

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**ESCUELA DE POST GRADO**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y  
RECURSOS NATURALES**

**LÍNEA: GESTIÓN AMBIENTAL**

**TESIS**

**Determinación de la diversidad de líquenes saxícolas  
de tres sitios arqueológicos de Cajamarca**

**Presentado por:**

**Blgo. Edgar Mario Marino Valle**

**Asesor:**

**Dr. Juan Seminario Cunya**

**CAJAMARCA- PERÚ**

**2016**

COPYRIGHT © 2016 by  
EDGAR MARIO MARINO VALLE  
Todos los derechos reservados

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**ESCUELA DE POST GRADO**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y  
RECURSOS NATURALES**

**LÍNEA: GESTIÓN AMBIENTAL**

**TESIS APROBADA:**

**Determinación de la diversidad de líquenes saxícolas  
de tres sitios arqueológicos de Cajamarca**

**Presentado por:**

**Blgo. Edgar Mario Marino Valle**

**Comité Científico:**

**Dr. Juan Seminario Cunya  
Asesor**

**Dra. Consuelo Plasencia Alvarado  
Presidente del Comité**

**Mg. David Lara Ascorbe  
Primer Miembro Titular**

**Mg. Francisco Urteaga Becerra  
Segundo Miembro**

**CAJAMARCA- PERÚ  
2016**

**DEDICADO A:**

La memoria de mi adorada madre, que en paz descansa, a mi querida esposa, y a mis hijos, quienes con su confianza y apoyo han permitido mi realización profesional

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi sincero agradecimiento a los Docentes del Departamento Académico de Ciencias Biológicas, por su invaluable apoyo en la ejecución de la presente investigación.

También es importante agradecer al Ing. Dr. Juan Seminario Cunya, por contribuir en mi formación como maestro en el área de Gestión Ambiental.

Asimismo, al especialista M. Sc. Gustavo Ibérico Vela, Director del Herbario CPUN de la UNC, que me apoyó en el reconocimiento de los diferentes tipos de líquenes.

Finalmente, mi gratitud a todas y cada una de las personas que colaboraron y brindaron el entorno adecuado para culminar de manera satisfactoria el presente trabajo.

## INDICE GENERAL

PÁGINA DE DERECHO DE AUTOR.....	ii
DEDICADO A: .....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE GENERAL.....	vi
GLOSARIO.....	xii
RESUMEN.....	xivi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1. Problemas de investigación.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	5
1.3. Justificación de la Investigación.....	5
2. Objetivos de la Investigación .....	6
2.1. Objetivos Generales.....	6
3. Hipótesis de la Investigación.....	6
3.1. Hipótesis de la Investigación .....	6
3.2. Variables.....	6
3.3. Delimitación de la Investigación.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO .....	8
4.1. Naturaleza y taxonomía de los líquenes .....	8

4.2. Distribución y clasificación de los líquenes .....	9
4.3. Ecología de los líquenes .....	10
4.4. Morfología de los líquenes .....	10
4.5. Reproducción de los líquenes .....	11
4.6. Usos e importancia económica de los líquenes .....	12
4.7. Sustancias químicas presentes en los líquenes .....	13
5.1. Unidad de análisis, universo y muestra .....	14
5.1.1. Ubicación de los sitios arqueológicos a muestrear .....	14
5.1.2. Sitio arqueológico de Cumbemayo.....	14
5.1.3. Sitio arqueológico Santa Apolonia .....	17
5.1.4. Sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco .....	19
5.2. Tipo y descripción del diseño de contrastación de la hipótesis .....	21
5.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
5.3.1. Delimitación del área de estudio .....	21
5.3.3. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	25
5.4. Claves taxonómicas para la determinación de las taxas .....	26
5.4.1. Claves para diferenciar las familias de líquenes.....	26
5.4.2. Descripción de las especies .....	29
CAPÍTULO IV .....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
6.1. Sitio arqueológico Cumbemayo .....	37

6.2. Sitio arqueológico Santa Apolonia .....	46
6.3. Sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco .....	54
CAPÍTULO V .....	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
APÉNDICE .....	69



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
Tabla 2. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Cumbemayo en diciembre de 2010 .....	37
Tabla 3. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Cumbemayo en abril de 2011 .....	39
Tabla 4. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Cumbemayo en agosto de 2015 .....	41
Tabla 5. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Santa Apolonia en diciembre de 2010 .....	46
Tabla 6. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Santa Apolonia en abril de 2011 .....	48
Tabla 7. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Santa Apolonia en agosto de 2015 .....	49
Tabla 8. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco en diciembre de 2010 .....	54
Tabla 9. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco en abril de 2011 .....	56
Tabla 10. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco en diciembre de 2015 .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y parámetros físicos de los puntos de muestreo en el sitio arqueológico Cumbemayo .....	16
Figura 2. Ubicación y parámetros físicos de los puntos de muestreo en el sitio arqueológico Santa Apolonia .....	18
Figura 3. Ubicación y parámetros físicos de los puntos de muestreo en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco ..	20
Figura 4. Estimación cuantitativa de la población líquénica empleando el método del cuadrado .....	23
Figura 5. Materiales utilizados para la recolección de líquenes .....	23
Figura 6. Conservación especímenes de líquenes en papel toalla .....	24
Figura 7. Microfotografía de líquen a 1000 X, se observa la ascospora para su identificación .....	25
Figura 8. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Cumbemayo (diciembre de 2010) .....	38
Figura 9. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Cumbemayo (abril de 2011) .....	40
Figura 10. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Cumbemayo (agosto de 2015) .....	42
Figura 11. Densidad de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Cumbemayo entre los años 2010 y 2015 .....	43
Figura 12. Muestreo de líquenes en el sitio arqueológico Cumbemayo .....	44
Figura 13. Método del cuadrado para muestrear líquenes en el sitio arqueológico Cumbemayo .....	44
Figura 14. Líquenes ubicados en el sitio arqueológico Cumbemayo .....	45

