**

### **A nivel regional y nacional**

Al revisar trabajos de investigación, en las bibliotecas de nuestro medio local relacionados al tema, se ha constatado que no existen trabajos de esta naturaleza. Por lo que se tomó como referencia trabajos que se realizaron en otros países.

### **A nivel internacional**

**ADAMO et al (1993).** En su artículo titulado *“The weathering of mafic rocks by lichens”* mencionan que la adhesión íntima de los talos del líquen a la superficie de la roca y la penetración de hifas en áreas menos accesibles provocan una desagregación física y la fragmentación de la superficie del mineral. La meteorización química se debe esencialmente a la excreción de ácidos orgánicos secretado por el micobionte.

**ASCASO Y WIERZCHOS (1994).** En su estudio *“Nuevas aplicaciones de las técnicas submicroscópicas en el estudio del biodeterioro producido por talos líquénicos”*, manifiesta que las aproximaciones que se han hecho al estudio del efecto de los líquenes sobre el sustrato rocoso han sido muy numerosas. Las primeras técnicas utilizadas para conocer qué tipo de biodeterioro producen los talos líquenicos fueron las observaciones con microscopio óptico. Las técnicas microquímicas tales como Difracción de Rayos X y Espectroscopia de Infrarrojos posibilitaron el conocimiento de la composición mineral de la parte del sustrato que está en contacto con el líquen y se denomina interfase. Más recientemente, la microscopía electrónica de barrido condujo a observaciones sobre la relación existente entre las hifas de la parte inferior del talo y la topografía de la parte superficial de la roca. Con esta técnica se puede hacer un seguimiento de las fisuras bajo el talo líquénico, observar los elementos de naturaleza biológica presentes en las células y conocer la morfología celular de los organismos causantes del biodeterioro para considerar la eficacia de tratamientos con biocidas.

**PRIETO et al. (1995).** En su estudio *“Colonization by lichens of granite churches in Galicia (northwest Spain)”*, definen que el deterioro físico causado por líquenes primeramente producen la penetración hifal a través de los huecos e intergranular las

cuales pueden llegar tan profundo como 0,5cm, lo que contribuye a la disgregación de la roca.

**CHEN *et al* (2000).** En su estudio denominado *“Weathering of rocks induced by lichen colonization”*, señalan que la evidencia presentada por numerosas investigaciones de la interfase entre los líquenes y sus substratos rocosos sugiere fuertemente que el desgaste de los minerales puede ser acelerado por el crecimiento de al menos algunas especies de liquen. Los efectos de los líquenes en sus sustratos minerales pueden atribuirse a procesos tanto físicos como químicos.

Los efectos físicos se reflejan en la ruptura mecánica de las rocas causada por la penetración de las hifas, la expansión y contracción del talo del liquen, la acción de hinchamiento de las sales orgánicas e inorgánicas originadas en la actividad del liquen. Los líquenes también tienen un impacto significativo en el desgaste químico de las rocas por la excreción de varios ácidos orgánicos, particularmente el ácido oxálico, que puede disolver efectivamente los minerales y quelar los cationes metálicos. Como resultado de la meteorización inducida por los líquenes, muchos minerales que forman rocas exhiben una corrosión superficial extensa. La precipitación de óxidos de hierro mal ordenados y geles amorfos de aluminio-sílice, la neoformación de oxalatos metálicos cristalinos y minerales arcillosos secundarios han sido frecuentemente identificados en una variedad de rocas colonizadas por líquenes en la naturaleza.

**DE LOS RIOS *et al* (2005).** En su trabajo de investigación titulado *“Ecology of endolithic lichens colonizing granite in continental Antarctica”*, reportan que las células simbiotes de varios líquenes endolíticos que colonizan el granito en La Antártida continental y las relaciones que tienen con el entorno abiótico las que fueron analizadas in situ, con el fin de caracterizar los microecosistemas que integran estos líquenes, desde un punto de vista microecológico. Las células de micobionte y fotobionte, se observaron distribuidas a través de las fisuras del granito. El hecho de que sustancias extracelular poliméricas se observaron comúnmente cerca de estas células y las características de estos compuestos, sugieren un cierto papel protector para estas sustancias contra el medio ambiente. La alteración de minerales de roca y la síntesis de biominerales en la proximidad de estos los líquenes dan lugar a diferentes microambientes químicos.

**ROSATO (2006).** En su trabajo titulado "*Diversity and distribution of lichens on mortar and concrete in Buenos Aires province, Argentina*", menciona que los líquenes pueden afectar edificios y monumentos causando un impacto estético negativo, como también ocasionar deterioro por procesos mecánicos y químicos, realizado en diferentes localidades de Buenos Aires -Argentina , hallándose 33 especies creciendo sobre morteros y hormigones , identificándose por medio de estudios morfológicos y químicos. Se registró una alta proporción de líquenes foliosos. Algunas especies solo se conocían que habitaban en cortezas de árboles, pero en la actualidad fueron encontrados colonizando materiales de cemento y otros tipos de rocas.

**DE LOS RÍOS *et al* (2008).** En su estudio titulado "*Deteriorating effects of lichen and microbial colonization of carbonate building rocks in the Romanesque churches of Segovia (Spain)*", analizaron muestras de rocas de dolomitas y calizas con signos visibles de biodeterioro tomados de las superficies de las paredes exteriores de cuatro Iglesias románicas en Segovia (España): San Lorenzo, San Martín, San Millán y La Vera Cruz. Las biopelículas que se desarrollan en el sustrato lítico se analizaron mediante el escaneo por microscopía electrónica. Luego se obtuvieron cultivos de estas rocas carbonatadas y se caracterizaron por secuenciación ITS (espaciadores transcritos internos). A través del microscopio electrónico de barrido en retrodispersión modo de electrones, se observaron hongos (liquenizados y no liquenizados) como los más frecuentes microorganismos que ocurren en sitios que muestran signos de biodeterioro. Los procesos de colonización fueron condicionados especialmente por las características de porosidad de la piedra utilizada en estos edificios. Mientras en dolomitas, los microorganismos ocuparon principalmente espacios que comprenden porosidad intercrystalina de la roca, en calizas dolomitizadas bioclásticas, la colonización por hongos parecía estar más asociado con la porosidad de la moldura. Las biopelículas microbianas hacen un contacto cercano con el sustrato, y por lo tanto probablemente causa un deterioro significativo de la base materiales.

Las observaciones sobre las biopelículas obtenidas de las cuatro iglesias románicas indican que los hongos (liquenizados y no liquenizado) fueron los componentes más comunes de la microbiota en sitios que muestran signos de biodeterioro. Todas las especies de líquenes identificadas típicamente crecen en sustratos ricos en nutrientes y en sustratos hechos por el hombre (piedra de construcción de carbonato, mortero, cemento, etc.).

**ROSATO (2010).** En su estudio titulado *“Líquenes como posibles agentes de deterioro de areniscas en las ruinas jesuíticas de San Ignacio Mini (provincia de Misiones, Argentina)”*, concluye que la superficie de las muestras de rocas pertenecientes a la misión San Ignacio Mini se encuentra alterado, debido a la pérdida de parte del cemento limoso-arcilloso con impregnaciones ferrugíneas, arrastrado por el agua de lluvia y la acción mecánica de los crecimientos biológicos. Estos procesos llevan al aumento de la porosidad de la roca y la absorción de agua, tornándolas más friables que la roca recién extraída de la cantera. Las condiciones del clima de la zona, de tipo húmedo subtropical, originan un mayor deterioro cuando las rocas están expuestas, siendo los procesos de degradación acumulativos en el tiempo. En total se registraron 18 especies de líquenes. Once especies se hallaron colonizando los muros, especialmente los de las casas junto a la capilla y las columnas del frente del Cabildo con notable preferencia por los lugares sombríos. No hay colonias destacables en el Templo Mayor excepto la presencia de algunos líquenes crustosos que no pudieron muestrearse.

**DE LA ROSA et al (2014).** En su trabajo de investigación denominado *“The effect of lichen cover upon the rate”*, reportan datos que demuestran el papel potencial de los líquenes endolíticos, en particular de *Bagliettoa baldensis*, en la protección activa de las superficies de piedra caliza del carbonífero inducido por la lluvia. Las pérdidas por disolución de calcio son mayores a partir de una superficie de piedra caliza libre de líquen en comparación con una superficie cubierta de líquen predominantemente endolítica por poco menos de 1,25 veces. Durante los meses de invierno más fríos, la superficie libre de líquenes experimenta una pérdida de calcio casi 1.5 veces mayor que la superficie cubierta de líquenes. Usando la extrapolación para mejorar desde la escala de muestra de microcaptación, para el año de exposición a la muestra, la tasa de pérdida de calcio es de  $1.001 \text{ gm}^{-2} \text{ a}^{-1}$  de superficies de piedra caliza cubiertas de líquenes y  $1.228 \text{ gm}^{-2} \text{ a}^{-1}$  de superficies de piedra caliza sin líquen.

**PUY- ALQUIZA, et al. (2015).** En el estudio denominado *“El rol de las comunidades de líquenes en el deterioro superficial de su substrato rocoso: estudio de la interfase líquen-roca en dos monumentos históricos de la ciudad de Guanajuato, México”*, reportan los procesos de deterioro que ejercen las comunidades de líquenes en las areniscas silíceas de dos monumentos del siglo XIX y XX de la ciudad de Guanajuato:

escalinatas de la Universidad de Guanajuato y la Escuela de Música de la Universidad de Guanajuato. Además de contribuir al conocimiento del deterioro, se aportan datos sobre las especies líquénicas encontradas, las causas de su crecimiento y su papel en el desgaste del material pétreo, con la finalidad de implementar medidas de protección y prevención. Se observó la interfase líquen-roca usando técnicas complementarias como microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido (MEB), microscopía electrónica de transmisión (MET), método analítico de plasma acoplado por inducción (ICP-MS) y espectroscopía por energía dispersiva de rayos X (EDS). Reporta cinco especies de líquenes saxícolas: *Xanthoparmelia mexicana*, *Xanthoparmelia tasmanica*, que causan un mayor impacto estético debido a su tamaño y extensión, así como también causan daño mecánico por la acción de penetración de sus rizinas (30  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ ), mientras que *Caloplaca aff. brouardii*, *Caloplaca aff. ludificans* y *Aspicilia sp.*, penetran sus hifas de 0.5  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ , adhiriéndose a la superficie mineral, la cual es finalmente micro-dividida y embebida, dando como resultado una superficie de canales de perforación. Ambos líquenes (foliosos y costrosos) ejercen, además, un daño químico debido al ácido oxálico, el cual genera corrosión superficial en el material pétreo, con formación de pequeños orificios por debajo de los talos (Ascaso, 1984). Además, que en la interfase líquen-roca, los líquenes tanto foliosos como costrosos acumulan elementos mayores ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y elementos traza del ambiente. En dicha interfase líquen-roca, las especies de *Xanthoparmelia* muestran una disminución de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y un aumento en  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{CaO}$  en el área ocupada por las rizinas de los líquenes. En cambio, en la interfase líquen-roca de las especies *Caloplaca* se observa una disminución en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , y  $\text{SiO}_2$  y un aumento en  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Para el caso de la interfase líquen-roca de la especie *Aspicilia sp.* se puede observar una disminución en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y un aumento en  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{CaO}$ . El aumento de dichos componentes en los líquenes estudiados está relacionado probablemente con los ácidos orgánicos que éstos secretan, como es el caso del ácido oxálico, ácido cítrico, ácido glucónico, ácido glioxílico y ácido oxaloacético.

**SALVADORI Y MUNICCHIA (2016).** En el trabajo titulado *“The role of fungi and lichens in the biodeterioration of Stone Monuments”*, aclaran el conocimiento actual sobre el importante papel de los hongos y líquenes en el biodeterioro de la piedra de monumentos. El efecto causado por muchas especies de líquenes epilíticos en el

deterioro de diferentes tipos de piedra ha sido extensamente investigado y demostrado. No obstante, muchos aspectos de los mecanismos de deterioro de los hongos microcoloniales (MFC) y los líquenes endolíticos aún no se han probado. Recientemente se ha presentado una hipótesis interesante que involucra la secreción de sideróforos como compuestos. Los líquenes pueden proporcionar bioprotección para superficies de piedra, actuando como una barrera contra la intemperie, reteniendo humedad, aumentando la impermeabilización, reduciendo el estrés térmico y la erosión, y absorbiendo contaminantes. Sin embargo, la evaluación del biodeterioro frente a la bioprotección no se puede generalizar, ya que puede variar de acuerdo con el comportamiento de diferentes especies, así como siendo afectado tanto por el litotipo como por el medio ambiente. Además de los estudios de laboratorio, más estudios de campo se requieren comunidades para analizar su establecimiento y sucesión en condiciones naturales y después de tratamientos de conservación.

**MAGNIN *et al* (2017)**. En el estudio sobre “*Avances en el estudio de biodeterioro asociado a presencia de líquenes en materiales arqueológicos líticos SantaCruz, Argentina*”, manifiestan que las microalveolizaciones implican un mayor daño al producir una apertura de la superficie de la roca permiten que el deterioro también se produzca debajo de la superficie acelerando el proceso. Si bien estas alteraciones en algunos casos son pequeñas e imperceptibles a ojo desnudo, las mismas son el inicio de otros procesos destructivos a mayor escala.

**KALAFATOVICH (1957)** Manifiesta que las rocas calizas son de origen marino y contiene restos de fósiles como erizos de mar, conchas de lamelibranquios y muchos otros, pero por lo general estos fósiles no se han conservado bien debido a que el reemplazamiento de la materia original se llevó a cabo con calcita, un mineral muy soluble por efecto de las lluvias. Litológicamente esta roca presenta tres tipos diferentes: la caliza compacta, de colores negro y gris y que forma prominentes bloques aislados o pequeños afloramientos; la caliza algo arenosa, de colores negro y gris amarillento, con estratificación en delgadas capas y por lo general abundante contenido fosilífero; caliza brechosa con venas de calcita y cemento calcáreo. Quedan fuera del área mapeada los tipos más característicos y representativos de las calizas. La edad geológica de estas calizas, que se extiende ampliamente fuera del área descrita (1957); pertenecen en edad

estas calizas al piso Cenomaniano del Cretácico (cretácico medio) y se las correlaciona con las calizas de Ayavacas de la Región de Puno.

**QUIRQUIHUAÑA (2012a).** Realizó el **Análisis macroscópico de las rocas calizas de la cantera Kusihuaman**, describiéndola como roca sedimentaria de origen marino, presenta granulometría fina a muy fina de color gris plomizo y rojo amarillento, bien compacta, fractura irregular, presencia de óxidos de fierro en menor porcentaje en la superficie de la muestra, porosidad primaria y porosidad secundaria elevada, con afectación por la meteorización física y química. Mientras las muestras de la cantera de Huamangallay se caracterizan por ser rocas sedimentarias de origen marino, presenta granulometría fina a muy fina de color gris plomizo bien compacta, fractura irregular, porosidad primaria.

**QUIRQUIHUAÑA (2012b).** Realizó el **Análisis macroscópico de las rocas calizas Sector Baluartes**, concluyendo que en el **primer nivel** las rocas se caracterizan por presentar granulometría fina a muy fina compacta, superficie rugosa de color gris plomizo, con presencia de pequeñas manchas de Oxido de fierro, venillas de cristalización del  $\text{CaCO}_3$ , el **segundo nivel** los elementos liticos poseen superficie rugosa y limpia de granulometría fina a muy fina de color gris plomizo, con presencia de disolución de carbonato, con presencia de porosidad secundaria. Finalmente el **tercer nivel**, presenta superficie rugosa y limpia de granulometría fina a muy fina de color gris plomizo, bien compacta.

**QUIRQUIHUAÑA (2012c).** Realizó el **Análisis químico de las canteras Kusihuaman Y Huamanqollay**, usando equipo de fluorescencia de rayos x, dichos análisis concluyeron que la Cantera Huamanqollay presenta mayor porcentaje de Calcio (Ca) entre 45.40 % – 43.00 %, obteniendo una diferencia de 2.40 % en relación a la cantera Kusihuaman, expresada en Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) uno de los formadores de la roca caliza, en relación a la Cantera Kusihuaman adquiere una diferencia elevada en cuanto a los elementos de Fe(Fierro), Si(Silicio), Mg(Magnesio), Bal (Carbonato, Hidrogeno, Oxigeno, Nitrógeno, Sodio), mientras que el porcentaje del elemento de Al(aluminio), representa igual porcentaje en cuanto su composición de la Cantera Huamanqollay, en donde la cantera Huamanqollay obtendrá las mejores características físicas mecánicas para la extracción de materiales con propósito de construcciones.

**QUIRQUIHUAÑA (2012d)**, realizó el **Análisis químico de los elementos líticos del sitio arqueológico de Saqsaywaman - Sector Baluartes**. Usando equipo de fluorescencia de rayos x, este análisis se realiza en los tres niveles del sector de Baluartes concluyendo que existe diferencias del primer y segundo nivel con respecto al tercer nivel, donde la concentración de (Ca) es menor que el primer y segundo nivel. Por otro lado los resultados del análisis químico en los elementos líticos del primer y segundo nivel son similares a los elementos químicos de la cantera Huamanqollay y que los resultados del tercer nivel es menor al porcentaje de Ca.

Los resultados del tercer Nivel adquiere una diferencia en cuanto a los elementos de Ca (Calcio) K (potasio), Bal (Carbonato, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Sodio), Al(aluminio), Mg(Magnesio), del primer y segundo nivel mientras que el porcentaje del elemento Si(Silicio) representa igual porcentaje en cuanto su composición del segundo nivel.

**SANCHO DE LA HOZ (1534)**.- *“...dice que la ciudad del Cusco fue fundada por un grande hombre de guerra, llegado de la parte del Contisuyo, que conquistó las tierras hasta Vilcas y fundo del Cusco, con su fortaleza, y que todos los demás señores que le sucedieron hicieron dicha fortaleza, con lo que fue aumentando y engrandeciendo...”*

**MURUA (1590)**, En el capítulo doce de su obra, tratando sobre Túpac Inca Yupanqui, décimo Inca, dice que este gran señor fue primero en organizar los mitimaes y con ellos hizo muchos palacios y fortalezas refiriéndose a Saqsaywaman manifiesta que la obra fue comenzada por Pachacutec noveno Inca y que fue proseguido por su hijo Túpac Inca Yupanqui.

**GARCILASO DE LA VEGA,(1609)** Brinda detalladas explicaciones sobre Saqsaywaman las que nos permiten recrear usos y funciones de carácter ceremonial y simbólico, así como información detallada sobre vajilla, armas y otros utensilios de fino pulido y trabajo excepcional que se guardaban en los recintos.