Figura 15. Especies de líquenes colectados en el sitio arqueológico Cumbemayo .....	45
Figura 16. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Santa Apolonia (diciembre de 2010) .....	47
Figura 17. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Santa Apolonia (abril de 2011) .....	48
Figura 18. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Santa Apolonia (agosto de 2015) .....	49
Figura 19. Densidad de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Santa Apolonia entre los años 2010 y 2015 .....	50
Figura 20. Estimación cuantitativa de la población liquénica empleando el método del cuadrado en el sitio arqueológico Santa Apolonia .....	51
Figura 21. Muestreo de líquenes en el sitio arqueológico Santa Apolonia .....	51
Figura 22. Líquenes saxícolas en un punto de muestreo en Santa Apolonia .....	52
Figura 23. Líquenes saxícolas sobre la mampostería en el sitio arqueológico Santa Apolonia .....	52
Figura 24. Liqueen <i>Caloplaca sp.</i> predominante en sitio Santa Apolonia .....	53
Figura 25. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco (diciembre de 2010) .....	55
Figura 26. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco (abril de 2011) .....	57
Figura 27. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco (diciembre de 2015) .....	59
Figura 28. Densidad de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco entre los años 2010 y 2015 .....	60
Figura 29. <i>Phiscya sp.</i> y <i>Umbilicarias sp.</i> .....	61

## GLOSARIO

- Acicular:** Esporas o ascosporas con forma semejante a una aguja, generalmente rectas.
- Anamorfo:** Hongo que presenta solo su fase asexual.
- Apotecio:** Fructificación con forma alargada o de disco, con el himenio expuesto cuando maduro; típico de Ascomycetes.
- Asca:** Estructura en forma de saco, encontrado en los Ascomycetes, donde se originan las esporas o ascosporas por división meiótica.
- Ascosporas:** Espora sexual formada a partir de divisiones meióticas dentro de los ascos; de muy diversas formas.
- Bullado:** Referido al talo, con arrugas o ampollas pequeñas.
- Conidióforo:** Estructura formadora de conidios.
- Conidio:** Espora producida en la reproducción asexual, generalmente en conidióforos.
- Cortícula:** Talo que prefiere como sustrato las cortezas de troncos o ramas
- Elipsoide:** Esporas más anchas en el centro y delgadas hacia los ápices, con forma de elipse.
- Epitecio:** Parte superior del himenio.
- Excípulo:** Pseudotejido externo en forma de anillo o copa que sirve de soporte al himenio.
- Ficobionte / fotobionte:** Alga que participa de la simbiosis liquénica.
- Filiforme:** Esporas con forma de hilo, muy delgadas y generalmente curvadas.
- Fusiforme:** Esporas con forma de huso, con la región media abultada y los extremos aguzados.

**Hialino:** Transparente, claro, no pigmentado.

**Hifas:** Células alargadas, septadas que constituyen el cuerpo de los hongos y hongos liquenizados.

**Hifóforos:** Estructuras especializadas de multiplicación asexual.

**Macrocefálico:** Esporas que tienen una célula distal de mayor tamaño que las restantes.

**Macroconidios:** Conidios formados por multiplicación asexual.

**Micobionte:** Hongo que participa de la simbiosis líquénica.

**Muscícola:** Que tiene como sustrato a musgos.

**Oblongo:** Esporas alargadas, con forma intermedia entre fusiforme y bacilar, con la región media levemente convexa y los ápices redondeados.

**Ostíolo:** Abertura del peritecio para dispersar las esporas.

**Ovoide:** Esporas en forma de huevo, generalmente un poco alargadas.

**Prótalo:** Región que rodea al talo, formada solamente por hifas, a veces transparente o más clara, generalmente separando manchas de un mismo talo o talos distintos.

**Saxícola:** Que prefiere como sustrato a piedras o rocas.

**Seta:** Estructura elevada sobre el talo generalmente delgada formada por haces de hifas aglutinadas.

**Talo:** Cuerpo vegetativo

## RESUMEN

Los líquenes son organismos simbióticos de importancia ambiental y económica, viven en diferentes sustratos, por ejemplo, sobre las rocas, produciendo su desintegración, los que se conocen como saxícolas. El objetivo de la investigación fue realizar el inventario y la identificación taxonómica, hasta el nivel de género y especie de los líquenes saxícolas en tres sitios arqueológicos de Cajamarca: Cumbemayo, Santa Apolonia y Ventanillas de Otuzco, entre los años 2010 y 2015. Se efectuó la colección de líquenes de diferentes tipos y luego en el laboratorio, se realizó su identificación mediante claves taxonómicas y por comparación con ejemplares descritos previamente. Las especies identificadas fueron: *Calophaga sp.*, *Candelariella vitellina*, *Caloplaca sp.*, *Caloplaca aurantia*, *Caloplaca saxicola*, *Dyctionema glabratum*, *Evernia prunastri*, *Everniopsis sp.*, *Lacanora sp.*, *Ledicea sp.*, *Lepraria sp.*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia conspersa*, *Parmelia olivácea*, *Parmeliopsis sp.*, *Peltigera sp.*, *Physcia sp.*, *Usnea barbifera*, *Umbilicaria sp.* El sitio arqueológico de Cumbemayo presentó la mayor diversidad de líquenes saxícolas, con un total de trece especies, seguido de Ventanillas de Otuzco con cinco especies y Santa Apolonia con tres especies. Las especies del género *Parmelia*, seguido de *Dyctionema glabratum* y *Candelariella vitellina* resultaron ser las más abundantes en el sitio arqueológico Cumbemayo. Asimismo, se observó una disminución de la densidad poblacional de los líquenes en los tres sitios arqueológicos evaluados.

*Palabras Claves:* Líquenes, saxícolas, Líquenes de sitios arqueológicas.

## ABSTRACT

The Lichens are symbiotic organisms of environmental and economic importance. They live in different substrates, for example, on the rocks, causing its disintegration, those known as saxicolous. The objective of the investigation was to make an inventory and taxonomic identification to the level of genus and species of saxicolous lichens in three archaeological sites of Cajamarca: Cumbemayo, Santa Apolonia and Otuzco, between 2010 and 2015. It was conducted lichen collection of different types and then in the laboratory, the identification was performed by taxonomic keys and compared with previously described keys. The species were *Calophaga sp.*, *Candelariella vitellina*, *Caloplaca sp.*, *Caloplaca aurantia*, *Caloplaca saxicola*, *Dyctionema glabratum*, *Evernia prunastri*, *Everniopsis sp.*, *Lacanora sp.*, *Ledicea sp.*, *Lepraria sp.*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia conspersa*, *Parmelia olivácea*, *Parmeliopsis sp.*, *Peltigera sp.*, *Physcia sp.*, *Usnea barbifera*, *Umbilicaria sp.* The archaeological site of Cumbemayo presented the greatest diversity of lichens saxicolous, with a total of thirteen species, followed by Otuzco with five species and Santa Apolonia with three species. The Species of the genus *Parmelia*, followed by *Dyctionema glabratum* and *Candelariella vitellina* were the most abundant in the archaeological site of Cumbemayo. Also, it was observed a decrease in the population density of lichens found in the three archaeological sites evaluated in these years.

*Keywords: Lichens, Saxicolous, Lichens of archaeological sites*

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, se considera a los líquenes como hongos liquenizados, porque constituyen una asociación entre un hongo o micobionte y un simbionte fotosintético o fotobionte, de cuya interacción se origina un talo estable, con estructura y fisiología específicas (Barreno 1998).

Los líquenes son los primeros colonizadores de las rocas, desintegrándolas para la formación de suelo, permitiendo el crecimiento de diversos tipos de vegetación rupícola o saxícola, como los musgos y ciertas plantas vasculares jugando así un papel importante en el ciclo de la materia en los ecosistemas. Los líquenes tienen una amplia distribución, se encuentran desde los polos hasta el Ecuador; desde el nivel del mar hasta los picos altos de las montañas y desde los sitios más húmedos como las selvas y los bosques hasta las zonas desérticas (Herrera & Ulloa 1990).

El Perú tiene una gran variedad de ecosistemas que lo hacen propicio para el desarrollo de líquenes, los mismos que son poco conocidos y que pasan desapercibidos para la gran mayoría de personas. Su importancia es muy amplia, en el campo de la Ecología se les considera como bioindicadores de la calidad del aire (Gola y col. 1943, Weizz y Fuller 1969, Fernández 1986).

Algunos líquenes se emplean en perfumería y tintorería, además son importantes en farmacología es decir que ciertos líquenes producen antibióticos que inhiben las bacterias gram positivas, mohos, virus (Tovar 1966) a pesar de ello el conocimiento de los líquenes es todavía incipiente.



Ibañez, en 2007 indica que los líquenes tienen una limitada capacidad de absorber sustancias presentes en el ambiente lo que ocasiona que la mayoría de los líquenes no toleren la contaminación. La acumulación de sustancias y su imposibilidad de excretarlas retardan su crecimiento, dificultan su reproducción, y pueden provocarles la muerte, de esta manera ciertos líquenes se les consideran como bioindicadores de la contaminación atmosférica.

En los sitios arqueológicos, motivo del presente trabajo, existen líquenes fijos a las rocas llamados líquenes saxícolas. Estos desintegran las rocas paulatinamente, por medio de ácidos producidos en su metabolismo (Weizz y Fuller 1969, Fernández 1986). En este sentido, son perjudiciales para la conservación de los restos arqueológicos.

El objetivo de esta investigación fue determinar los líquenes saxícolas, se enfocó a identificar e inventariar los líquenes que habitan en estos sitios arqueológicos de Cajamarca de los sitios arqueológicos de Cumbemayo y Santa Apolonia, del distrito de Cajamarca y Ventanillas de Otuzco, del distrito de Baños del Inca; provincia de Cajamarca. Como base para otros estudios, referidos a los probables impactos sobre los monumentos arqueológicos y como una contribución al conocimiento de los líquenes en el Perú.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

### 1.1. Planteamiento del Problema:

Dodge (1973) cita a Schwender en 1867 quien descubrió la naturaleza simbiótica de los líquenes, es decir, todos los líquenes están formados por dos componentes que viven en simbiosis: hifas del hongo micobionte, que puede ser un hongo ascomicete y raramente un basidiomiceto y las células de un alga, o gonidio o ficobionte que bien puede ser frecuentemente una clorofita o raramente una cianofita.