Además, dice que Pachacutec dejó trazada la obra y que fue su hijo Inca Yupanqui, *“quién duró más de cincuenta años y que la obra mayor y más soberbia que mandaron hacer para mostrar su poder y majestad fue la fortaleza del Cusco, cuyas grandezas son increíbles a quien no las haya visto, y al que las visto y mirado con atención le hacen imaginar y aún creer que son hechas por vía de encantamiento y que las hicieron demonios y no hombres, por que la multitud de piedras tantas y tan grandes, como las*

*que hay puestas en las tres cercas, causa admiración imaginar como las pudieron cortar de las canteras de donde se sacaron muchas de ellas, están tan ajustadas que apenas se aparece la juntura, y pensar como pudieron ajustar tanto unas piedras tan grandes que apenas se puede meter la punta de un cuchillo por ellas”.*

**ESQUIVEL Y NAVIA (1748).**- En sus noticias cronológicas de la gran ciudad del Cusco, a mitad del siglo XVIII, a más de dos siglos de la llegada de los conquistadores, refiriéndose a Saqsaywaman dice: *“La fábrica del soberbio Monumento comenzó durante el reinado del Inca Yupanqui en 1431, la construcción duró 77 años, pues concluyó en 1508, a los 27 años del reinado de Huayna Cápac”.*

**CABELLO (1951),** *Dice que Saqsaywaman fue mandada construir por Tupa Inca Yupanqui. “...En esta vacante que tuvo en el Cuzco hizo fabricar la fortaleza de aquella Ciudad digna por su estrana obra de ser tenida y estimada en más de lo que a sido por los nuestros, acabadas estas cosas...”*

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis**

##### **a. Hipótesis general**

La colonización de *Lecidea sp.* deteriora los elementos líticos de caliza de las estructuras arquitectónicas del Sector de Baluartes- Saqsaywaman- Cusco.

##### **b. Hipótesis específicas**

1. Las características morfológicas de *Lecidea sp.* induce al deterioro de los elementos líticos que conforman los paramentos del Sector Baluartes.
2. El litoliquen *Lecidea sp.* produce deterioro en la interface liquen-lítico en elementos líticos procedentes de canteras.
3. El litoliquen *Lecidea sp.* produce deterioro en elementos líticos de las estructuras arquitectónicas del Sector de Baluartes.

#### **3.2 Identificación de variables**

##### **Variable independiente**

Colonización de *Lecidea sp.*

##### **Variable dependiente**

Deterioro de la superficie del lítico.

### 3.3 Operacionalización de variables.

**Tabla 1:** Operacionalización de variables.

Definición conceptual	Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos
<p><b>Colonización de líquen.</b></p> <p>Significa que el material debe cumplir las condiciones para albergar, desarrollar y multiplicar el organismo, y excluye la capacidad de un material para recibir organismos transeúntes o de manera fortuita.</p>	<p><b>Variable independiente</b> : Colonización de <i>Lecidea sp.</i></p>	Colonización superficial	Longitud. Grosor	Micras	Microscopio estereoscopio y Microscopio óptico.
		Colonización endolítica	Longitud. Grosor	Micras	Microscopio estereoscopio y Microscopio óptico.
	<p><b>Variable dependiente:</b> Deterioro de la superficie del lítico.</p>	Deterioro por acción conjunta de agentes químicos y biológicos.	Alveolización. Erosión superficial. Formación de callos.	Micras	Microscopio estereoscopio y Microscopio óptico.
		Alteración estética visual	Pátina biogénica.	Metros Micras.	Wincha. Microscopio portátil.

## IV. METODOLOGIA

### 4.1 **Ámbito de estudio.**

El sector de Baluartes o andes Illapa esta situado en el Parque Arqueológico de Saqsaywaman; ubicado en el distrito, provincia y departamento del Cusco. Su ubicación geográfica se encuentra entre las coordenadas UTM: 177194.591 Este y 8504650.586 Norte y altitud de 3600m.

#### 4.1.1 **Aspectos ambientales del Sector Baluartes.**

##### 4.1.1.1 **Geología.**

La geología regional de la zona de estudio considera afloramientos y formaciones diversas del grupo del Grupo Yuncaypata agrupa las formaciones Paucarbamba, Maras, Ayabacas y Puquín (Carlotto *et al.*, 2005). La geología local en la zona de estudio aflora principalmente la unidad lito estratigráfica de la Formación Ayabacas, pertenecientes al Grupo Yuncaypata y los afloramiento del intrusivo rocas dioríticas.

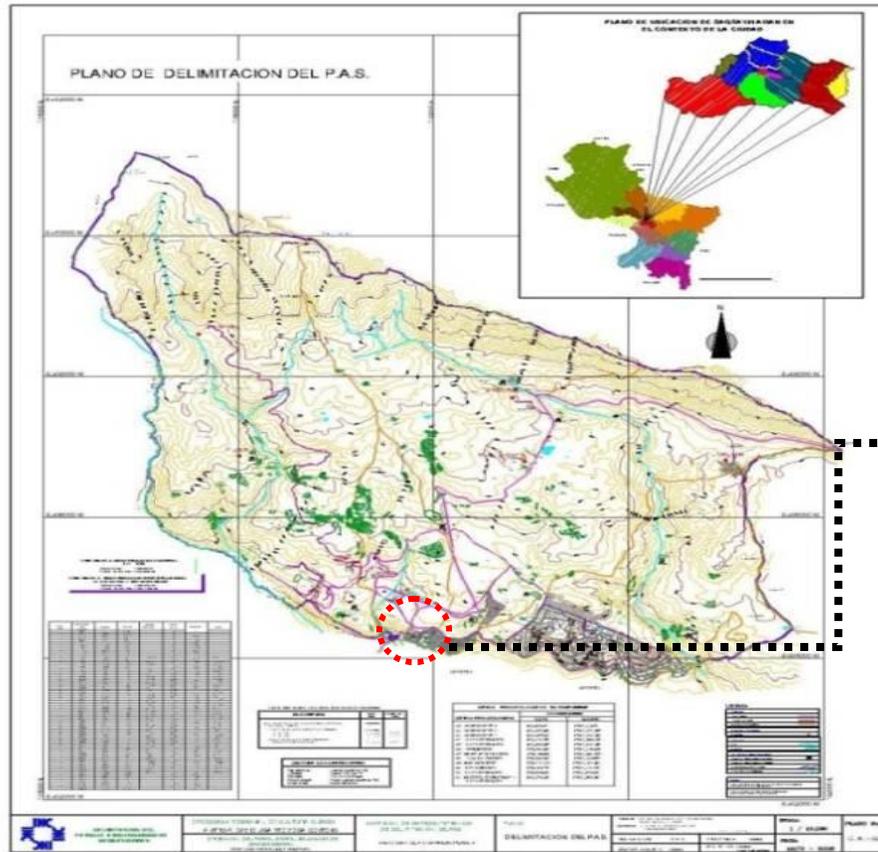
##### 4.1.1.1.1 **Grupo yuncaypata**

La zona de estudio aflora principalmente la unidad lito estratigráfica de la Formación Ayabacas, pertenecientes al Grupo Yuncaypata y los afloramiento del intrusivo rocas dioríticas (Carlotto *et al.*, 1996).

##### 4.1.1.2 **Geomorfología**

El sitio arqueológico de Saqsaywaman se encuentra dentro de la unidad geomorfológica Meseta de Saqsaywaman, Esta unidad morfológica se halla entre los 3600 y 3800 msnm. Limita al sur con la depresión del Cusco y al norte con las Montañas del Cusco mediante la falla Tambomachay. El primer nivel del sector de los Baluartes se encuentra ubicado sobre una superficie plana y los dos niveles superiores se encuentran sobre una ladera septentrional de la colina. La ladera septentrional tiene un relieve suave de pendiente moderada donde se emplazan el segundo y tercer nivel de los Baluartes y que está limita con el sector de Chukipampa (Plan de Monitoreo Geológico y geodinámica del PAS-2012).

# Mapa de ubicación geográfica y política del Sector Baluartes



#### **A. Formaciones maras y ayabacas (Ki-ma y Kis-ay).**

En el sector Baluartes afloran rocas sedimentarias no clásticas que corresponden a rocas carbonatadas que son las calizas pertenecientes al Grupo Yuncaypata, de edad Cretácica medio-superior y a la Formación Ayabacas del Albiano Superior- Turoniano, en el sector Sayaqmarka y Muyuqmarka afloran cuerpo dioríticos o stock de Saqsaywaman que se encuentra en contacto con el afloramiento de rocas de caliza que se encuentra a manera de bloques aislados (Carlotto *et al.*, 2005).

#### **B. Depósitos recientes o cuaternarios.**

La zona de estudio consta de depósitos coluviales y de relleno antrópico ubicadas en las plataformas de los tres niveles los cuales están conformados por suelos arcillo limo arenoso de color marrón rojizo con presencia de gravilla de caliza con ausencia de restos orgánicos. La ladera de Cruz Mocco, está conformado por materiales limo arcilloso areno pertenecientes a los depósitos cuaternarios de color marrón rojizo de granulometría gruesa con presencia de gravilla de caliza de ½”, inestables debido a la erosión de ladera, se saturan de agua y por gravedad inestabilizan el talud de la ladera, existe los antecedentes de actividad de deslizamientos. En las laderas del sector Sapantiana se han depositado material coluvial conformado por mezcla de arcillo limo arenoso, los cuales son inestables debido a la erosión de ladera se saturan de agua fácilmente, por lo que se generan deslizamientos o remoción de masa (Plan de monitoreo Geológico y Geodinámica del PAS, 2012)

#### **4.1.1.3 Flora**

Las áreas colindantes al sector de Baluartes se caracterizan por poseer flora herbácea y arbustiva, con algunas plantaciones de queuñas, chachacomos. La vegetación característica para esta zona son las nayguas, chiwanway, cantu y orquídeas, que embellecen con sus hermosas flores (Pumacahua, 2012).

**Tabla 2:** Lista de la flora registrada en el sector de Baluartes.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR
ALSTROEMERACEAE	<i>Bomarea dulcis</i> Hooker Beared	Sullu-sullu
APIACEAE	<i>Conium maculatum</i> Linnaeus	Falsa cicuta
	<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl. Ex Spreng.	Monte zanahoria
ASTERACEAE	<i>Ageratina sternbergiana</i> (D.C) R. King et H. Robinson	Manccapaqui, mankapaqui
	<i>Ambrosia arborescens</i> Miller.	Markhu
	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruis & Pav.) Pers	Chilca, taya, tola
	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth.	Pirka, Quiko, Pagan
	<i>Cronquistianthus volquensii</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	
	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Cardo, Asnaq cardo
	<i>Erigeron linifolium</i> Wild.	
	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	Keto keto
	<i>Mutisia acuminata</i> var.hirsuta (Meyen) Cabrera	Chinchircuma, Chinchirkoma
	<i>Senecio rudbeckiaefolius</i> Meyen & Walp.	Maych'a Yana maich'a
	<i>Stevia cuzcoensis</i> Hieron.	<b>Chinpicuca, chipicuca</b>
	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	Khishqa - Khisqha
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Cerraja
	<i>Taraxacum officinale</i> Weber in Wigg.	Pilli pilli, Diente de Leon
	<i>Vasquezia titicacencis</i> (Meyen & Walp) S.F. Blake	Yana tullu
<i>Viguiera mandonii</i> Sch Bip	Pinoua, Sincha, Sunchchu	
BRASSICACEAE	<i>Brassica campestris</i> L.	Nabo silvestre
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L) Medicus	Bolsa de pastor
	<i>Descurainia myriophyllum</i> (Wild.) R.E. Fries	Bolsa de Pastor, Allqamamani.
	<i>Lepidium bipinnatifidum</i> Desvaux.	Chichira, chichera, chichicara,
	<i>Raphanus raphanis</i> Trens	
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> (L.) Hayek	Berro blanco, Liwa oqoruro.	
CACTACEAE	<i>Opuntia floccosa</i> Salm-Dyck.	Waraqo, orqo waraqo
CUCURBITACEAE	<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn	Pataqllamu, patallanko,
CUPRESSACEAE	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartweg	Ciprés común
ESCALLONIACEAE	<i>Escallonia resinosa</i> (R & P) Persoon	Chachacomo
FABACEAE	<i>Astragalus garbancillo</i> Cabanilles	Juska
	<i>Medicago hispida</i> Goerth	
	<i>Melilotus indica</i> (L.) All.	
	<i>Senna birrostris</i> (J.F.Macbr.) Irw. & Barn.	Mutuy
<i>Trifolium amabile</i> H. B. K.	Chijmu, Layu	

...Continua Tabla 2: Lista de la flora registrada en el sector de Baluartes.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR
	<i>Trifolium repens</i> Linnaeus	Trebol forrajero
	<i>Lupinus aridulus</i> CP. Smith	Kera
	<i>Senna birrostris</i> (J.F.Macbr.) Lrw. & Barn.	Mutuy
<b>GENTIANACEAE</b>	<i>Gentiana postrata</i> Haencke	
<b>GERANIACEAE</b>	<i>Geranium filipes</i> Killip	
<b>IRIDACEAE</b>	<i>Hesperoxiphium herrerae</i> (Diles ex Foster)	Michi michi, supay tica
	<i>Minthostachys spicata</i> (Bentham) Epling	Rapimuña
<b>LAMIACEAE</b>	<i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq.	Kjuñuca muña, Kjuñuca.
<b>LOASACEAE</b>	<i>Cajophora pentlandii</i> (Paxten ex. Graham)	China quisa, Orcco quisa.
<b>MALVACEAE</b>	<i>Urocarpidium corniculatum</i> Corp.	
	<i>Oxalis calachacensis</i> Knuth	
<b>OXALIDACEAE</b>	<i>Oxalis polyrhiza</i> Kunth	
<b>PASSIFLORACEAE</b>	<i>Passiflora pinnatistipula</i> Cav.	Tin tin, galupa, bejuco, purupuru.
	<i>Plantago australis</i> subsp. Pflanzii (Pilg.) Rahn	Llantén
<b>PLANTAGINACEAE</b>	<i>Plantago orbigniana</i> decne ssp. niedeinii (Pilger) Rahn	
	<i>Brachipodium mexicanum</i> (Roemer & Schultes) Link	Soqlla pasto
	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Cebadilla
<b>POACEAE</b>	<i>Nasella pubiflora</i> (Trinius & Ruprecht)	Yana sunca, cebadilla
	<i>Nasella pubiflora</i> (Trinius & Ruprecht)	Yana sunca, cebadilla
	<i>Nasella pubiflora</i> (Trinius & Ruprecht)	Yana sunca, cebadilla
	<i>Poa annua</i> Linnaeus	Q'achu, kikuyo
	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochet	Kikuyo
<b>POLYGALACEAE</b>	<i>Monnina salicifolia</i> R. et P.	Sambo sambo, aceitunilla
	<i>Muehlenbeckia volcanica</i> (Benth.) Endl.	Mullaca
<b>RANUNCULACEAE</b>	<i>Ranunculus praermorsus</i> H.B.K.	Ch'apu ch'apu, Waranisa
<b>ROSACEAE</b>	<i>Alchemilla pinnata</i> Ruis & Pav.	Sillu sillu
<b>SCROPHULARIACEAE</b>	<i>Calceolaria engleriana</i> Kraenzl.	Ayac zapatilla
	<i>Calceolaria myriophylla</i> Kraenzl.	Ayac zapatilla
	<i>Veronica persica</i> Poiret ex. Lamarck	
<b>SOLANACEAE</b>	<i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl.	Uppa tancar, tancar quisca
	Physalis sp.	
	<i>Solanum nitidum</i> Ruiz & Pavon	Ñuñumea, kita papa
	<i>Solanum chauca</i> Juzape Zuck & Bukasoy	
<b>TROPAEOLACEAE</b>	<i>Tropaeolum peregrinum</i> Linnaeus	Huallpa huallpa
<b>URTICACEAE</b>	<i>Urtica magellanica</i> Poir.	Mula quisa, yana quisa
<b>VERBENACEAE</b>	<i>Verbena litoralis</i> HBK	Verbena verde, verbenita

Fuente. Datos tomados del Informe técnico. Ministerio de Cultura – Parque Arqueológico de Saqsaywaman-IPMPAS, 2012.

#### 4.1.1.4 Fauna

##### A. Aves

En las áreas periféricas al sector de Baluartes se tiene 13 especies de aves, distribuidas en 8 familias, siendo las que con frecuencia son observadas en este ámbito. La mayor parte de estas especies construyen sus nidos sobre los matorrales espinosos como el llulli, queuña, roque, en los pajonales, huecos de los roquedales, en huecos de barrancas etc. Estas aves que habitan las áreas boscosas periféricas al sector de Baluartes ocasionalmente ensucian las cabeceras de los paramentos del sector de Baluartes así como de otras áreas arqueológicas, siendo mínima en la actualidad su deposición. Así también se debe manifestar que la especie *Vanellus resplendens* “Leke – leke”, es un ave que se establece temporalmente en el área monumental entre los meses de Abril-Julio siendo mínimo su impacto. Por otro lado *Falco sparverius* “Quillichu”, *Columba livia* “Paloma”, *Zonotrichia capensis peruviensis* “Pichinco” y *Turdus chiguanco* “Chiguaco” son aves que con frecuencia se les observa merodeando o descansando sobre las cabeceras de los muros durante el día (Pumacahua, 2012).

**Tabla 3:** Lista de aves observadas en el Sector Baluartes.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN
COLUMBIDAE	<i>Columba livia</i> Gmelin 1789	“Paloma”
	<i>Columba maculosa</i> Temminck 1813	
	<i>Zenaida auriculata</i> Bonaparte 1855	“Urpi”
EMBERIZIDAE	<i>Zonotrichia capensis peruviensis</i> Lesson 1834	“Pichinco”
FALCONIDAE	<i>Falco sparverius</i> Linnaeus 1758	“Quillichu”
FRINGILLIDAE	<i>Carduelis magellanica</i> (Vieillot) 1805	“Chaiña”
	<i>Catamenia analis</i>	“Corbatita azulada”
THRAUPIDAE	<i>Conirostrum cinereum</i>	“Chicherriche”
TROCHILIDAE	<i>Colibrí coruscans</i> (Gould) 1846	“Siwar k’ente”
	<i>Lesbia nuna nuna</i> (Lesson) 1832	“Inchu”
	<i>Patagona gigas</i> Boucard 1895	“Huascar k’ente”
TROGLODYTIDAE	<i>Troglodytes aedon</i> Vieillot 1809	“Checcollo”
TURDIDAE	<i>Turdus chiguanco</i> Lafresnaye & d'Orbigny 1837	“Chiguaco”

**Fuente.** Datos tomados del Informe técnico. Ministerio de Cultura – Parque Arqueológico de Saqsaywaman-IPMPAS, 2012.

## B. Mamíferos

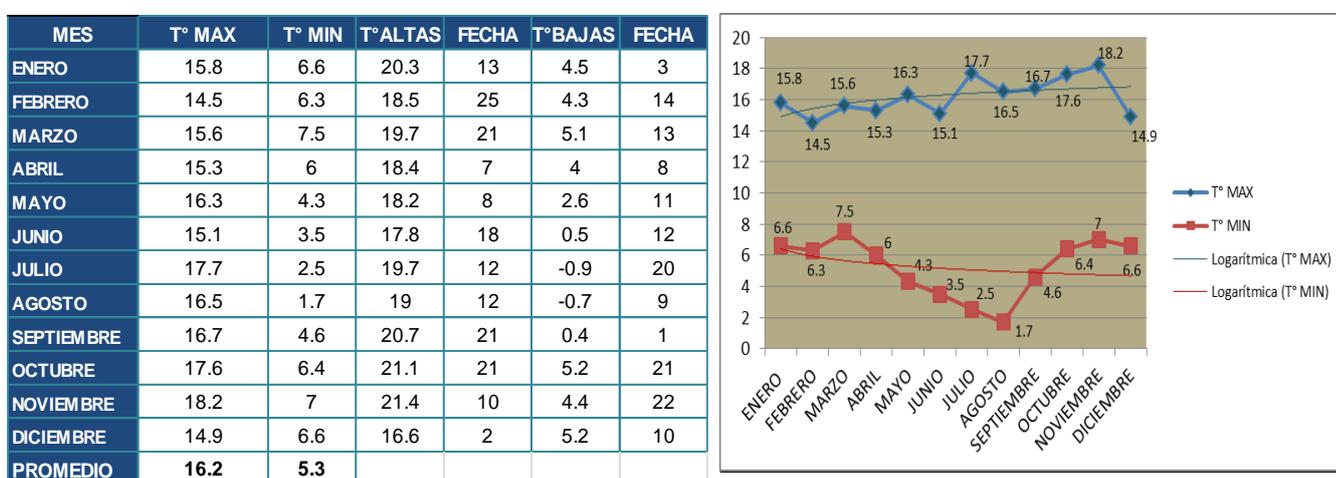
De acuerdo a los estudios realizados por Pumacchua, (2012), manifiesta que los mamíferos autóctonos que habitan y ocasionalmente visitan el sector de Baluartes y áreas periféricas del Sector de Baluartes es *Akodon subfuscus subfuscus* Osgood 1944 “ratón de campo” especie oriunda.

### 4.1.1.5 Variables meteorológicas del Parque Arqueológico de Saqsaywaman.

#### A. Temperaturas

Para el año 2012 la temperatura promedio anual fue de 16.2°C y la temperatura mínima promedio es de 5.3°C con una temperatura máxima 21.4 °C, y mínima -0.7°C (tabla 4).

**Tabla 4:** Oscilaciones de las temperaturas máximas y mínimas del 2012-P.A.S



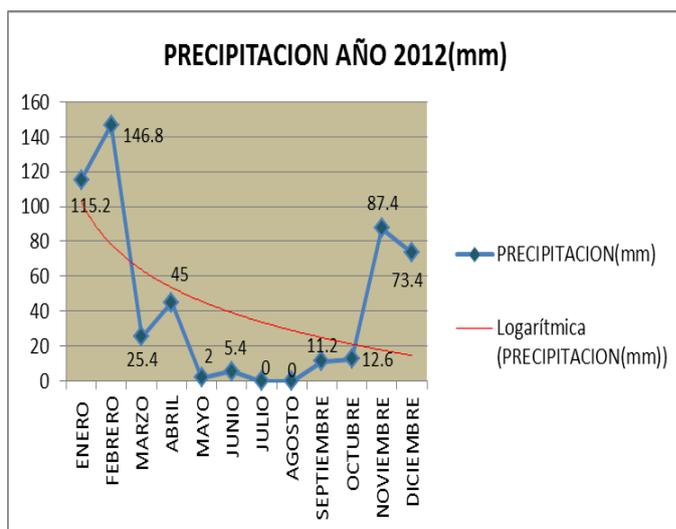
**Fuente.** Estación meteorológica - Parque Arqueológico de Saqsaywaman, 2012.

#### B. Precipitaciones pluviales para el año 2012 en el Sector de Baluartes.

De acuerdo a los datos reportados por Estación Meteorológica del parque arqueológico de Saqsaywaman para el año 2012, la precipitación total anual para este año es de 524.4 mm, la máxima se registró en el mes de Febrero llegando a 146.8 mm. Además la mayor intensidad de lluvias se da entre los meses de enero a febrero, mientras que entre julio y agosto hay ausencia de precipitación pluvial (Tabla 5).

**Tabla 5:** Registro de precipitación para el año 2012.

MES	PRECIPITACIÓN	MAX-OBSERVADA	FECHA
ENERO	115.2	19	18
FEBRERO	146.8	24	14
MARZO	25.4	15.6	1
ABRIL	45	25	2
MAYO	2	2	22
JUNIO	5.4	5.4	4
JULIO	0	0	1
AGOSTO	0	0	1
SEPTIEMBRE	11.2	5.6	22
OCTUBRE	12.6	5.2	15
NOVIEMBRE	87.4	22	19
DICIEMBRE	73.4	26.2	10
SUMATORIA	524.4		



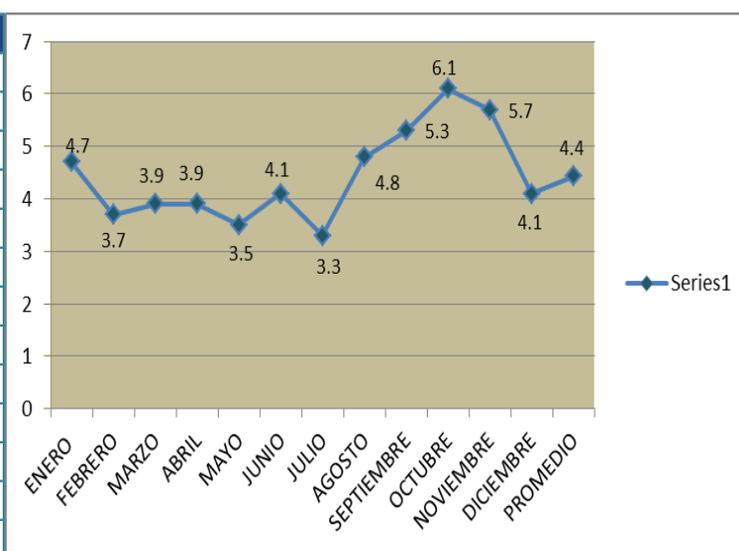
**Fuente.** Estación meteorológica- Parque Arqueológico de Saqsaywaman, 2012.

### C. Vientos para el año 2012 en el Sector de Baluartes.

El régimen predominante de vientos para el año 2012 es de Sur a Este entre los meses de marzo a agosto. Para el período enero a febrero y noviembre a diciembre es de Este a Sureste. La velocidad media anual del viento es de 4.4 Km/hr, con una máxima de 6.144 Km/hr en el mes de octubre. (Ver tabla 6).

**Tabla 6:** Registro de la velocidad y dirección del viento

MES	V°	HI	FECHA	DOM DIR
ENERO	4.7	51.5	1	ESE
FEBRERO	3.7	43.5	10	ESE
MARZO	3.9	48.3	19	SE
ABRIL	3.9	46.7	4	SE
MAYO	3.5	38.6	10	SE
JUNIO	4.1	51.5	4	SE
JULIO	3.3	33.8	12	SE
AGOSTO	4.8	45.1	8	SE
SEPTIEMBRE	5.3	61.2	25	SSW
OCTUBRE	6.1	53.1	28	SE
NOVIEMBRE	5.7	48.3	16	ESE
DICIEMBRE	4.1	45.1	1	ESE
PROMEDIO	4.4	61.2		SE



**Fuente.** Estación meteorológica Parque Arqueológico de Saqsaywaman, 2012.

## 4.2 Tipo y nivel de investigación.

De acuerdo al propósito de la investigación, naturaleza de los problemas y objetivos formulados, el presente estudio reúne las condiciones para ser calificada como una investigación de tipo básica, nivel descriptivo y explicativo, por cuanto permite recabar información sobre la anatomía del líquen y porque a partir de ellas se plantean explicaciones que causa el deterioro de los líticos. Así también se califica como investigación evaluativa y cualitativa porque nos permite determinar los efectos que produce el líquen *Lecidea sp.* en los elementos líticos del sector de Baluartes-Saqsaywaman.

En esta investigación, se desarrolló en dos etapas:

1. Caracterización morfológica de *Lecidea sp.*
2. Determinación de los efectos causados por *Lecidea sp.* en elementos líticos de las estructuras arquitectónicas del Sector de Baluartes-Saqsaywaman Cusco, a través del análisis de muestras de fragmentos de líticos procedentes de canteras colonizados por el agente biótico mencionado.

## 4.3 Unidad de análisis

De esta manera la unidad de análisis corresponde al el sector de Baluartes o andes Illapa que se ubica al Norte de la ciudad del Cusco, contextualmente en la zona monumental o principal de Saqsaywaman, entre los sectores de Muyuqmarka y Suchuna, posee tres terrazas de dimensiones extensas de forma zigzagueante.

El área donde se extrajo las muestras de líticos corresponde a la cantera denominada **Guayrangallay** ubicada en la Comunidad Campesina de Fortaleza-P.A de Saqsaywaman.

#### 4.4 Población de estudio

La población de estudio viene a ser el Sector Baluartes que posee tres niveles de las terrazas, 119 caras de paramentos. Se obtuvo fragmentos de rocas colonizadas por el litoliquen *Lecidea sp.* en la cantera denominada **Guayrangallay**.

#### 4.5 Tamaño de la muestra

##### 4.5.1 Estudio morfológico de *Lecidea sp.*

Se ha colectado las muestras representativas de fragmentos de rocas colonizadas por el litoliquen *Lecidea sp.*, en sus diferentes fases de desarrollo los que fueron evaluadas además en el sector de Baluartes.

##### 4.5.2 Estudio de efectos de los líquenes en el Sector de Baluartes.

Para el análisis macroscópico de los efectos generados por *Lecidea sp.* se analizó 119 paramentos mientras que para el análisis microscópico se analizó 57 puntos de observación en los tres niveles del Sector Baluartes, para lo cual se utilizó la tabla de números aleatorios (ver plano Anexo 6). El tamaño de muestra se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left( \frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

#### 4.6 Técnicas de recolección de muestra.

##### 4.6.1 Recolección de muestras de líquenes en canteras

Las muestras de fragmentos líticos colonizados por *Lecidea sp.* fueron extraídas de la cantera Guayrangallay en un área de 200 m<sup>2</sup> ubicadas a 3707 m de altitud. Para la recolección se usó el procedimiento de **Nava, 1906**:

1. Antes de iniciar la colecta de los litolíquenes se realizó la identificación de *Lecidea sp.* en la cantera con la ayuda de una lupa.

2. Los fragmentos de litoliquenes se obtuvieron de forma mecánica con la ayuda de una picota geológica con la que se extrajeron fragmentos de líticos aproximadamente de 5 a 10 cm de longitud.
3. Se realizó el registro fotográfico de las muestras recolectadas.
4. Los fragmentos fueron depositados en bolsas de papel.
5. La bolsa de papel se etiqueta registrando los siguientes datos: Localidad: país, provincia, coordenadas geográficas. Hábitat, iluminación, Sustrato, Altitud, Fecha, Recolector y número de colección, nombre y apellido del recolector o recolectores y el número de colección.

#### **4.6.2 Caracterización morfológica de *Lecidea* sp.**

##### **4.6.2.1 Talo liquénico.**

##### **A. Preparación de secciones estratigráficas de muestras de líticos colonizados con líquen.**

Para la obtención de secciones estratigráficas de muestras de líticos colonizados se utilizó la técnica modificada de Jiménez *et al.*, (2005) y procedió de la siguiente manera:

1. Para obtener las secciones estratigráficas previamente se realizó la selección de las áreas colonizadas de acuerdo al propósito de estudio con la ayuda de un microscopio estereoscópico con aumentos de 5x a 80x. De las áreas previamente seleccionadas se obtuvieron fragmentos de 1x1cm.
2. Los fragmentos de líticos seleccionados fueron sumergidos en resina sintética (polvo-vitalloy y líquido vitalloy) en proporción de 1/1. Esta mezcla es preparada en moldes de plastilina, la misma que se solidifica después de 2 horas quedando fijada el fragmento de lítico.
3. Una vez seca la resina, se procedió a extraer el bloque del molde, para seguidamente lijar o desgastar (lijar de agua de 80,200, 1000, 2000), con la finalidad de obtener secciones estratigráficas cuyo grosor varía 0.5 a 1 mm, las mismas que posteriormente serán colocadas en láminas porta objetos para su observación con microscopio óptico.

## **B. Estudio histológico de *Lecidea sp.***

Para el análisis histológico del líquen *Lecidea sp.*, se siguió la técnica propuesta por Alzola, (2001):

### **1. Toma de muestra**

La muestra se obtuvo realizando un raspado de la capa superficial del litolíquen crustoso con la ayuda de un bisturí.

### **2. Fijación.**

La muestra colectada se fijó en Formol al 10%, durante 24 horas. Posteriormente el fijador debe ser eliminado de las muestras. Seguidamente se procede al lavado de los tejidos mediante el uso de agua o alcohol.

### **3. Inclusión.**

La inclusión de las muestras en parafina tiene los siguientes tratamientos:

*a) Deshidratación:* Se realizó sucesivos tratamientos con alcohol etílico en diferentes porcentajes como sigue:

- 1) alcohol etílico al 70 % ----- 12 horas
- 2) alcohol etílico al 70 % ----- 12 horas
- 3) alcohol etílico al 95 % ----- 1 hora
- 4) alcohol etílico al 95 % ----- 1 hora
- 5) alcohol etílico al 99.8 % (absoluto) -----1 hora
- 6) alcohol etílico al 99.8 % (absoluto) -----1 a 1.5 horas.

#### **b) Diafanización.**

La diafanización o aclaración se realizó usando xilol como sigue:

- 1) alcohol absoluto (50%) - xilol (50%)-----1 hora
- 2) xilol-----1 hora
- 3) xilol-----1 hora

#### **c) Inclusión y formación del bloque de parafina.**

La parafina diluida se colocó en tres recipientes dentro de la estufa. El primero, con una capacidad de 1000 a 1500 cc. Los otros dos recipientes son más pequeños y de manera consecutiva recibirán a los tejidos liquenicos embebidas en xilol. Se sugieren los siguientes pasos:

- 1) Primer baño de parafina-----1 a 1.5 horas
- 2) Segundo baño de parafina-----1 a 1.5 horas
- 3) Tercer baño de parafina-----30 a 60 minutos
- 4) El molde elegido se llena con parafina caliente pura; con una pinza calentada en un mechero se toma una pieza de tejido del tercer recipiente y se orienta una de sus superficies y se sumerge al interior del molde, en el que la parafina ha empezado a solidificarse y se le aplica una leve presión.

#### **4. Microtoma (obtención de los cortes)**

Para alcanzar este propósito se siguió los siguientes pasos.

- a) Sujetar firmemente el bloque con el sistema de abrazaderas y la muestra orientada correctamente.
- b) Alinear el sistema de sujeción de la navaja y el filo de la misma, con la superficie de corte del bloque.
- c) Desgastar la superficie del bloque de parafina hasta alcanzar el tejido y se tenga la certeza de abarcar toda el área que se desea seccionar.
- d) Marcar en el dial del microtomo, el número de micrómetros de grosor que deben alcanzar los cortes (3 a 4  $\mu\text{m}$ ).
- e) Accionar la manivela que desplaza la abrazadera con el bloque de parafina para obtener los cortes (aislados o seriados). Obtenidos los cortes se recogen cuidadosamente con unas pinzas o pinceles finos.

#### **5. Extensión y adhesión de los cortes al portaobjetos.**

Los cortes obtenidos, aislados o en forma de cintas, generalmente se presentan arrugados y muestran un área menor que la que poseen en la inclusión, por lo que es necesario extenderlos y luego adherirlos a las láminas portaobjetos (esto facilita su manipulación posterior).

#### **6. Coloración o tinción /coloración de hematoxilina -eosina (H&E)**

El procedimiento de coloración de H & E fue como sigue:

*a. Desparafinar* los cortes en:

- xilol ----- 3 minutos

- xilol ----- 3 minutos.

**b. Hidratar** los cortes en baños decrecientes de alcohol.

- alcohol absoluto (100o) -----3 minutos
- alcohol absoluto (100o) ----- 3 minutos
- alcohol de 95o ----- 3 minutos
- alcohol de 95o ----- 3 minutos
- alcohol de 70o ----- 3 minutos
- agua corriente ----- 5 minutos.
- agua destilada (2 baños)-----1 minuto (cada uno)

**c. Colorear** con la solución de *hematoxilina*. En este paso es conveniente respetar el tiempo de coloración que recomienda cada tipo de solución de hematoxilina. Dependiendo de la fórmula de preparación el tiempo puede variar de 3 a 20 minutos.

La hematoxilina de uso más frecuente es la *hematoxilina alumínica de Harris* --  
--3 a 5 minutos.

**d. Lavado en agua destilada** (2 baños) -----*un minuto* cada uno.

**e. Diferenciar**, para eliminar el exceso de colorante se empleó el *alcohol ácido*, hasta que los núcleos y los componentes basófilos de las células sean los únicos que permanezcan teñidos

- Lavar en agua corriente----- 2 minutos.

**f. Virar** al color azul, empleando soluciones de:

- Sustancias alcalinas como agua amoniacal
- Solución de bicarbonato de sodio al 2 %
- Carbonato de litio al 1 %.
- Lavar en agua corriente ----- 5 minutos.
- Lavar en agua destilada (2 baños) -----1 minuto c/u.

**g. Colorear** con una solución alcohólica o acuosa de:  
*eosina*----- 3 a 5 minutos

**h. Deshidratar** en baños crecientes de alcohol etílico:

- alcohol de 70° ----- 1 minuto
- alcohol de 95° -----1 minuto
- alcohol de 95° -----1 minuto

- alcohol absoluto (100°) -----1 minuto
- alcohol absoluto (100°) -----2 minutos.