El hongo proporciona la humedad que necesitan las algas y además les suministra los minerales esenciales. También les provee de un lugar donde vivir, ya que el hongo se aferra a la superficie donde habita por medio de estructuras parecidas a raíces y brinda estabilidad a la asociación (Rendon 1976).

Las algas son los miembros productores de alimento del conjunto y aportan carbohidratos que les permite la subsistencia. (Nash 1996). Los líquenes tienen un papel importante en la formación de la tierra, pues gradualmente disuelven y desintegran las rocas sobre las cuales se fijan. Estos líquenes que se fijan en las rocas, se denominan saxícolas (Herrera & Ulloa 1990).

Los líquenes tienen formas diferentes y de acuerdo a la especie sus colores también son muy variables. Los hongos de algunos líquenes producen pigmentos coloreados, uno de estos, la orceína, se utilizaba para teñir tejidos de lana, otro el tornasol, que se emplea en laboratorios de química como

indicadores de pH. De otras especies se extraen los ácidos liquénicos que son utilizados como medicamentos por su efecto antibiótico, como bioindicadores de contaminación ambiental y pioneros en el proceso de sucesión vegetal (Hawksworth y Hill 1984).

El Perú tiene una gran variedad de ecosistemas que lo hacen propicio para el desarrollo de líquenes los mismos que son poco conocidos y que pasan desapercibidos para la gran mayoría de personas, existiendo un gran número de géneros y especies que se distribuyen desde las altas cumbres hasta el nivel del mar.

Existe un reducido grupo de líquenes (8% del total de 18, 000 especies) que contienen como ficobionte algas azules fijadoras de nitrógeno atmosférico. El estudio de los líquenes, es todavía incipiente, a pesar que se han utilizado desde la antigüedad. Así, los pueblos que habitan las costas del norte de África y Asia Menor usan la especie *Leconora esculenta* como alimento, desde tiempos inmemoriales. En Japón se recolecta la especie saxícola *Umbilicaria esculenta*, que se desarrolla sobre paredes rocosas verticales, con el fin de preparar con sus talos diversos platos típicos, tales como sopas, ensaladas o guisos (Tovar 1996).

En diferentes zonas de Cajamarca se observan líquenes en los árboles, arbustos, piedras, rocas y en las zonas de relevancia histórica como son Cumbemayo, Santa Apolonia, Ventanillas de Otuzco. Dentro de estas especies tienen especial importancia las saxícolas, que pueden estar produciendo daños importantes al patrimonio arqueológico, debido a la secreción de ácido oxálico, sílvico y fúlvico entre otros que corroen la piedra y como consecuencia deterioran

lentamente la estructura (De los Ríos, Wierzchos, Sancho, Green y Ascaso, 2005; Piervittori et al, 2009).

Es importante la identificación y la determinación de la diversidad de líquenes en los sitios arqueológicos, como punto de partida para otros estudios, relacionados con las condiciones que favorecen su crecimiento y los probables daños que pueden ocasionar.

### **1.2. Formulación del Problema:**

¿Existen líquenes saxícolas que habitan los sitios arqueológicos de Cumbemayo, Santa Apolonia y Ventanillas de Otuzco de Cajamarca?

### **1.3. Justificación de la Investigación:**

Con el presente trabajo se contribuirá al conocimiento de los líquenes que se encuentran en algunos sitios arqueológicos de Cajamarca. De la revisión bibliográfica realizada se constata que no existe estudios específicos, referidos a este problema.

El conocimiento generado en esta investigación podrá servir para diferentes propósitos, por ejemplo, para la toma de decisiones sobre la mejor conservación de los restos arqueológicos y para otras investigaciones referidas a estos organismos simbióticos.

Así mismo, esta información puede ser utilizada por diferentes instituciones como el Ministerio del Ambiente, CENFOTUR, Ministerio de Cultura, Gobierno Regional de Cajamarca, Gobierno Local, investigadores y estudiantes.

## **2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:**

### **2.1. Objetivo General:**

El objetivo de la presente investigación fue determinar la diversidad de los líquenes saxícolas de los sitios arqueológicos de Cumbemayo y Santa Apolonia, pertenecientes al distrito de Cajamarca y Ventanillas de Otuzco, perteneciente al Distrito de Baños del Inca; provincia de Cajamarca.

## **3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:**

### **3.1. Hipótesis de la Investigación:**

En los sitios arqueológicos de Cumbemayo, Santa Apolonia y Ventanillas de Otuzco de Cajamarca existen varias especies de líquenes saxícolas y presentan diferencias en número de especies y abundancia en cada sitio.

### **3.2. Variable en estudio:**

Líquenes saxícolas en los sitios arqueológicos de Cumbemayo, Santa Apolonia en el distrito de Cajamarca y Ventanillas de Otuzco, en el distrito de Baños del Inca en la provincia de Cajamarca.

### **3.3. Delimitación de la Investigación:**

La investigación se realizó en los sitios arqueológicos específicos de Cumbemayo, Santa Apolonia, pertenecientes al distrito de Cajamarca, Ventanillas de Otuzco de Cajamarca perteneciente al distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca.

Se realizaron tres salidas en las siguientes fechas: diciembre de 2010, abril de 2011 y agosto de 2015.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 4.1. Naturaleza y taxonomía de los líquenes

Liquen deriva del latín lichen, término que se introdujo en tiempos de Teofrasto. La Asociación Internacional de Liquenología (IAL) define a éste grupo de organismos como "una asociación estable de un hongo y un simbionte fotosintético del que resulta un talo estable con una estructura específica" Barreno (1998).