***i. Diafanizar o aclarar*** empleando xilol

- xilol ----- 1 minuto
- xilol ----- 2 minutos

## **7. Montaje.**

Se colocó encima del corte coloreado y diafanizado una gota de una sustancia adherente, diluida, generalmente en xilol (resina natural como el bálsamo de Canadá o resinas sintéticas, cuyos índices de refracción son similares a los del vidrio) y encima de ellos, una laminilla cubreobjetos, cuidando que no queden burbujas de aire entre la resina.

Para el análisis del tejido liquenico al microscopio se utiliza un aumento de 400x y 500x. El microfotografiado se utiliza objetivos de 40x y 50x, se utilizó una abertura de diafragma igual a 0.65 y ocular de 10x.

### **4.6.2.2 Aislamiento e identificación del fotobionte (alga).**

Para el aislamiento de algas que viven en simbiosis con el hongo Ascomiceto se usó la técnica de *separación por gravedad* (centrifugación y sedimentación) técnica modificada de Andersen ,2005 y procedió de la siguiente manera:

1. Para llegar a la capa del fotobionte se procedió a la extracción del córtex superior del liquen (capa de coloración blanquecina), usando hisopos húmedos con las que se erosiona dicha capa hasta llegar a la capa del fotobionte.
2. Seguidamente con la ayuda de un estéreo microscopio con aumento de 10 a 80x, se procedió a erosionar la capa algal con un isopo; este sedimento se coloca en un frasco con agua destilada para su dilución.
3. El líquido con el sedimento se procede a centrifugar 2500 r.p.m durante 3 minutos, para luego decantar.
4. El sedimento se coloca en láminas porta objetos añadiendo para ello unas gotas de agua destilada para diluir la muestra.

5. Para el análisis del fotobionte al microscopio se utiliza objetivos de 40x y 50x se utilizó una abertura de diafragma igual a 0.65 y ocular de 10x. El microfotografiado se realiza a un aumento de 400x y 500x.

#### **4.6.2.3 Morfología de ascosporas.**

##### **A. Extracción de ascosporas (Método de extracción mecánica modificada de Saenz,1978)**

1. Selección de muestras de fragmentos de líticos colonizados con *Lecidea sp.*, que se encuentren en etapa de formación de apotecios.
2. Extracción del apotecio mediante el uso de agujas.
3. Almacenamiento de apotecios en sobres de papel con sus respectivos datos.
4. Los apotecios son sometidos a acetólisis.

##### **B. Método de acetólisis para el estudio morfológico de ascosporas de *Lecidea sp.* (Traverse,1988).**

Se empleó la adaptación de la metodología propuesta por Traverse (1988), para lo cual los apotecios son sometidos al tratamiento acetolítico que consiste en:

1. Se colocó la muestra de apotecios en un tubo de ensayo a la que se le agrega 4ml de ácido acético glacial, para luego centrifugar a 2000 r.p.m durante 5 minutos, luego decantar.
2. Luego de decantar al tubo con la muestra se añadió la muestra acetolítica recién preparada (9 partes de anhídrido acético por 1 parte de ácido sulfúrico).
3. Se colocó los tubos de ensayo en baño María a temperatura de ebullición durante 5 minutos, para luego decantar.
4. Se centrifugo a 2500 r.p.m durante 5 minutos, para luego decantar. Con este tratamiento químico las ascosporas son liberadas. A las muestras de ascosporas recuperadas se le agrega 3ml de agua destilada, agitar, centrifugar y decantar, este procedimiento se repite por tres veces. Finalmente, las ascosporas recuperadas se preservaron en alcohol de 96%.

5. Para el análisis de las ascosporas se usó microscopio óptico con objetivos de 40x y 50x se utilizó una abertura de diafragma igual a 0.65 y ocular de 10x. El microfotografiado se realiza con objetivos de 40x y 50x, se utilizó una abertura de diafragma igual a 0.65 y ocular de 10x.

### **C. Biometría**

Para la determinación de la especie del líquen se realizó mediciones del talo liquenico, areolas, ascosporas, algas (fotobionte), apotecios fundamentales para la determinación de especies y géneros. Por lo que se realizó 34 mediciones a cada variable (Sáenz, 1978). Para realizar las mediciones se usó microscopio óptico con objetivos de 40x y 50x, abertura de diafragma igual a 0.65 y ocular de 10x. Que se especifica a continuación:

**Ascosporas:** Para el rastreo de ascosporas se usó objetivo de 20x y para realizar las mediciones se usó objetivo de 40x, el registro fotográfico se realizó a un aumento de 400x. Se midieron 34 ascosporas de las variables de diámetro, eje polar y ecuatorial.

**Algas:** Para el rastreo de algas se usó objetivo de 20x y para realizar las mediciones se usó objetivo de 40x, el registro fotográfico se realizó a un aumento de 400x. Se midieron el diámetro de 34 algas.

**Apotecios:** Para su estudio se usó objetivo de 20x y para realizar las mediciones se usó objetivo de 10x y 20x, el registro fotográfico se realizó a un aumento de 200x. Se midieron el diámetro de 34 apotecios.

**Talo:** Para el análisis se usó objetivo de 20x y para realizar las mediciones se usó objetivo de 20x, el registro fotográfico se realizó a un aumento de 200x. Se midió el grosor de 34 talos.

**Areolas:** Para su análisis también se usó objetivo de 10x y 20x y para realizar las mediciones se usó objetivo de 20x, el registro fotográfico se realizó a un aumento de 200x. Se midió el largo y ancho de 34 areolas.

Tratamiento estadístico:

**a. Distribución de frecuencias** del eje polar, eje ecuatorial o diámetro.

**b. Media aritmética** de cada uno de los parámetros, para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$Y = Ot + C \sum (nidi) / n \quad \text{Donde: Ot: Marca de clase de mayor frecuencia.}$$

$$C = \text{Amplitud.}$$

$$n = \text{Número de individuos.}$$

**c. Desviación estándar:** Para determinar el grado de alejamiento con respecto a la media aritmética. Se utilizó la siguiente relación:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

**d. Coeficiente de variabilidad:** cuya fórmula es la siguiente:

$$CV = (Sx/Y)100$$

Donde : Sx : Desviación estándar y  
Y : Promedio.

#### 4.6.3 Caracterización de los efectos de *Lecidea sp.* en fragmentos de líticos.

##### 4.6.3.1 Preparación de secciones estratigráficas.

Para la obtención de secciones estratigráficas de muestras de líticos colonizados se utilizó la técnica propuesta de Jiménez *et al.* (2005) y procedió de la siguiente manera:

1. Para obtener las secciones estratigráficas previamente se realiza la selección de las áreas colonizadas de acuerdo al propósito de estudio con la ayuda de microscopio estereoscópico con aumento de 5x a 80x. De las áreas seleccionadas se obtiene fragmentos de 1x1cm.
2. Los fragmentos de líticos seleccionados son sumergidos en resina sintética (polvo-vitalloy y líquido vitalloy) en proporción de 1/1. Esta mezcla es preparada en moldes de plastilina, la misma que se solidifica después de 2 horas quedando fijada el fragmento de lítico.
3. Una vez seca la resina, se procedió a extraer el bloque del molde, para seguidamente lijar o desgastar (lijar de agua de 80,200, 1000, 2000), con la

finalidad de obtener secciones estratigráficas cuyo grosor varia 0.5 a 1 mm, las mismas que posteriormente serán colocadas en láminas porta objetos para su observación con microscopio óptico.

#### **4.6.4 Caracterización de los efectos de *Lecidea sp.* en elementos líticos del Sector de Baluartes.**

Se caracterizo los efectos de *Lecidea sp.* en los elementos líticos del Sector de Baluartes en los tres niveles o terrazas para tal efecto se siguió los siguientes pasos:

1. Se inició la labor identificando los 55 puntos o paramentos a evaluar en el Sector de Baluartes que fueron elegidos mediante la tabla de números aleatorios.
2. Para la evaluación de los efectos se usó un Microscopio USB digital multipropósito con el sensor de 5 MPx aumento digital hasta 500x e iluminación LED superior, para observar las características morfológicas de *Lecidea sp.*, deterioro o alteraciones de los líticos.
3. Seguidamente el sensor aparato se coloca en contacto con las caras superficiales de los elementos líticos colonizados por *Lecidea sp.*. La imagen captada por el sensor digital es a continuación transmitida a una computadora portátil mediante conexión USB; el aumento que se usó para observar las características morfológicas fue de 100 a 200x.
3. Con la ayuda de este equipo se recorrió los diferentes niveles y tramos del sector Baluartes registrando las características morfológicas (areolas, talo, apotecios) del litoaliquen, fases de desarrollo del litoaliquen, deterioro generado sobre la superficie de los elementos líticos, además se realizó un registro fotográfico y las correspondientes mediciones.

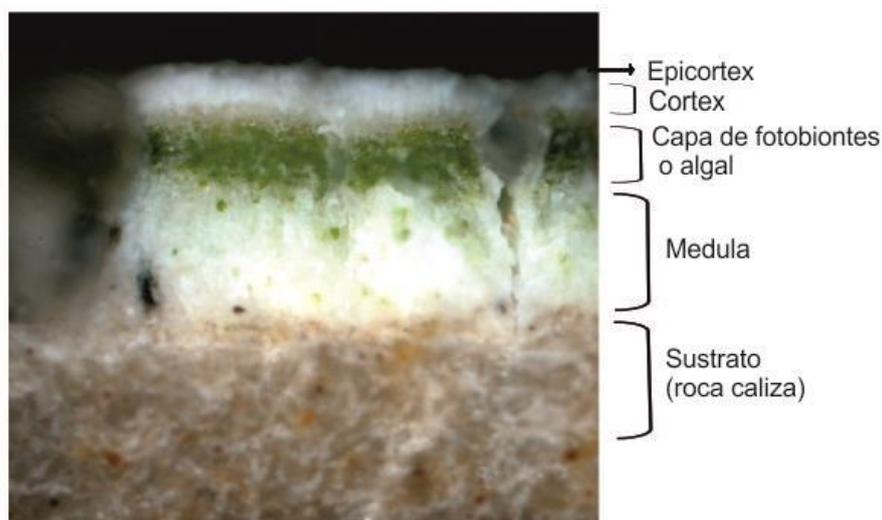
## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Caracterización morfológica de *Lecidea sp.*

#### 5.1.1 Talo liquenico.

El líquen *Lecidea sp.*, posee talo crustáceo, sumergido en el sustrato, areolados, efigurados en el margen, generalmente de color blanco a grisáceos. El talo es heterómero con epicórtex, córtex, capa algal y medula (figura 1).

**Figura 1:** Estructura del talo de *Lecidea sp.*



(Microfotografía con magnificación a 200 x).

El talo liquenico de *Lecidea sp.*, va experimentando cambios en su morfología de acuerdo a sus estadios de desarrollo con se muestra en las figuras 2 y 3 vista en corte transversal y vista superficial así:

**En fase 1:** El talo puede alcanzar a medir desde 2 $\mu$ m a 13 $\mu$ m en los bordes o márgenes. En estas áreas solo se visualiza dos capas bien diferenciadas córtex superior y capa algal, en donde aún no se diferencia la separación entre areola y areola (figura 2A en corte transversal y figura 3 fase 1 en vista superficial).

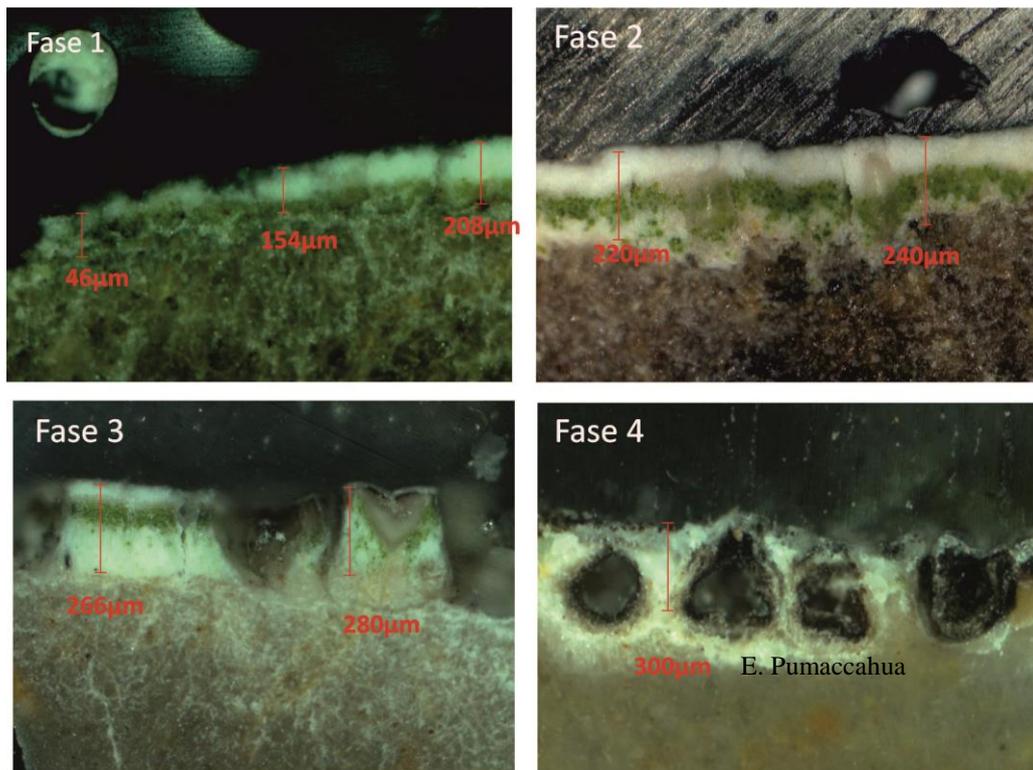
**En fase 2:** A medida que se analiza en áreas donde la altura del talo se incrementa se va diferenciando el córtex superior, capa algal, medula y también se comienza a diferenciar los sacos de los apotecios de color transparente de forma oval ocupando espacios en las tres capas mencionadas (figura 2B en corte transversal y figura 3

fase 2 en vista superficial). El grosor en estos espacios puede variar entre 220 a 240  $\mu\text{m}$ .

**En fase 3:** Se observa la presencia de apotecios maduros el grosor del talo alcanza una altura de 266 a 280  $\mu\text{m}$ ; mientras que los apotecios incrementan sus dimensiones remplazando los espacios de los tejidos laxos de la capa fúngica y capa algal reduciendo las áreas del tejido liquenico (figura 2C en corte transversal y figura 3 fase 3 en vista superficial)).

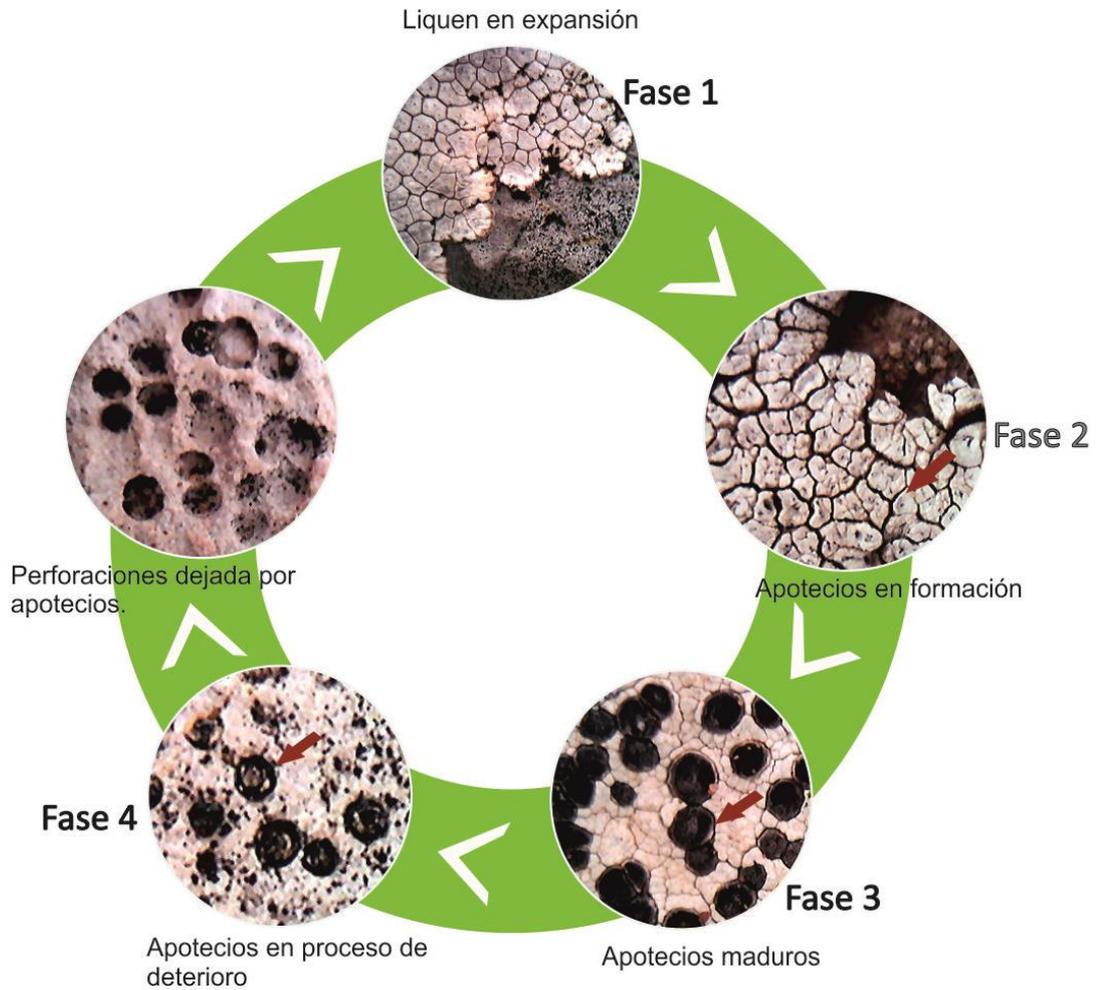
**En fase 4:** En esta fase el tejido fúngico y capa algal son remplazados por el cuerpo de los apotecios (figura 2C en corte transversal y figura 3 fase 4 en vista superficial).

**Figura 2:** Corte transversal del talo que muestra el proceso de crecimiento según sus estadios de desarrollo.



**Fase 1:** Talo liquenico en fase joven de color blanco que tienen una altura que va de 46 a 208  $\mu\text{m}$ . **Fase 2:** Inicios de formación de los apotecios cuyo talo liquenico mide hasta 240  $\mu\text{m}$  de altura. **Fase 3:** Apotecios cuya altura de talo llega a medir hasta 280  $\mu\text{m}$ . **Fase 4:** Apotecios maduros donde la capa de talo es poco visible, la altura llega a alcanzar hasta 300  $\mu\text{m}$ . (Microfotografía con magnificación de 200x).

**Figura 3:** Proceso de desarrollo de *Lecidea sp.* en vista superficial.



Microfotografía con magnificación a 200x

### 5.1.2 Areolas de *Lecidea sp.*

Las areolas son estructuras planas, poligonales con los márgenes angulosos, blanco beige hasta gris claro. El crecimiento de las areolas es marginal y el área de una areola puede llegar ser remplazado por el cuerpo del apotecio que en algunos casos llega a medir cerca de 3mm. (Figura 4).

**Figura 4:** Vista frontal y corte vertical de *Lecidea sp.*



**Tabla 7:** Tratamiento estadístico del tamaño de las areolas de *Lecidea sp.*

	PARAMETROS	
	EJE POLAR	EJE ECUATORAL
<b>N° de muestras</b>	34	34
<b>Media aritmética</b>	3 mm	2.8 mm
<b>Desviación estándar</b>	0.5 mm	0.5 mm
<b>Coficiente de variabilidad</b>	18%	18%

El tamaño de las areolas puede variar de acuerdo al proceso de desarrollo por ejemplo una areola en formación puede alcanzar a medir entre 1.2 a 1,6 mm, mientras las areolas más grande llegan a medir hasta 3.9 mm.

Al realizar el análisis estadístico del eje polar de las areolas de *Lecidea sp.*, teniendo como muestra 34 individuos se tiene que su desviación estándar es de 0.5, la media aritmética es de 3 mm, el coeficiente de variabilidad es del 18%. Mientras que el eje ecuatorial de las areolas tiene una media aritmética de 2.8 mm y coeficiente de variabilidad de 18%. Datos que nos indican que el tamaño de las muestras son variables y no son homogéneas (Tabla 7).

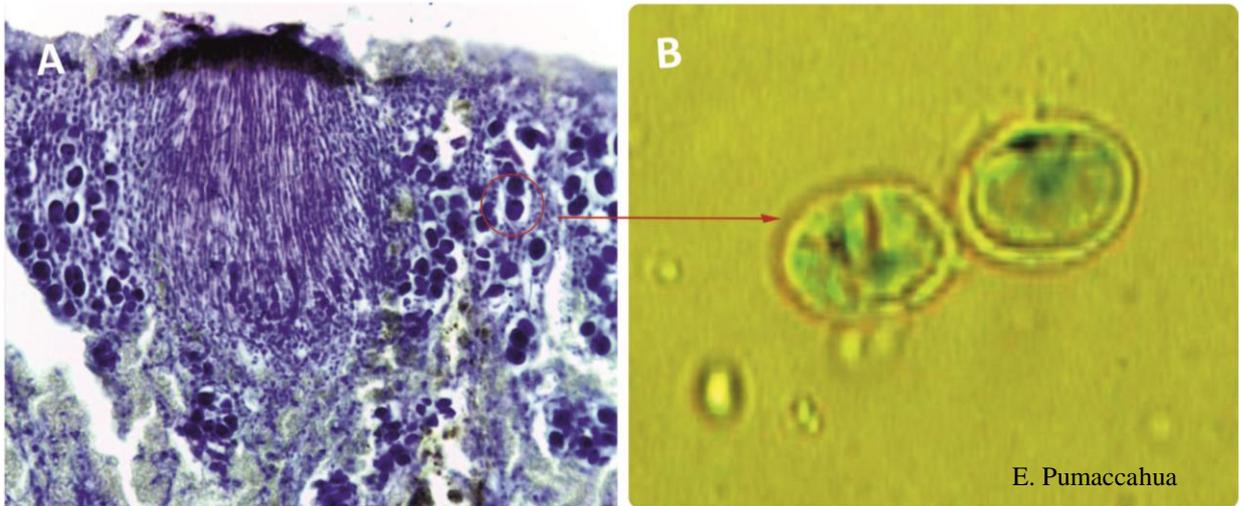
### 5.1.3 Medula liquenica de *Lecidea sp.*

Está constituido por un conjunto de hifas laxamente entremezcladas (aracnoide), de aspecto algodonoso y con espacios que permiten la aireación del talo. Las células de las hifas suelen ser alargadas, pero el grosor de la pared es variable.

### 5.1.4 Morfología del fotobionte liquenico.

El fotobionte está constituido por algas verdes que pertenecen al género *Trebouxia*. El diámetro de las algas varía entre 9 a 14  $\mu\text{m}$ . Las algas se hallan distribuidas en medio de hifas laxamente entremezcladas de la capa fúngica (Figura 5A y 5B).

**Figura 5:** Capa algal y fotobionte *Trebouxia*



**A:** Corte transversal del tejido liquenico donde se observa las algas de forma esférica aumento a 400x,  
**B:** Fotobionte *Trebouxia*. Aumento a 1000x.

Al realizar el análisis estadístico del diámetro del fotobionte de *Lecidea sp.*, teniendo como muestra 34 individuos se tiene que su desviación estándar es de 1.5, la media aritmética es de 9.88  $\mu\text{m}$ , el coeficiente de variabilidad es del 15%. Datos que nos indican que las muestras son homogéneas (ver tabla 8).

**Tabla 8:** Resultado del tratamiento estadístico para *Trebouxia*.

	PARAMETROS
	DIAMETRO
N° de muestras	34
Media aritmética	9.88 $\mu\text{m}$
Desviación estándar	1.5 $\mu\text{m}$
Coefficiente de variabilidad	15%

### 5.1.5 Caracterización de los apotecios del líquen *Lecidea sp.*

Los apotecios típicamente lecideinos, negros con exipulo carbonaceo (los plecténquimas característicos de los márgenes que rodean y protegen el himenio y el hipotecio), al menos en la periferia, más claro hacia al interior generalmente persistente y constituidos por cadenas de hifas más o menos dilatadas. Apotecios hundidos en las areolas, sus diámetros varían entre 0,5 a 1.8 mm. Epitecio a menudo pigmentado de marrón oscuro. Hipotecio marrón o negro.

**Tabla 9:** Resultado del tratamiento estadístico para apotecios de *Lecidea sp.*

	PARAMETROS
	DIAMETRO
Nº de muestras	34
Media aritmética	0.74 mm
Desviación estándar	0.09 mm
Coefficiente de variabilidad	12 %

Al realizar el análisis estadístico del diámetro de las apotecios de *Lecidea sp.*, teniendo como muestra 34 individuos se tiene que su desviación estándar es de 0.09, la media aritmética es de 0.74 mm, el coeficiente de variabilidad es del 12 %. Datos que nos indican que las muestras no son homogéneas (Tabla 9).

#### 5.1.5.1 Desarrollo de los Apotecio

El apotecio durante su crecimiento muestra fases de desarrollo que a continuación se describen:

##### Fase 1

En esta fase los apotecios no se diferencian claramente en la estructura del talo, o están en proceso de crecimiento y expansión en la superficie del lítico (figura 6 –fase 1).

##### Fase 2

La forma y diámetro del apotecio varían de acuerdo a su desarrollo, iniciando su desarrollo en la medula de forma tubular de color transparente, aparentemente vacío. Posteriormente la estructura del apotecio se va prolongando hacia el córtex y hacia parte

inferior de la medula donde su coloración va tornándose de color marrón claro. En esta fase se observa que la base del apotecio se va prolongando a la capa superficial del lítico (figura 6 –fase 2).

### **Fase 3**

En esta fase se observa que la parte superior del apotecio se encuentra fuera del córtex superior tornándose de color marrón oscuro y se distingue que las ascosporas aún no han sido liberadas al medio ambiente. Así, el crecimiento del apotecio es más notorio por el incremento en sus dimensiones. En esta fase se inicia la formación en la capa superficial del lítico (figura 6 –fase 3).

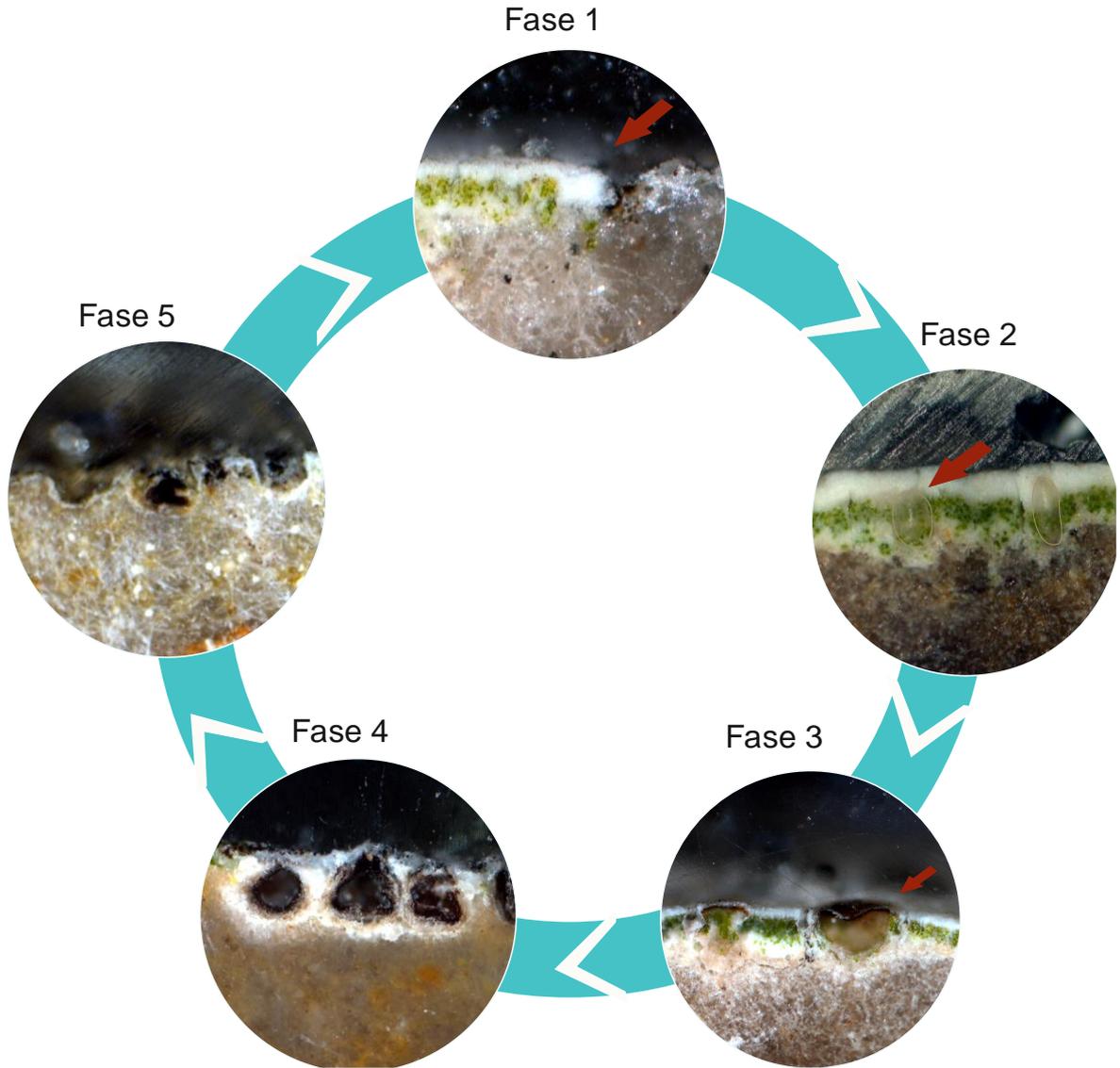
### **Fase 4**

En esta fase los apotecios alcanzan su máximo desarrollo llegando a ocupar el área de una areola, la coloración del tejido de los apotecios se tornan de color negro y aparentemente comienza la liberación de las ascosporas. Además, en esta etapa se distingue que cada apotecio está rodeado por menos tejido fúngico y algal. En la interfase entre liquen y lítico se distingue claramente el incremento de las dimensiones de los alveolos dejadas por los apotecios (figura 6 –fase 4).

### **Fase 5**

En esta fase solo se observa algunos restos de los tejidos de los apotecios en los alveolos generados en la capa superficial del lítico. Así mismo; los tejidos de la capa fúngica y algal desaparecieron (Figura 6 –fase 5).

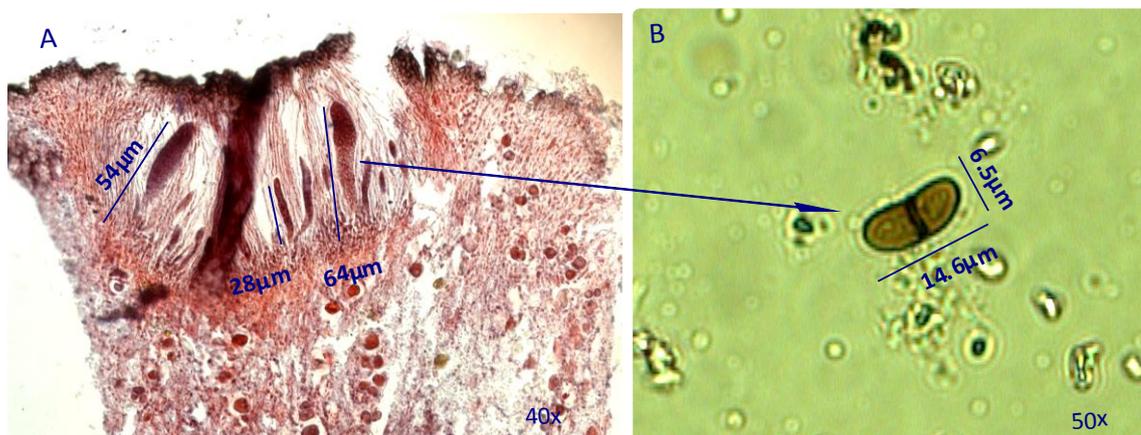
**Figura 6:** Desarrollo de apotecio vista en un corte vertical (Aumento a 200x).



### 5.1.6 Morfología de las ascosporas de *Lecidea sp.*

Las ascas son del tipo Lecidea; en cuyo interior se hallan las ascosporas incoloras, elipsoidales hasta oblongas, frecuentemente con el citoplasma fragmentado. El tamaño del eje polar de las ascosporas varía entre 12.62 a 17.6  $\mu\text{m}$  y el tamaño del eje ecuatorial de las ascosporas varía entre 5 $\mu\text{m}$  a 8 $\mu\text{m}$ . El número de ascosporas cuantificado para *Lecidea sp.* es de 8 por asca como se observa en la Figura 7 A y 7B.

**Figura 7:** Corte histológico del líquen que muestra las ascas y ascospora de *Lecidea sp.*



**Tabla 10:** Resultado del tratamiento estadístico de ascosporas de *Lecidea sp.*

	PARAMETROS	
	EJE POLAR	EJE ECUATORAL
<b>N° de muestras</b>	34.00	34.00
<b>Media aritmética</b>	14.68 μm	7.40 μm
<b>Desviación estándar</b>	2.63 μm	0.41 μm
<b>Coefficiente de variabilidad</b>	16%	6%

Al realizar el análisis estadístico del tamaño de las ascosporas de *Lecidea sp.*, teniendo como muestra 34 individuos se tiene que su desviación estándar para el eje polar es de 2.63, la media aritmética es de 14.7 μm, el coeficiente de variabilidad es del 15.6 %. Mientras que para eje ecuatorial de la espora la media aritmética es de 7.4 μm, su desviación estándar es de 0.41 y coeficiente de variabilidad es del 6 %. Datos que nos indican que las muestras son homogéneas (Tabla 10).

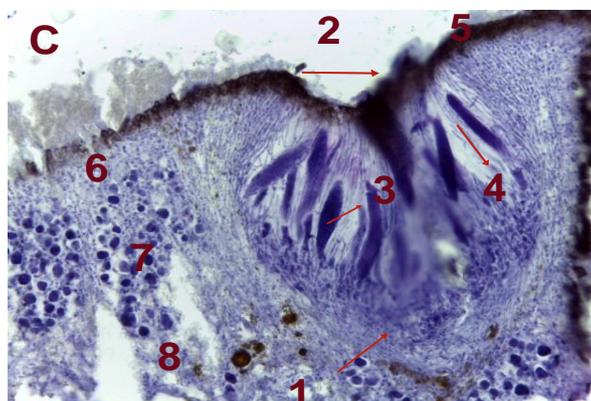
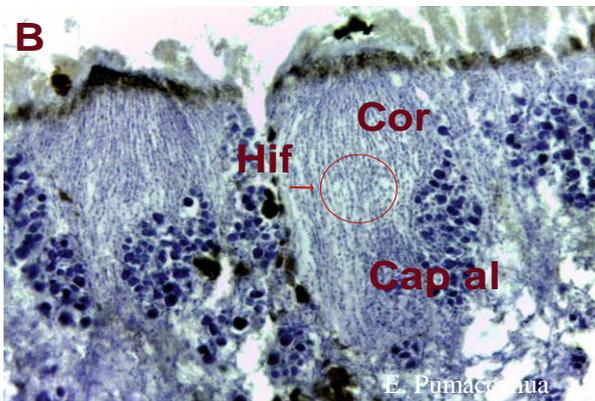
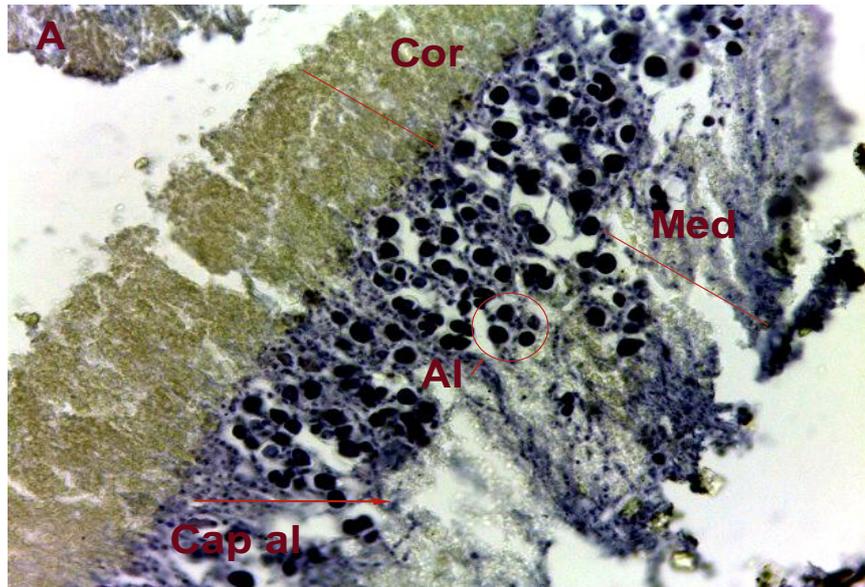
### 5.1.7 Histología de *Lecidea sp.*

El corte histológico de *Lecidea sp.*, muestra un talo heterómero formado por tres capas: cortex formado por falsos tejidos fúngicos, capa algal distribuida en medio de las hifas fúngicas y medula formada por hifas de aspecto algodonoso (fig. 8A y 8B).