Desde el punto de vista de la taxonomía, los líquenes no constituyen un grupo natural sino biológico; y se los clasifica dentro del reino FUNGI. En efecto, los líquenes son hongos (en su mayoría Ascomicetes), que se asocian con algas (Clorofitas y Cianofitas) Durán y Pascual (1997).

En ésta asociación los hongos, denominados micobiontes, son los encargados de conformar generalmente la estructura talina o cuerpo vegetativo del liquen, y las algas o fotobiontes, los constituyentes fotosintetizadores Barreno (1998).

Existen interpretaciones sobre esta asociación muy particulares, como la de Theler, liquenólogo sueco, contemporáneo, que considera que un liquen no es un organismo, sino que se trata de pequeños ecosistemas donde las algas producen y los hongos consumen.

Los líquenes están tan íntimamente relacionados entre sí por que se comportan y se reproducen como una planta única e independiente. El hongo se encarga de proteger al alga de las radiaciones directas del sol y brindarle agua y sales minerales. El alga a su vez realiza fotosíntesis y proporciona al hongo alimento y vitaminas (Durán y Pascual 1997).

El ficobionte suele ser una clorofita, más raramente una cianofita, debido a su naturaleza dual, los líquenes presentan características tanto del hongo como del alga, pese a presentar características propias y particulares. Los líquenes poseen una baja tasa de crecimiento, limitada a poco menos de dos centímetros por año, con tamaños que varían desde el casi microscópico de las especies que se desarrollan en la cutícula de las hojas, hasta el de ejemplares que pueden medir casi un metro de longitud (Tovar 1996).

Estructuralmente las algas se encuentran entre la malla formada por las hifas del hongo. El alimento sintetizado por las algas es aprovechado por los hongos, los cuales ofrecen a aquéllas un hábitat húmedo y protegido. El hongo y el alga se reproducen por el sistema habitual de sus especies. También puede ocurrir que la estructura del líquen se fragmente y cada porción crezca independientemente.

#### **4.2. Distribución y clasificación de los líquenes**

Se considera a los líquenes cosmopolitas, una amplia distribución, se encuentran desde los polos hasta el Ecuador; desde el nivel del mar hasta los picos altos de las montañas y desde los sitios más húmedos como las selvas y los bosques hasta las zonas desérticas Herrera y Ulloa (1990). Están presentes desde los círculos polares hasta los desiertos más calientes del planeta como el de Atacama (Chile), utilizando sustratos tan diversos como rocas, corteza de árboles, exoesqueletos de insectos, musgos, caparazones de tortugas, piel de mamíferos, entre otros menos frecuentes, aspectos que han permitido su clasificación en:

- Saxícolas, cuando el sustrato es la roca
- Cortícolas, cuando el sustrato es un árbol
- Lignícolas, cuando el sustrato es la madera
- Terrícolas y humícolas, sobre tierra y humus



### **4.3. Ecología de los líquenes**

Desde el punto de vista ecológico, además de ser cosmopolitas, son muy sensibles a la contaminación; su 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).

Los líquenes son pioneros en la colonización de rocas, desintegrándolas para la formación de suelo, permitiendo el crecimiento de diversos tipos de vegetación rupícola o saxícola, musgos y ciertas plantas vasculares (Herrera y Ulloa 1990), jugando así un papel importante en el ciclo de la materia en los ecosistemas.

Estos 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).

### **4.4. Morfología de los líquenes**

El talo o aparato vegetativo de los líquenes está formado por hifas entrelazadas que rodean y protegen al alga. Morfológicamente los líquenes de acuerdo a su naturaleza simbiótica, tienen diferentes tipos de talos, sin embargo, los líquenes saxícolas tienen

los talos crustáceos que están fuertemente adheridos al sustrato, incorporados total o parcialmente al sustrato constituyen las 3/4 partes de los líquenes, con esta característica especial se dividen en:

- **Talos lobalados**, no están completamente incorporados al sustrato, son periféricos, están por encima de la roca, epilíticos. (*Rhizocarpon geographicum*).
- **Talos no lobalados**, están incorporados en su totalidad al sustrato, tal es el caso de los líquenes saxícolas, endolíticos, aparecen dentro de la roca (*Anthophyrenia*), el ataque a la roca se realiza por los ácidos y sustancias liquénicas y fenómenos de quelación de los metales, sobre las rocas calcáreas más fácilmente atacables, proliferan una mayor cantidad de líquenes hemi – endolíticos, talos formados por dos partes, una superficial y la otra en la roca (*Verrucaria muravilis*).

Considerando la relación del hongo con el alga, el talo puede ser homómero, en este caso no se aprecia ninguna estratificación y las algas se hallan repartidas de manera uniforme entre las hifas.

Si el talo es heterómero los estratos se pueden apreciar y el alga se halla en una capa próxima a la superficie, llamada capa gonidial. La médula se encuentra por debajo de la capa y está formada por hifas. La zona que está en contacto directo con el sustrato recibe el nombre de córtex inferior, y pueden aparecer hifas cuyo propósito es la fijación del líquen al soporte.

#### **4.5. Reproducción de los líquenes**

Los líquenes presentan dos tipos de reproducción: sexual y asexual. La reproducción asexual tiene lugar por la fragmentación del talo. La pérdida de agua por desecación

hace que el talo se vuelva frágil, rompiéndose por el viento, facilitando la dispersión de los fragmentos. Cada fragmento puede originar un nuevo talo en otro lugar. Esta es la forma de reproducción más común entre los líquenes.