En la figura 10C se muestra el corte histológico del apotecio, distinguiéndose claramente: el hipotecio que viene a ser el tejido fúngico entre la base del himeneo,

epitecio que viene a ser la capa que se encuentra por encima de las ascas, ascas del tipo Lecidea en cuyo interior se encuentran las ascosporas, parafisis que vienen a ser las hifas especializadas del himeneo y crecen entre las ascas, anfitecio que es el borde que rodea al disco del apotecio.

**Figura 8:** Corte histológico de *Lecidea sp.*



**A:** Muestra el corte vertical del talo del liquen se observa los estratos bien definidos: Cor: Córtez, Med: Medula, Cap al: Capa algal, Al: Alga.

**B** Muestra la distribución de las hifas en forma vertical.

**C:** Muestra el corte vertical del apotecio en el que se señala sus partes: 1:Hipotecio, 2: Epitecio, 3: Asca, 4: Parafisis, 5:Anfitecio, 6:Cortex, 7:Capa algal, 8:Medula.

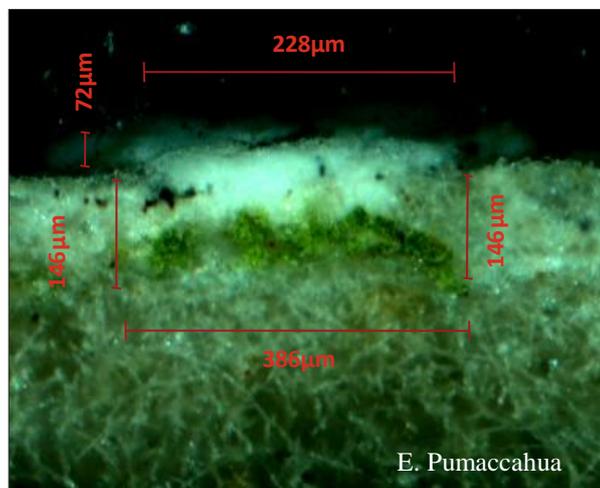
(Microfotografía con aumento de 500x.

## 5.2 Efectos de *Lecidea sp.* en la interfase liquen – lítico en fragmentos de canteras.

### 5.2.1 Fase de crecimiento o expansión del talo de *Lecidea sp.*

El liquen en esta fase de crecimiento y expansión, deteriora la superficie del lítico, hasta una profundidad 146  $\mu\text{m}$  por debajo de la capa superficial del lítico, corroyendo de esta manera la superficie del lítico a medida que avanza en su expansión y desarrollo (Figura 9 y tabla 11), el cuerpo liquenico alcanzando una altura de 72  $\mu\text{m}$  (Figura 9).

**Figura 9:** Inicios de la colonización de *Lecidea sp.* en fase expansión.



Muestra corte vertical del lítico colonizado con *Lecidea sp.*, en el que se observa claramente la invasión de la capa superficial del lítico llegando a deteriorar hasta una profundidad de 146  $\mu\text{m}$  por debajo de la capa superficial.

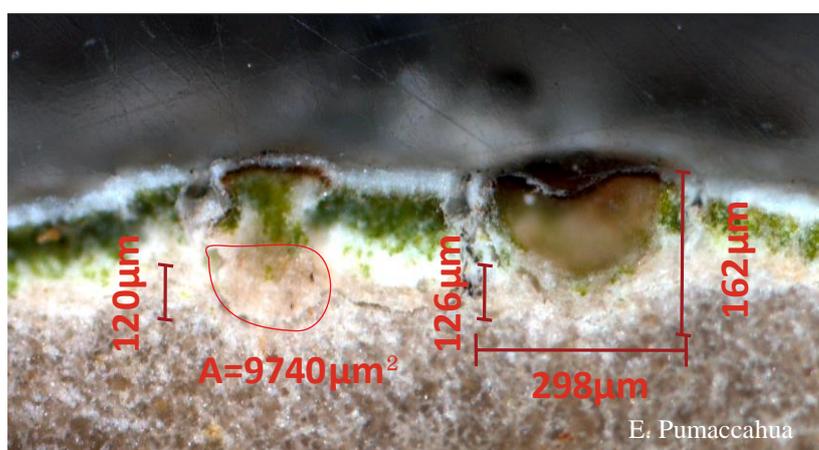
**Tabla 11:** Mediciones del deterioro en fase de inicio de colonización de *Lecidea sp.*

N° de repeticiones: 20		Media aritmética: 84948
Área ( $\mu\text{m}^2$ )	OBSERVACIONES	
40748	El deterioro se encuentra a 122 $\mu\text{m}$ del nivel del lítico y el avance es endolítico.	
60264	Se encuentra a 124 $\mu\text{m}$ del nivel original, avance endolítico.	
53088	Se encuentra a 112 $\mu\text{m}$ del nivel original, avance endolítico.	
96280	Se encuentra a 166 $\mu\text{m}$ del nivel original, avance endolítico	
99408	Se encuentra a 152 $\mu\text{m}$ del nivel original, avance endolítico por un extremo por debajo de 3.5 $\mu\text{m}$ del nivel original.	
159900	Se observa el crecimiento horizontal del líquen.	

## 5.2.2 Fase de formación de apotecios.

En esta fase aparentemente comienza el mayor deterioro de la capa superficial del lítico, debido a que el apotecio amplía su dimensión tanto en profundidad y ancho como se muestra en el Tabla 12, además en la capa de interfase entre el líquen y lítico presenta arenización o formación de callos posiblemente debido a la acción mecánica y química que ejerce el líquen como se detalla en la figura 10.

**Figura 10:** Corte vertical de lítico colonizado por *Lecidea sp.* con apotecios en formación.



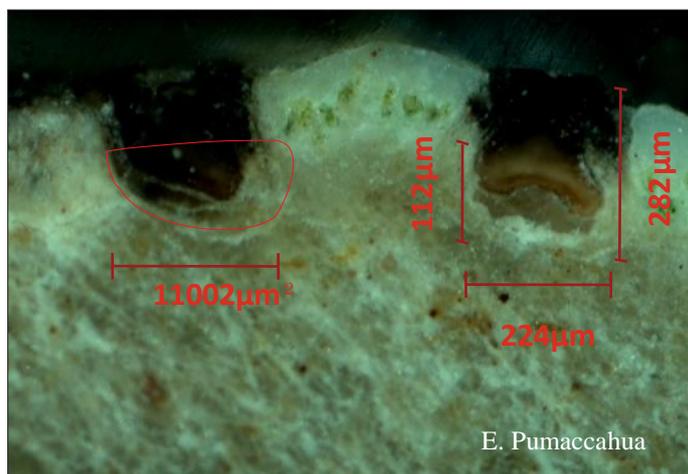
Microfotografía que muestra la corrosión y desestabilización generada por los apotecios, cuyas profundidades pueden alcanzar hasta 162  $\mu\text{m}$ .(400x).

**Tabla 12:** Mediciones del deterioro del lítico durante la formación de apotecios.

Área ( $\mu\text{m}^2$ )	OBSERVACIONES
439171720	El lítico se encuentra deteriorado 130 $\mu\text{m}$ por debajo de la capa liquenica.
33368	Se observa que la parte inferior del apotecio se encuentra por debajo 172 $\mu\text{m}$ por debajo del nivel del lítico.
687024	Se observa deterioro en el contorno del apotecio.
302412	La medición que se realiza del deterioro es por debajo de la capa liquenica, observándose arenización hasta una profundidad de 174 $\mu\text{m}$ , apotecios desarrollados.
302412	Apotecios desarrollados por encima del lítico con áreas de 49776 $\mu\text{m}^2$ y 50880 $\mu\text{m}^2$
268600	Apotecios con medidas de 214x122 $\mu\text{m}$ , 178x84 $\mu\text{m}$ , 176x122 $\mu\text{m}$ , se observa escasa capa algal y la capa fúngica aparentemente desaparece.
72712	El apotecio se encuentra instalado por debajo del nivel del lítico llegando 240 $\mu\text{m}$ de profundidad.
63296	El contorno del apotecio se encuentra desestabilizado.
61500 y 91060	Se observa el apotecio sin capas contiguas de talo por otro lado se observa otros tres apotecios con algunos fragmentos de talos maduros similar al que se describe.
84320	Se observa poca cantidad de talo liquenico en uno de los extremos mientras que el otro tiene un avance endolítico.
109968	La parte inferior del lítico está por debajo del lítico hasta una profundidad de 8.3 $\mu\text{m}$ y 8.9.

Además durante el proceso de formación de los apotecios se observa la mayor horadación de la capa superficial llegando a afectar áreas de 282 x 224  $\mu\text{m}$  causando perforación y corrosión como se observa en la figura 11.

**Figura 11:** Corte vertical del lítico colonizado por *Lecidea sp.* mostrando apotecios maduros.



Aumento: 400x

### 5.2.3 Fase de finalización de desarrollo de apotecios de *Lecidea sp.*

En esta fase aparentemente *Lecidea sp.* concluye su desarrollo y se observa algunos fragmentos de los tejidos de los apotecios adheridos en las cavidades de los alveolos y no distinguiéndose ningún fragmento de tejido fúngico ni capa algal. En la tabla 13 se muestra la dimensión de áreas afectadas.

**Tabla 13:** Mediciones del deterioro del lítico durante la finalización del desarrollo de los apotecios.

AREA ( $\mu\text{m}^2$ )	OBSERVACIONES
96720	En el área deteriorada se observa algunos fragmentos de lo que constituido el apotecio.
22692	No hay fragmentos de apotecio.
82992	Restos de apotecio que ya no tiene contacto con el lítico.
55752	Restos de apotecio que ya no tiene contacto con el lítico.
65156	No hay fragmentos de apotecio.

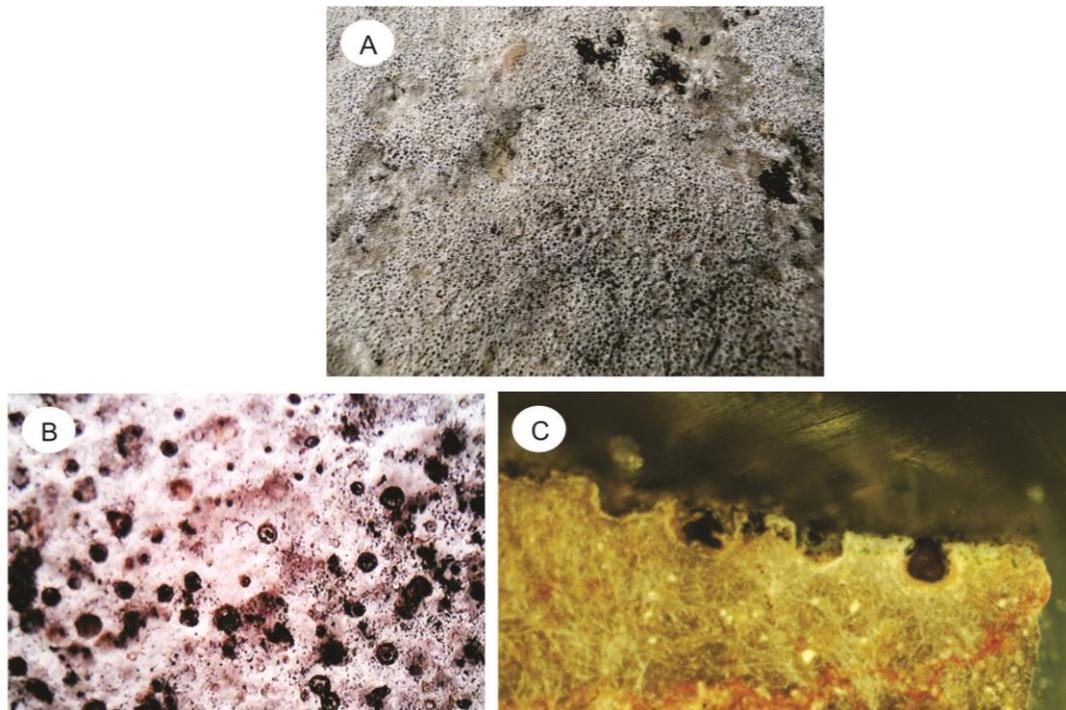
Los diámetros de las alveolizaciones varían de 142 a 302  $\mu\text{m}$ , su coeficiente de variabilidad nos indica que un 19% se encuentra fuera de estos parámetros, la media

aritmética es de 0.22 mm. Por lo que los diámetros de las alveolizaciones no son homogéneos y que estos valores pueden variar (Tabla 14).

**Tabla 14:** Tratamiento estadístico de las alveolizaciones generadas por *Lecidea sp.* en la superficie del lítico.

	PARAMETROS
	DIAMETRO
N° de muestras	34
Media aritmética	0.22 mm
Desviación estándar	44 mm
Coefficiente de variabilidad	19 %

**Figura 12:** Deterioro del lítico en la fase final de desarrollo del apotecio.



A: Vista del lítico a ojo desnudo que muestra las alveolizaciones dejadas por *Lecidea sp.* en la superficie del lítico, B: Vista superficial del lítico con aumento de 100x que muestra las alveolizaciones dejadas por *Lecidea sp.* y C: Vista de corte vertical del lítico con aumento de 200x que muestra la profundidad que genera los apotecios *Lecidea sp.* al final de su fases de desarrollo.

### 5.3 Efectos generados por *Lecidea sp.* en elementos líticos del Sector de Baluartes

#### 5.3.1 Formación de patina por colonización de *Lecidea sp.*

De acuerdo a los análisis el líquen que coloniza los elementos líticos de los paramentos del sector de Baluartes-Parque Arqueológico de Saqsaywaman corresponde a *Lecidea sp.*, que genera la formación de pátina causando un impacto visual por la coloración blanca (figura 13).

**Figura 13:** Colonización de *Lecidea sp.* en elementos líticos del Sector de Baluartes



**A:** Elemento lítico del Sector Baluartes que esta colonizado por *Lecidea sp.*, que ocupa aproximadamente el 80% de lítico, **B:** Se muestra una amplificación de un sector del lítico y **C:** Amplificación del líquen *Lecidea sp.* a 200x, donde se muestra los apotecios de color negro.

Se ha registrado *Lecidea sp.* colonizando 1719 elementos líticos en el Sector de Baluartes en sus tres niveles o terrazas. El tamaño de áreas colonizadas varía de 0,01 m a 1.5 m. Así mismo del mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en las estructuras del Sector de Baluartes se ha determinado:

- **En el primer nivel o terraza** del sector de Baluartes el número de elementos líticos colonizados son de 343, cuyos tamaños varían de 0.02 m a 1.5 m como se observa en los tramos 3, 5, 8, 16, 17, 18, 20 y 21 (fig. 14, 15 y 16).

Mientras que en los tramos 6, 7, 8, 10, 13, 15, 17 y 19 son de tamaños regulares y se ubican con mayor frecuencia en los elementos líticos que se hallan en la cabecera de los muros.

**Figura 14:** Mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en el Tramo 3 – Nivel 1.



**Figura 15:** Mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en el Tramo 8 – Nivel 1



**Figura 16:** Mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en el Tramo 16 – Nivel 1.



- **En el segundo nivel:** En este nivel los tramos con más elementos líticos colonizados corresponden a los tramos 5, 12, 13, 17, 20 y 22, de igual modo el tamaño de las áreas colonizadas es menor en comparación con el tamaño de áreas colonizadas en el primer nivel. En los tramos 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16 y 21; el tamaño y número de elementos líticos colonizados es menor. En el segundo nivel 685 elementos líticos se hallan colonizados por *Lecidea sp.*, la gran mayoría de estos elementos colonizados se hallan en las cabeceras de los paramentos (figura 17, 18 y 19).

**Figura 17:** Mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en el Tramo 2 – Nivel 2.



**Figura 18:** Mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en el Tramo 17 – Nivel 2.



**Figura 19:** Mapeo de la colonización del *Lecidea sp.* en el Tramo 18 – Nivel 2.



Los tramos con escasos elementos líticos colonizados se encuentran en los tramos 1, 8, 11 y 19 (figura 20).

**Figura 20:** Mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en el Tramo 19 – Nivel 2.



- **En el tercer nivel:** En este nivel 691 elementos líticos son colonizados por *Lecidea sp.* causando un impacto visual negativo por la coloración blanca (figura 21,22 y 23).

**Figura 21:** Mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en el Tramo 11 – Nivel 3



**Figura 22:** Mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en el Tramo 14 – Nivel 3



**Figura 23:** Mapeo de la colonización de *Lecidea sp.* en el Tramo 15 – Nivel 3



### 5.3.2 Deterioro en elementos líticos del Sector Baluartes por la colonización *Lecidea sp.*

Las alteraciones generadas por la colonización del género *Lecidea sp.* sobre la superficie de los elementos líticos que conforman los paramentos del sector Baluartes por los estudios realizados en fragmentos de roca caliza colonizada por *Lecidea sp.* procedentes de canteras se determinó la generación de callos, alveolizaciones y consecuentemente erosión superficial de la interfase roca-liquen desde la fase joven o de crecimiento hasta la conclusión de su ciclo de vida de *Lecidea sp.*. Las características externas de la morfología del *Lecidea sp.* son indicadores del grado de deterioro, así áreas en las que se observó areolas sin apotecios indica que se está generando arenización y formación de callos en la interfase liquen lítico; mientras que la presencia de apotecios en las areolas indica que se está horadando o alveolizando como se ve en las figuras 9,10,11y 12. En la tabla 15 se muestran el registro de los puntos evaluados.

**Tabla 15:** Puntos de evaluación de los efectos generados en el Sector de Baluartes.

Niveles del sector Baluartes	Puntos de evaluación	
	Con deterioro.	Con alveolizaciones.
<b>Nivel 1</b>	15 puntos (T-3, T-4, T-5, T-7, T-8, T-11, T-15, T-16, T-17, T-18, T-19, T-20, T-21, T-22).	3 puntos (T-5, T-7, T-8).
<b>Nivel 2</b>	20 puntos (T-2,T-3,T-4,T-5,T-6,T-7,T-8T-9,T-10,T-11,T-12,T-13,T-14,T-15,T-16,T-17,T-18,T-20,T-21, T-22).	2 puntos (T-11 y T-14).
<b>Nivel 3</b>	16 puntos (T-1,T-2,T-3,T-5,T-6,T-7,T-8,T-11,T-12,T-13, T-14,T-15,T-16, T-17,T-18,T-19).	1 punto (T-6).

En la evaluación realizada en los paramentos del Sector Baluartes de los 57 puntos evaluados se determinó que:

- En el primer nivel de los 18 puntos evaluados el 26.3 % se encuentran en proceso de formación de callos y corrosión superficial. Mientras que en el 5.3 % de los puntos evaluados se evidencio la presencia de alveolizaciones (tabla 16).

- En el segundo nivel de los 22 puntos evaluados 35 % se hallan en proceso de formación de callos y corrosión superficial y 3.5 % se hallan con alveolizaciones causadas por la colonización de *Lecidea sp.* (tabla 16).
- En el tercer nivel de los 16 puntos evaluados el 28 % presentan formación de callos corrosión superficial y 1.8 % se evidencia alveolizaciones (tabla 16).

**Tabla 16** : Porcentaje de deterioro generado por *Lecidea sp.* en los puntos evaluados en el Sector de Baluartes.

Formas de deterioro	Total de puntos evaluados ( 57)						Total %
	1° nivel	%	2° nivel	%	3° nivel	%	
<b>Callos y corrosión superficial</b>	15	26.3	20	35	16	28	89.3
<b>Alveolizaciones</b>	3	5.3	2	3.5	1	1.8	10.7
	<b>18</b>	<b>31.6</b>	<b>22</b>	<b>38.5</b>	<b>17</b>	<b>29.8</b>	<b>100</b>

## DISCUSION

### Caracterización de la morfología.

Del estudio se desprende que *Lecidea sp.* posee talos crustáceos, inmersos en el sustrato, areolados, más o menos efigurados en el margen, generalmente de color blanco a grisáceos. El talo es heterómero. Apotecios hundidos en las areolas, sus diámetros varían entre 0,5 a 1.8mm. El fotobionte está constituido por algas verdes que pertenecen al género *Trebouxia*. Ascosporas incoloras, elipsoidales hasta oblongas, frecuentemente con el citoplasma fragmentado, tamaños que van entre los rangos de polar 12.62 a 17.6  $\mu\text{m}$  y la medición del lado ecuatorial varía entre 5 $\mu\text{m}$  a 8 $\mu\text{m}$ . Características morfológicas de *Lecidea sp.*, que causan biodeterioro con la consecuente formación de callos, corrosión superficial y alveolización. Iniciando su proceso de deterioro desde el momento en que coloniza la superficie de los líticos, así al analizar el líquen en áreas en fase de crecimiento y expansión el biodeterioro llega a afectar hasta una profundidad 146  $\mu\text{m}$  por debajo de la capa superficial.

### Efectos producidos por *Lecidea sp.* en la interface líquen-lítico en fragmentos de canteras.

Al analizar los fragmentos de rocas colonizadas con *Lecidea sp.*, se observó que el deterioro comienza desde el momento de la expansión del líquen hasta que concluye su desarrollo. Cuando los apotecios se encuentran en formación aparentemente comienza el mayor deterioro de las rocas causada por la penetración de las hifas, la expansión y contracción del talo del líquen, debido a que el apotecio amplía su dimensión tanto en profundidad y amplitud; así durante la fase joven se observa que la profundidad del sustrato alterado va 46 a 50  $\mu\text{m}$  y en la fase adulta llega a desestabilizar hasta una profundidad de 30 a 168  $\mu\text{m}$  datos que en comparación con el estudio realizado por **Puy-Alquiza et al (2015)** en *Xanthoparmelia mexicana*, *X. tasmanica*, cuyas rizinas penetran de 30  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ , mientras que en *Caloplaca aff. brouardii*, *C. aff. ludificans* y *Aspicilia sp.*, penetran de 0.5  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ , mostrando de esta manera la agresividad de *Lecidea sp.* sobre la superficie de los elementos líticos colonizados posiblemente debido a la acción mecánica de las hifas y a la acción de los ácidos liquenicos como son Ácido norestrictico, confluentico, rara vez con atranorina que producen los líquenes del genero *Lecidea* (Barreno y Pérez, 2003). Corroborando lo

dicho también por Ascaso *et al.*(2002), De los Ríos & Ascaso, (2005), quienes mencionan que los líquenes epilíticos y endolíticos pueden dañar tanto mecánicamente como químicamente la superficie como el interior de la roca, debido principalmente a la adhesión, penetración y cambios de volumen debidos a los procesos de hidratación-deshidratación de las estructuras hifas ya la liberación de metabolitos que tienen propiedades ácidas y / o funciones quelantes.

### **Efectos causados por *Lecidea sp.* en elementos líticos de las estructuras arquitectónicas del Sector de Baluartes-Saqsaywaman.**

Por otro lado, al analizar los efectos generados por *Lecidea sp.* a nivel macroscópico en los elementos líticos que conforman los paramentos del sector Baluartes, el más notorio a simple vista es la patina de color blanco, la misma que pueden cubrir áreas desde un centímetro a hasta dos metros, causando un impacto visual. Además, de que 1719 elementos líticos presentan esta patina distribuidas en los paramentos de los tres niveles. Mientras que, al analizar las fases de desarrollo y los efectos generados a **nivel microscópico** de *Lecidea sp.* en los 57 puntos de evaluación en el Sector de Baluartes se determinó que el 89.3% de los paramentos se encuentran en proceso de formación de callos y corrosión superficial y el 10.7% se hallan con alveolizaciones. Esto posiblemente por la característica del líquen endolítico de *Lecidea sp.*, de ser muy fotofita, anemófila y estar muy expuestas (Barreno y Pérez, 2003). Razones por las que se puede explicar que esta especie tenga preferencia por ubicarse en áreas de los paramentos y elementos líticos que se hallan muy expuestas, reciban iluminación y radiación solar durante la mayor parte del día, así como por la ubicación y topografía del lugar también están sujetos a los vientos cuya velocidad media anual del viento es de 4.4 Km/hr, la máxima llega a 6.14 Km/hr. Los otros factores ambientales que también puedan estar contribuyendo al crecimiento y expansión de *Lecidea sp.* en los paramentos del Sector Baluartes son las precipitaciones pluviales cuyas máximas se registran para los meses de Enero a Marzo llegando a 146.8 mm. Sin embargo investigadores como Baedeker *et al.* (citado en Bravo *et al.*, 2003) han reportado el rasgo de recesión entre 6.7 y 9.0  $\mu\text{m}$  por año. Por otro lado se sabe que la acción del agua facilita la entrada de los contaminantes y sales en el interior de la piedra, así como el crecimiento de organismos biológicos (Tsakalov, 2007).

## CONCLUSIONES

1. Las características morfológicas de *Lecidea sp.* corresponde a un líquen crustoso que está constituido por talo endolítico y heterómero, que posee apotecios negros en cuyo interior se encuentran las ascas y el fotobionte inmerso en medio de las hifas laxamente entremezcladas, características que las hacen difícil de separarse del sustrato que colonizan.
2. Se determinó que las muestras de fragmentos de líticas procedentes de canteras de roca caliza que están colonizadas por *Lecidea sp.* presentan biodeterioro (callos, erosión superficial y alveolización). Observándose este deterioro desde las primeras fases de vida de los líquenes hasta la madurez. La profundidad puede llegar a alcanzar hasta de 282  $\mu\text{m}$ . Así también; se comprobó que la acción de los ácidos liquénicos generados por *Lecidea sp.*, puede desestabilizar por debajo del estrato colonizada hasta una profundidad de 168  $\mu\text{m}$ . Mostrando el crecimiento endolítico de las hifas de los líquenes que penetran causando corrosión en el lítico; debido a la acción mecánica y química que ejerce el líquen.
3. El efecto generado por *Lecidea sp.* a **nivel macroscópico** en los elementos líticos que conforman los paramentos del sector Baluartes es la formación de patina de color blanco en 1719 elementos líticos. Mientras que los efectos a **nivel microscópico** en los 57 puntos de evaluación en los elementos líticos del Sector Baluartes, se determinó que el 89.3 % se encuentran en proceso de formación de callos y corrosión superficial y el 10.7 % con alveolizaciones.

## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios sobre la morfología de los diferentes biotipos de litolíquenes que colonizan los elementos líticos de los sitios arqueológicos de la región del Cusco.
2. Realizar estudios de efectos físico-químicos que genera los diferentes biotipos de litolíquenes en la interfase liquen lítico de los elementos líticos que bien siendo colonizado de los sitios arqueológicos de la región del Cusco.
3. Realizar estudios de ecofisiología de los diferentes biotipos de litolíquenes para entender de mejor manera el comportamiento de estos organismos frente a la colonización en elementos líticos.
4. Realizar estudios de los efectos de la colonización sobre elementos líticos de otros organismos vivos como son bacterias, hongos, algas, etc.
5. Realizar investigaciones en técnicas de control y eliminación de líquenes que colonizan los elementos líticos de sitios arqueológicos.

## BIBLIOGRAFIA

**Adamo, P.; Marchetiello, A. y Violante, P.** (1993). The weathering of mafic rocks by lichens. *Lichenologist* 25(3), 285-297.

**Allsopp, D, Seal, K J., Gaylarde, Ch C.** (2004) Introduction to Biodeterioration. Cambridge, Cambridge University Press.

**Alonso, J, Esbert, R, Ordaz, J y Vázquez, P (2006).** Análisis del deterioro en los materiales pétreos de edificación. Revista electrónica no. 3. Recuperado de [file:///C:/Users/DFQ-3/Downloads/2131-7642-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/DFQ-3/Downloads/2131-7642-1-PB%20(1).pdf).

**Alzola, R.** (2001). Guía de estudio: Técnicas histológicas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. <http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/HistologiaEmbriologiaTeratologia/images/Documentos/2015/Tecnicashistologicas.PDF>.

**Andersen , R.A.(2005).** Algal Culturing Techniques. Phycological society of America. 578 p.

**Ascaso, C., Wierzos, J.** (1994a) Nuevas aplicaciones de las técnicas submicroscópicas en el estudio del biodeterioro producido por talos liquénicos. *Microbiología Sem* 10, 103-110.

**Barreno, E.y Rico, V.J. (2017).** Sobre la biología de los líquenes I. Anatomía morfológica y estructuras vegetativas. Departamento de Botánica. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Madrid-3. Recuperado de <file:///C:/Users/usuario/Downloads/70291-292141-1-PB.pdf>.

**Barreno y Pérez. (2003).** Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del territorio e infraestructura del principado de Asturias. Asturias: KRK. Recuperado de [https://www.uv.es/barreno/Liquenes\\_Muniellos.pdf](https://www.uv.es/barreno/Liquenes_Muniellos.pdf).

**Barreno,E. y Perez, S.(2003).** Biología de los líquenes. Coedición Consejería de medio ambiente: Ordenación del territorio e infraestructuras del Principado de Asturias y KRK ediciones. Recuperado de : [http://www.uv.es/barreno/Biologia\\_de\\_los\\_liquenes.pdf](http://www.uv.es/barreno/Biologia_de_los_liquenes.pdf).

**Bravo, H., Soto, R., Sosa, R. Sánche, P.,** (2003). Efecto de la lluvia ácida en el material constituyente de los monumentos mayas mexicanos: Ingeniería. Investigación y Tecnología, 4, 195-205.

**Cabello Balboa, M.** (1951). Miscelánea Antártica. Una historia del Perú antiguo, con prólogo, notas e índices a cargo del Instituto de Etnología, Lima, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

**Carloto, V.** (2005) Historia Natural del Valle del Cusco, pág. 74.

**Carmona; K.** (2012). Informe técnico sobre análisis de aguas de precipitación. DDC-CUSCO-MC. Cusco.

**Castro O. N. (2010).** Aislamiento del ácido úsnico de *Flavoparmelia caperata* y su determinación cuantitativa por espectroscopía uv, en diez líquenes. Rev Soc Quím Perú. 76 (4) 2010 Recibido el 27-10-2010. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v76n4/a09v76n4.pdf>.

**Cieza de León, P.** (1986) Crónica del Perú segunda parte, Cap. LI. 147 fol 59 V . Recuperado de <file:///C:/Users/DFQ-3/Downloads/segunda-parte-de-la-cronica-del-peru-que-trata-del-senorio-de-los-incas-yupanquis-y-de-sus-grandes-hechos-y-gobernacion--0.pdf>.

**Chaparro de Valencia, M.** (2002). Hongos liquenizados. Universidad Nacional de Colombia. ISBN: 9587012410,9789587012415.

**Chen J, Blume H-P, and Beyer L.** (2000). Weathering of rocks induced by lichen colonization – a review. Catena 39: 121–46. Recuperado de [http://pages.mtu.edu/~raman/SilverI/MiTTEP\\_ESI-/Lichen\\_Rings\\_files/ChenetetalCatena.pdf](http://pages.mtu.edu/~raman/SilverI/MiTTEP_ESI-/Lichen_Rings_files/ChenetetalCatena.pdf).

De la Rosa, Warke P. Smith, B.J 2014 The effect of lichen cover upon the rate. doi 10.1016/j.geomorph.2014.05.030.

**De Los Rios, A., Wierzchos, J., Sancho, L. G., Green A. & Ascaso, C. (2005).** Ecology of endolithic lichens colonizing granite in continental Antarctica. *The Lichenologist* **37**(5): 383–395 (2005). doi:10.1017/S0024282905014969.

**De los Ríos, Cámara B., García del Cura, M.A, Rico V.J., Galván, V, Ascaso (2008).** Deteriorating effects of lichen and microbial colonization of carbonate building rocks in the Romanesque churches of Segovia (Spain). Elsevier B.V All rights reserved. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.09.042.

**De Los Rios, A., Camara, B., Wierzchos, J. & Ascaso, C. (2005).** Diagnóstico de los procesos de biodeterioro por combinación de microscopia in situ y técnicas de biología molecular. La investigación sobre patrimonio Cultural. I.S.B.N.: 978-84-691-0049-3. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/121047/1/Beatriz%20C%C3%A1mara%20Ascaso.pdf>.

**Díaz, y Manrique, D. (1984).** Sustancias liquénicas en táxones de la provincia de Madrid, II: Hypogymnia gr. intestiniformis. *Anales Jará. Bot. Madrid* 42(1): 81-85. *Lazarca*, 6: 267-268 (1984). Recuperado de file:///C:/Users/DFQ-3/Downloads/11851-11932-1-PB.PDF. *Lazarca* Vol. 6 (1984).

**Díaz V., T., & Coavoy F., D. (2006).** Estudio de los efectos de los contaminantes atmosféricos en los monumentos líticos y patrimonio cultural pictórico de la ciudad del Cusco. Cusco.

**Esquivel y Navia.**[c. 1748]. Diego de 1980 Noticias cronológicas de la gran ciudad del Cuzco, 2 vols. Lima: Fundación Augusto Wiese.

**Fort, R., Mingarro, M., y Lopez de Azcona. (1996).** Petrología de los materiales de construcción del Palacio Real de Madrid. *Geogaceta*, 20(5), 1236-1239. ISSN:021368X. Recuperado de [http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo20%20\(5\)/Art69.pdf](http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo20%20(5)/Art69.pdf).

**Garcilaso de la Vega. (1,609).** “Los Comentarios Reales”. Colección de Autores Peruanos 1,972.

**Jiménez, E., Ruiz, A., y Sánchez, P.J (2005).** Preparación de secciones estratigráficas: aspectos prácticos del análisis de estratos en obras del Patrimonio Cultural (pigmentos y

soportes). Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio. Bol. Soc. Esp. Ceram. V., 44 [6] 382-386. España. Recuperado de [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/17713/file\\_1.pdf;sequence=1](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/17713/file_1.pdf;sequence=1).

**Kalafatovich,C,** (1957) Kalafatovich, Carlos 1970 «Geología del grupo arqueológico de la Fortaleza de Sacsayhuaman y sus vecindades». Saqsaywaman 3: 44-61.

**Krog. H.** (1951). Microchemical studies in Parmelia. NyttMag. NaturvidenskSS: 57-85.

**Magnin, A., Lynch,V. y Gracia R.** (2017). Avances en el estudio de biodeterioro asociado a presencia de líquenes en materiales arqueológicos líticos. La Primavera SantaCruz, Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 52 (3): 409-422. 2017.

**Manrique. E. y Crespo, A.** (1983). Sobre Melanelia acetabulum (Neck.) Essl. en la Península Ibérica: caracterización química y distribución. Lazaroa 5: 269-275.

**Murúa, F. M.** (1590). Historia del origen y genealogía real de los reyes incas del Perú. Constantino Bayle (editor). Biblioteca Missionalia Hispanica 2, Instituto Santo Toribio de Mogrovejo, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 1946.

**Navá.S.** (1906) Recolección de los líquenes. Revista Chilena de Historia Natural. [http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1906/1/Navas\\_1906.1.pdf](http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1906/1/Navas_1906.1.pdf)

**Ordaz, J., y Esbert, R. M.** (1988). Glosario de términos relacionados con el deterioro de las piedras de construcción, Materiales de Construcción, vol. 38, n.- 209-. J. ORDAZ y R. M. ESBERT Departamento de Geología, Universidad de Oviedo 33080-OVIEDO/España. Recuperado de: 11/III/88. <file:///C:/Users/DFQ-3/Downloads/847-987-1-PB.pdf>

**Pardo, Luis.** “Trabajo de Limpieza y Consolidación, Estudio e Investigación. En Saqsaywaman. Num. 1. 1970.

**Poelt, J.** (1969). Bestimmungsschlüssel Eropaischer Flechten. Leh.

**Prieto,B.,Rivas, MT., y Silva,BM.**(1995). Colonization by lichens of granite churches in Galicia (northwest Spain).Science of Total Environt. Volume 167, Issues 1–3, 1 May 1995, Pages 343-351. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004896979504594Q>.

**Prieto, B., Rivas, M.T. y Silva, B.M. (1995)** Alteración del granito por acción de los líquenes. aspectos biogeofísicos y biogeoquímicos.

**Prunell Sabrina, Rosato, V, Sota, J. y MaC, L, (2010).** Estudio de líquenes y otros organismos causantes del deterioro biológico en probetas de mortero. Centro de Investigación Vial Área: Estructuras y Materiales de Construcción. Tesis de Becarios-Tesistas de Investigación. ISBN: 978-950-42-0133-5.

**Pumacchua, E. (2012).** Implementación de un sistema de monitoreo de Sitios Arqueológicos del Parque Arqueológico de Saqsaywaman-Baluartes. Informe técnico. Ministerio de Cultura – Parque Arqueológico de Saqsaywaman-IPMPAS.