La reproducción sexual está a cargo del hongo, que desarrolla unas ascocarpos ya sea en forma de apotecio o de peritecio. Los apotecios en forma de disco abierto, se presentan sobre el talo, mientras que los peritecios se hunden en él y liberan las esporas. Muchos líquenes logran arrastrar consigo algunas células asegurando así la formación de un nuevo liquen (Durán 1997).

#### **4.6. Usos e importancia económica de los líquenes**

Los líquenes tienen una importancia económica ya que de ellos se extrae diversos productos de importancia industrial. La utilidad más conocida de los líquenes es quizás su uso como fuente de colorantes. La primera tintura de tornasol usada en química para la determinación de pH fue obtenida a partir de los líquenes.

Han sido utilizados en la medicina popular por sus propiedades antibióticas, sobre todo aquellos líquenes que producen ácido úsnico, como los representantes del género *Usnea*. A continuación, se expresa la distribución de porcentaje de sustancias liquénicas con diferente tipo de actividad farmacológica: 2% de los ácidos se han probado con efecto antiinflamatorio, 13% son antitumorales, un 28% actúan como antimicóticos y un 57 % han sido probados como antibióticos.

Se han preparado también pomadas para evitar infecciones en heridas superficiales y quemaduras. Algunos líquenes se utilizan en cosméticos y perfumería, suministrando aceites esenciales, tal es el caso de las clases *Ascolichenes*, *Basidiolichenes* y *Hypholichenes*.

Es utilizado como indicador de contaminación ambiental, ya que en lugares con elevada polución, son los primeros organismos que desaparecen, son muy susceptibles y registran rápidamente las variaciones de los caracteres físicos y químicos del ambiente y su presencia (abundante, escasa o nula) al igual que su color (verde intenso, naranja o gris verdoso en piedras), constituye una de las características tenidas en cuenta en el momento en que se quiere conocer qué tan contaminado está el ambiente.

En algunos países nórdicos se consume como alimento y fuente de vitamina C, en Islandia (*Cetraria islandica*). En los países subpolares, el líquen de los renos, *Cladonia rangiferina* sirve de alimento a los renos.

#### **4.7. Sustancias químicas presentes en los líquenes**

- Derivados del ácido pulvínico, amarillos o anaranjados ej. ácido pulvínico en *Lethraria vulpina*.
- Derivados de la antraquinona, amarillos, anaranjados o rojos, coloreables de púrpura con la potasa ej. *Xanthoria parietina*.
- Derivados del benzo-furano, con propiedades antibióticas ej. ácido úsnico en *Usnea, strepsilina* en *Cladonia strepsilis*, se colorea de azul-verdoso con el hipoclorito.

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

#### **5.1. Unidad de análisis, universo y muestra**

##### **5.1.1. Ubicación de los sitios arqueológicos a muestrear**

Los muestreos se realizaron en los sitios arqueológicos de: Cumbemayo, Santa Apolonia y Ventanillas de Otuzco.

##### **5.1.2. Sitio arqueológico de Cumbemayo**

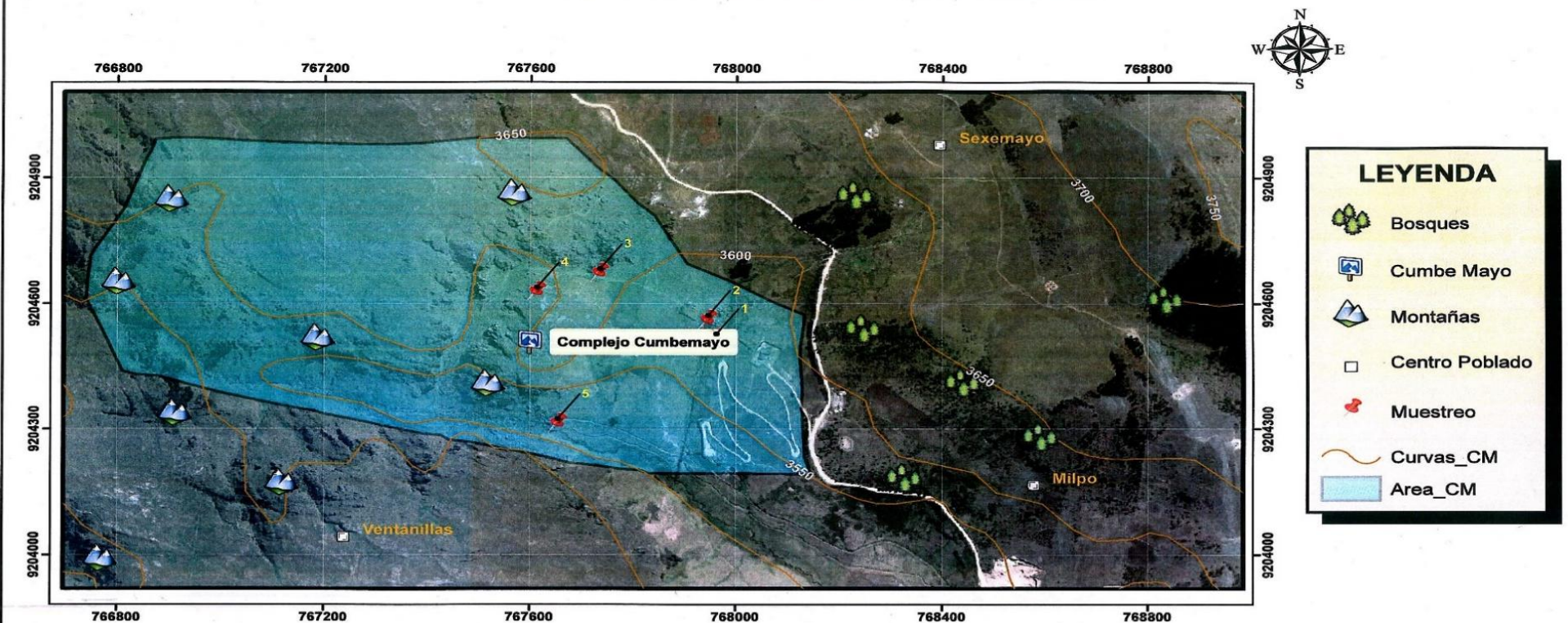
Ubicado al sudoeste, en las faldas del cerro Cumbemayo, a cinco horas aproximadamente de la ciudad de Cajamarca, se encuentra el denominado complejo hidráulico ceremonial de Cumbemayo, teniendo una altitud de 3510 metros sobre nivel de mar. El plano de ubicación se presenta en la figura 1.