**Puy-Alquiza, M. J., Gómez Peralta, M., Miranda- Avilés, R., Reyes-Zamudio, V., Salazar-Hernández, M. del C., & 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(4), 35-47. doi: 10.15174/au.2015.781. <http://www.scielo.org.mx/pdf/au/v25n4/v25n4a4.pdf>

**Quirquihuaña, S. E. (2012a)** Análisis macroscópico de las rocas calizas de las cantera Kusihuaman. Informe técnico. Ministerio de Cultura – Parque Arqueológico de Saqsaywaman-IPMPAS. Cusco, Peru.

**Quirquihuaña, S. E. (2012b),** Análisis macroscópico de las rocas calizas Sector Baluartes. Informe técnico. Ministerio de Cultura – Parque Arqueológico de Saqsaywaman-IPMPAS. Cusco, Peru.

**Quirquihuaña, S. E. (2012c),** Análisis químico elemental de las canteras Kusihuaman y Huamanqollay. Informe técnico. Ministerio de Cultura – Parque Arqueológico de Saqsaywaman-IPMPAS. Cusco, Peru.

**Quirquihuaña, S. E. (2012d),** Análisis químico elemental de los elementos líticos del sitio arqueológico de Saqsaywaman - Sector Baluartes. Informe técnico. Ministerio de Cultura – Parque Arqueológico de Saqsaywaman-IPMPAS. Cusco, Peru.

**Ramos, F. (1980 – 1982).** Informe de Campo de la Investigaciones de Saqsaywaman INC.. Cusco.

**Renobales, G. (1987).** Hongos liquenizados y liquenícolas de rocas carbonatadas en el occidente de Vizcaya y parte oriental de Cantabria. Tesis doctoral (inéd.). Universidad del País Vasco. Lejona (Bilbao). Recuperado de <http://catalogo.sanchoelsabio.eus/Record/19569>.

**Rosato, V. G. (2006).** Diversity and distribution of lichens on mortar and concrete in Buenos Aires province, Argentina. *Darwiniana* 44 (1): 89-97. ISSN 0011-6793. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/darwin/v44n1/v44n1a08.pdf>.

**Rosato, V. (2010).** Líquenes como posibles agentes de deterioro de areniscas en las ruinas jesuíticas de San Ignacio Miní (provincia de Misiones, Argentina). *Materiales de Construcción* Vol. 60, 299, 145-153 ISSN: 0465-2746 eISSN: 1988-3226 doi: 10.3989/mc.2010.51209. La Plata, Argentina. Recuperado de [https://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/11/2010\\_Liquenes-en-Ruinas-San-Ignacio1.pdf](https://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/11/2010_Liquenes-en-Ruinas-San-Ignacio1.pdf).

**Salvadori, O y Municchia A. (2016).** The role of fungi and lichens in the biodeterioration of Stone Monuments. *The Open Conference Proceedings Journal*, 2016, 7, (suppl 1: M4) 39-54. DOI: 10.2174/2210289201607020039.

**Saenz, C. (1978).** Polen y esporas. H.Blume Ediciones. Rosario 17. Madrid.

**Silva, M. (2000).** “Informe de Campo de las investigaciones de Saqsaywaman realizadas en el Sector de Muyucmarka” INC. Cusco.

**Thomson, J. (1997).** American Arctic Lichens. Universidad de Wisconsin Press. Estados Unidos de Norte América. Pág. 370.

**Traverse, A. (1988).** Paleopalynology. xxxiii+600 pp. Boston, London.

**Tsakalov A., Manoudis P., Karapanagiotis I., Chryssoulakis I. and Panayiotou C. (2007).** Assessment of synthetic polymeric coatings for the protection and preservation of stone monuments. *Journal of Cultural Heritage*, 8, 69-72.

**Valcárcel, L.E. (1934).** “Saqsaywaman Redescubierto”, *Revista del Museo Nacional* N° 1 y 2.

**Valdeón, L; Esbert, R. M., y Marcos, R. M. (1985).** La alveolización y otras formas de alteración desarrolladas sobre las areniscas del Palacio de Revillagigedo de Gijón,

(Asturias). *Materiales de Construcción*, vol. 35. Recuperado de file:///C:/Users/DFQ-3/Downloads/907-1484-1-PB.pdf.

**Valdés, C., Corvo, F., González, E., Pérez, J., Portilla, C., y Cuesta, O. (2007)** Mecanismos de deterioro de la piedra caliza coralina estructural del Convento y Basílica Menor de San Francisco de Asís y ensayo de productos para su conservación. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, Vol. 38, No. 3, 2007

**Valencia, A. (1975).** Alfarería de Saqsaywaman. *Revista de Arte y Arqueología*. N° 3 - 4. Instituto de Estudios Bolivianos. La Paz.

**Wilson, M.J.; Jones, D.; McHardy, W.J. (1981)** The weathering of serpentinite by *Lecanora atra*. *Lichenologist* 13(2), 167-176.

# **ANEXOS**

## 1. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO-FISICOS DE LA ROCA CALIZA

COMOPONENTES	%
Calcio	32.1
Magnesio	1.68
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	0.36
Carbonatos (C0 <sub>3</sub> )	48.15
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	6.22
Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.88
Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.17
pH	6.8

Fuente. Laboratorio de análisis químico-UNSAAC.

## 2. RESULTADOS DE LA DETERMINACION DEL pH DE *Lecidea sp.*.

De acuerdo al resultado emitido por el Laboratorio de Análisis Químico-UNSAAC, el resultado arrojado corresponde al pH de 6.8.

### 3. GLOSARIO

**CONIDIOS:** Ascosporas de origen asexual formadas por células conidiogenas (célula fúngica apicalmonocariótica, de las que se originan conidios en los ascomicetos).

**CRUSTACEO:** Tipo de talos que se encuentran siempre en estrecho contacto con el sustrato, carecen de córtex inferior o de órganos de sujeción y no se pueden separar de él sin destruirlos. Se sujetan al sustrato por medio de la medula o de un hipotalo.

**APOTECIO:** Ascoma (estructura de reproducción sexual que producen ascos, ascosporas y parafisis - ascocarpo) en forma de disco o acopado. El himenio, cuando está maduro, queda expuesto al exterior en forma más o menos extensa y va rodeado por un borde (=exipulo, margen) de distintos tipos (margen propio y/o talino) y con epitecio.

**ASCOS (AS):** Estructura en forma de saco que contienen ascosporas endógenas de origen sexual. Procede de la transformación de células apicales de hifas ascogenas en las que se produce la cariogamia y la meiosis (reproducción sexual).

**EFIGURADO:** Zonas periféricas, las areolas se largan formando lóbulos de disposición radial.

**EXIPULO:** En los ascomas, los plecténquimas característicos de los márgenes que rodean y protegen el himenio y el hipotecio. **Exipulo propio:** tejido fúngico que rodea al himenio de los apotecios, sin fotobiontes, pueden tener anatomía y colores variados. **Exipulotalino:** tejido fúngico que rodea al exipulo propio y contiene fotobiontes con una estructura similar a la del talo.

**HAMATECIO:** Término neutral para denominar a todas las clases de hifas o tejidos entre los ascos o los que proyectan al interior del lóculo o ostiolo de cualquier tipo de ascoma

**HIMENIO:** el ascoma está compuesto de hifas haploides que rodean la base del ascogonio y de hifas ascogenas dicarióticas; de estas se originan los ascos que junto con las parafisis estériles (hamatecio) configura el himenio.

**HIPOTECIO:** Tejido fúngico entre la base del himenio – por debajo del subhimenio- y el exipulo, puede expandirse en forma e concavidad o de ser cónica – se ve bien en sección media -; hialino hasta carbonaceo, cuando es muy gelatinoso resulta difícil de distinguirse del exipulo propio. Puede ser cristalifero y dar reacciones coloreadas con distintos reactivos.

**FOTOBIONTE:** El bionte que fotosintetiza en la simbiosis liquenica. Puede ser un alga verde unicelular (eucariota) o una cianobacteria (procariota). Capa de fotobiontes es el estrato de los talos liquenicos en donde se dan los contactos físicos entre hongos y los fotobiontes; suele estar próxima a la superficie por debajo del córtex, cuando lo hay y su morfología y grosor son variables).

**LECIDEINO:** Apotecio sin reborde talino, solo con margen o exciplulo propio originado por las hifas del ascoma, estas con la pared oscura o carbonacea.

**MEDULA:** Es una capa fúngica que suele ocupar el mayor volumen del talo. Esta constituido generalmente por un conjunto de hifas laxamente entremezcladas (aracnoide). de aspecto algodonoso, y con espacios que permiten la aireación del talo. Las células de las hifas suelen ser alargadas, pero el grosor de la pared es variable, Es en la capa donde se genera la mayor parte de las sustancias liquenicas, generalmente en forma de cristales incrustados en las paredes de las hifas. La medula es hidrófoba, e incluso en temporada de lluvias el interior del talo puede permanecer seco, permitiendo así la circulación del aire.

**PETROGRAFÍA:** Descripción desde el punto de vista de la textura, mineralogía y composición química agrupadas en familias.

**PETROLOGÍA:** Estudio de las rocas basado principalmente en su modo de ocurrencia, origen, composición mineralógica, clasificación y la relación que tienen las rocas en los procesos geológicos.

**PICNIDIOS:** conidioma (estructura formada por varias hifas que contienen las células conidiogenas y conidios) pequeño, globoso, ampuliforme, en el interior del cual se desarrollan los conidios por diversos procesos de conidiogenesis. Los tipos anatómicos y desarrollo son variados, suelen estar más o menos hundidos en los talos, pueden ser prominentes hasta pediculados.

#### 4. DATOS CLIMATICOS DE LAS TEMPERATURAS, PRECÍTACIONES DE LA CIUDAD DEL CUSCO DESDE EL 2003 AL 2013.

ESTACION: GRANJA KAYRA  
PARAMETRO:

LATITUD: 13° 33' 24.7" DPTO: CUSCO  
LONGITUD: 71° 52' 29.8" PROV.: CUSCO  
ALTITUD: 3219.m.s.n.m DIST.: SAN JERONIMO

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2.0	6.4	0.0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8
2004	173.7	125.8	66.5	21.0	2.4	20.5	17.0	9.0	21.7	25.6	60.9	87.9
2005	140.8	130.6	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4.0	4.5	39.1	59.3	102.5
2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0.0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2
2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0.0	4.0	0.0	1.0			88.4
2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0.0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0.0	3.3	0.7	15.1	8.3	88.7	82.9
2010	268.5	168.5	129.2	16.6	1.3	0.0	1.4	4.7	8.2	70.0	40.0	172.7
2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0.0	38.9	38.2	60.2	110.2
2012	70.5	167.7	41.7	48.1	4.5	1.2	0.0	0.1	18.4	19.5	138.2	179.5
2013	180.5	137.2	75.5	13.0	25.3	6.1	2.0	12.4	6.3	105.0	86.0	159.4
	<b>151.5</b>	<b>134.2</b>	<b>100.4</b>	<b>38.1</b>	<b>5.7</b>	<b>4.1</b>	<b>3.0</b>	<b>6.1</b>	<b>12.7</b>	<b>46.5</b>	<b>71.4</b>	<b>126.0</b>

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN (mm)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	24.6	24.0	18.0	39.1	1.0	6.4	0.0	10.8	1.7	10.2	7.0	23.4
2004	24.5	30.8	12.6	6.4	1.4	12.6	8.0	4.9	7.3	14.7	11.0	25.2
2005	23.0	13.2	27.8	23.2	2.0	0.4	1.2	2.2	2.1	13.6	11.7	17.2
2006	37.3	51.6	26.4	30.2	0.2	4.0	0.0	5.4	4.1	15.0	12.6	15.3
2007	26.7	13.7	19.7	32.9	3.4	0.0	3.0	0.0	1.0			16.9
2008	25.6	27.9	11.2	5.6	2.8	1.0	0.0	2.0	8.3	11.2	24.5	16.4
2009	27.8	17.8	23.6	5.9	2.5	0.0	1.8	0.4	7.6	2.2	24.1	11.9
2010	41.2	25.7	25.7	5.1	1.3	0.0	1.4	2.6	3.0	18.6	10.9	35.9
2011	22.6	22.0	25.0	15.6	1.7	3.2	3.0	0.0	9.6	18.9	29.8	14.6
2012	14.8	47.0	8.1	28.4	3.4	1.2	0.0	0.1	10.3	9.2	30.7	24.3
2013	20.5	21.1	18.7	4.5	14.6	3.0	1.0	6.2	2.7	17.9	13.7	27.2

TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL EN (°C)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	20.6	20.8	19.9	21.1	21.1	21.2	21.2	20.9	21.8	23.2	23.2	21.1
2004	20.2	20.8	21.2	21.6	21.7	20.1	19.9	19.7	21.4	22.3	22.1	21.8
2005	21.0	21.8	20.7	21.1	22.0	21.3	21.5	22.3	21.7	21.2	22.0	20.9
2006	19.1	20.7	19.9	20.4	21.1	20.4	21.3	21.8	22.3	21.2	20.8	20.4
2007	21.0	20.5	19.8	20.1	20.6	21.7	20.3	22.5	21.4			20.9
2008	19.0	20.5	19.7	21.1	21.0	21.2	21.4	22.5	22.4	21.5	22.4	20.5
2009	20.0	20.2	20.8	21.3	21.5	21.8	20.8	22.8	23.2	24.1	22.4	20.9
2010	20.4	21.1	21.4	22.2	21.9	22.1	22.4	23.4	23.6	22.6	23.1	21.1
2011	20.7	18.9	20.0	21.0	21.3	21.6	20.5	22.5	21.9	22.4	23.5	19.8
2012	20.7	19.3	20.8	20.9	21.5	21.1	22.1	23.4	23.9	24.1	23.1	20.6
2013	20.8	20.9	21.7	23.2	22.4	20.1	21.0	22.1	23.6	22.5	22.9	21.0
	<b>20.3</b>	<b>20.5</b>	<b>20.5</b>	<b>21.3</b>	<b>21.5</b>	<b>21.1</b>	<b>21.1</b>	<b>22.2</b>	<b>22.5</b>	<b>22.5</b>	<b>22.6</b>	<b>20.8</b>

TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL EN (°C)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	7.5	8.1	7.9	4.1	1.7	-1.0	-1.7	1.2	2.3	4.3	5.6	7.5
2004	8.2	7.2	5.9	4.0	0.6	-1.5	-0.9	0.3	4.1	5.6	6.0	6.4
2005	7.7	7.5	6.9	3.9	-0.2	-1.8	-2.2	0.0	2.8	6.3	6.1	7.3
2006	7.4	7.3	6.9	4.5	-1.5	0.1	-2.7	1.7	3.4	5.8	6.3	6.3
2007	7.7	7.5	7.3	4.4	1.7	-2.1	-0.6	0.2	2.2	4.7	5.8	6.2
2008	7.7	6.2	5.5	3.5	0.2	-1.3	-2.0	0.5	2.5	5.7	5.5	7.3
2009	7.1	6.8	5.8	4.4	0.4	-1.8	-0.6	0.3	3.2	4.4	7.8	7.2
2010	7.6	7.1	7.5	4.4	2.3	0.0	-0.7	-0.9	3.0	5.9	5.5	7.2
2011	7.2	7.8	7.1	4.6	0.1	-1.2	-0.8	0.8	3.8	5.3	5.6	6.2
2012	6.8	7.3	5.8	4.4	-0.1	-0.8	-2.1	-0.9	2.6	5.2	6.8	7.9
2013	6.6	7.9	7.2	2.4	1.2	-0.4	-1.5	0.5	2.2	6.1	6.2	7.0

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN (°C)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	14.0	14.4	13.9	12.6	11.4	10.1	9.7	11.1	12.0	13.8	14.4	14.3
2004	14.2	14.0	13.5	12.8	11.2	9.3	9.5	10.0	12.7	13.9	14.1	14.1
2005	14.3	16.8	13.8	12.5	10.9	9.7	9.7	11.2	12.2	13.8	14.0	14.1
2006	13.2	14.0	13.4	12.5	9.8	10.2	9.3	11.8	12.8	13.5	13.5	13.4
2007	14.4	14.0	13.6	12.3	11.1	9.8	9.8	11.3	11.8			13.5
2008	12.6	12.8	12.1	11.8	10.5	10.0	9.7	11.4	12.2	13.5	14.0	13.5
2009	12.9	12.6	12.7	12.3	10.6	10.0	10.1	11.2	13.2	14.5	15.0	13.9
2010	13.5	13.5	13.3	12.6	11.7	11.0	10.7	11.1	13.2	14.0	14.4	13.7
2011	13.3	12.5	13.0	12.2	10.7	10.3	9.5	11.5	12.0	13.2	14.6	13.0
2012	13.4	12.5	12.7	12.0	10.4	10.1	10.1	11.1	12.6	14.7	14.8	13.4
2013	13.1	13.2	13.4	12.0	11.5	9.5	9.6	11.1	12.9	13.9	14.3	13.3
	<b>13.6</b>	<b>13.7</b>	<b>13.2</b>	<b>12.3</b>	<b>10.9</b>	<b>10.0</b>	<b>9.8</b>	<b>11.1</b>	<b>12.5</b>	<b>13.9</b>	<b>14.3</b>	<b>13.7</b>

## 5. REGISTRO FOTOGRAFICO DEL TRABAJO EN CAMPO Y LABORATORIO.

### 5.1 TRABAJO EN CAMPO – TOMA DE MUESTRAS.



**Registro fotográfico del trabajo en campo: Foto A:** Toma de muestra de líticos en cantera del Parque Arqueológico de Saqsaywaman, mediante el uso de una mazo o martillo.



**Foto B:** Roca ubicada en cantera colonizada por *Lecidea sp.*, **Foto C:** Fragmentos de roca caliza para su análisis en laboratorio.

## 5.2 TRABAJO EN LABORATORIO.

### 5.2.1 PREPARACION DE SECCIONES ESTRATIGRAFICAS CON RESINA ACRILICA Y SU ESTUDIO EN MICROSCOPIO OPTICO.



**Registro fotográfico del trabajo en campo:** Foto A: Materiales para la preparación de la resina acrílica en la que se incluirá la muestra de lítico a estudiar. **Foto B:** Lijado de la resina para posteriormente ser observada en el microscopio óptico, **Foto C:** Estudio de las estratigrafías con microscopía óptica en el laboratorio Físico-químico de la Dirección Desconcentrada de Culturas - Cusco.

## ANEXO 6

### PLANO DE UBICACIÓN LOS PUNTOS DE EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS GENERADOS POR *LECIDEA SP.* EN ELEMENTOS LÍTICOS DE LOS PARAMENTOS DEL SECTOR DE BALUARTES