Es un lugar de particular belleza que encierra atractivos de significación, formando un escenario donde se conjugan el trabajo del hombre y la acción del tiempo. La zona se caracteriza por un clima con una estación seca que va de mayo a octubre en la que abundan los días cálidos y soleados y otra lluviosa entre diciembre y marzo. Cumbemayo es una construcción megalítica de 25 000 m<sup>2</sup> emplazada en las faldas del cerro Cumbemayo. Se cree que fue levantada alrededor del año 1200 D.C. por la cultura Cajamarca-Marañón, aunque presenta también una marcada influencia Chavín. Abarca tres grandes grupos arquitectónicos: el Santuario (una gruta modelada en la base de un enorme farallón con forma de cabeza humana); las Cuevas (petroglifos con motivos antropomorfos); y el Acueducto, realizado en lava volcánica, una de las más

importantes obras de ingeniería hidráulica de la América Precolombina. Además, en la zona se pueden encontrar los famosos bosques de rocas o frailones.

La importancia de la zona de estudio radica, que en 1937 cuando el Dr. Julio C. Tello, limpió y estudió dichas evidencias, a medida que iba despejando las malezas que cubrían dichos restos arqueológicos, fue captando con mucha atención los esquemas gráficos que por primera vez iban a ser conocidos en el mundo científico; indudablemente, ante sus ojos tenía los testimonios de una de las múltiples obras perennizadas del antiguo culto a dicha naturaleza. En esta parte, el canal cuya longitud tiene unos 850 metros aproximadamente, fue diseñado un acueducto con una profundidad que llega hasta a los 50 cm y un ancho de 30 cm en la que actualmente discurre el agua (Ravines 1985).

## PLANO DE UBICACIÓN - CUMBEMAYO



### PARÁMETROS ENCONTRADOS

PUNTO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	DISTANCIA	TEMPERATURA
1	767959	9204523	3330	1-2: 46m	12°C
2	767943	9204567	3438	2-3: 238m	12°C
3	767732	9204678	3527	3-4: 130m	13°C
4	767610	9204634	3558	4-5: 317m	12°C
5	767651	9204319	3550		14°C



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	
	<i>ESCUELA DE POSTGRADO</i>	
	<b>TITULO: PLANO DE UBICACIÓN - CUMBEMAYO</b>	
	<b>TESIS: ESTUDIO DE LIQUENES AXICOLAS EN TRES ZONAS ARQUEOLOGICAS</b>	
Tesisista: <b>Blgo. EDGAR MARIO MARINO VALLE</b>		<b>PLANO Nº:</b> <b>01</b>

Figura 1. Ubicación y parámetros físicos de los puntos de muestreo en el sitio arqueológico Cumbemayo  
Fuente: Google Earth. Image.CNES/Astrium

### 5.1.3. Sitio arqueológico Santa Apolonia

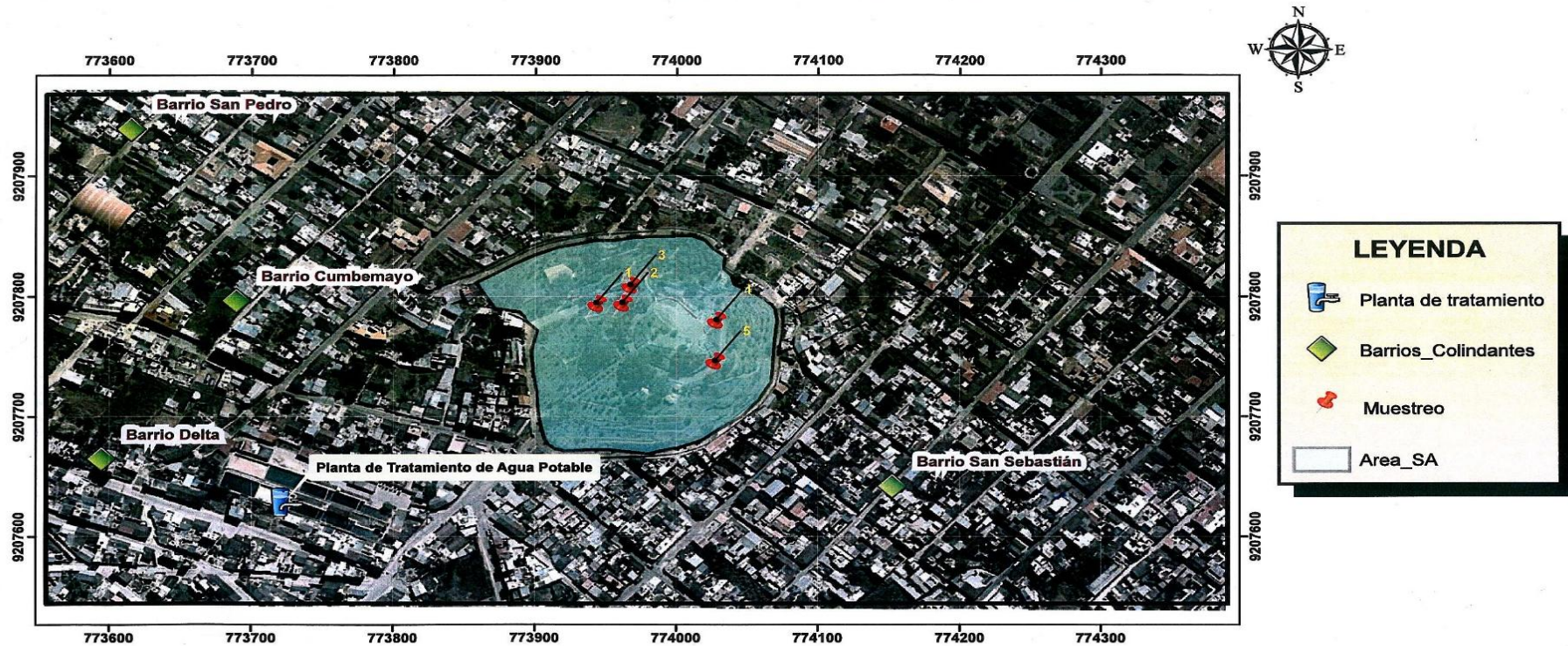
Santa Apolonia tiene una altura de 2,764 metros sobre el nivel del mar, se ubica al lado Oeste del valle y de la ciudad de Cajamarca; Santa Apolonia antes se le conocía con el nombre Rumí Tiana o "Asiento de Piedra".

El pueblo de Cajamarca en el siglo VII utilizó la colina de Santa Apolonia para la adoración a la lluvia, al rayo y también a los astros, este lugar se mantuvo por muchos siglos como un lugar sagrado exclusivo para la adoración. La cima de Santa Apolonia es 500 metros más alta que la ciudad (plano de ubicación figura 2).

A este hermoso mirador se ingresa por Jr. Dos de Mayo a dos cuadras de la Plaza de Armas. En sus linderos se pueden apreciar aún vestigios de edificaciones prehispánicas, entre ellas la famosa “**Silla del Inca**” que está formada por 2 bloques de piedra que afloran del mismo cerro, que han sido tallados para darle su forma actual. Además, se puede observar la preciosa vista de la ciudad y todo su esplendor.



## PLANO DE UBICACIÓN - SANTA APOLONIA



### **PARÁMETROS ENCONTRADOS**

PUNTO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	DISTANCIA	TEMPERATURA
1	773942	9207793	2816	1-2: 10m	16°C
2	773955	9207775	2814	2-3: 34m	18°C
3	773966	9207808	2818	3-4: 65m	18°C
4	774027	9207779	2820	4-5: 34m	19°C
5	774026	9207745	2829		19°C



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	
	<i>ESCUELA DE POSTGRADO</i>	
	<b>TITULO:</b> PLANO DE UBICACIÓN - SANTA APOLONIA	<b>PLANO N°:</b>
	<b>TESIS:</b> ESTUDIO DE LIQUENES AXICOLAS EN TRES ZONAS ARQUEOLOGICAS	<b>02</b>
<b>Tesista:</b> Bigo. EDGAR MARIO MARINO VALLE		

Figura 2. Ubicación y parámetros físicos de los puntos de muestreo en el sitio arqueológico Santa Apolonia  
Fuente: Google Earth. Image. DigitalGlobe

#### **5.1.4. Sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco**

Los restos arqueológicos conocidos como "Las Ventanillas de Otuzco" denominados así por encontrarse en el centro poblado del mismo nombre; pertenece al distrito de Baños del Inca. El lugar dista aproximadamente unos 8 kilómetros al norte de la ciudad de Cajamarca, teniendo una altitud de 2,850 m.s.n.m, el paisaje presenta de bosques de eucaliptos que conjugan con el verdor de la zona ganadera. Posee una extensión de 1600 m<sup>2</sup> de área intangible que se extiende desde el río Grande de Otuzco hasta el río de Antumayo, presenta un total de 338 nichos en ventanillas en total. El plano de ubicación se muestra en la figura 3.

Estos restos arqueológicos muestran haber sido realizados en los promontorios rocosos; teniendo estas concavidades de formas rectangulares y otras casi cuadradas, permiten conocer que fueron elaboradas por el procedimiento del tallado de la superficie rocosa de origen volcánico.

Las observaciones y estudios realizados permiten conocer un poco más de quienes lo elaboraron y cuál fue su función, así tenemos que el lugar fue anteriormente visitado y descrito por el Dr. Julio C. Tello en 1937, luego Reichlen en 1947 lo registra y posteriormente el Arq. Rogger Ravines, lo incluye en el inventario de Monumentos arqueológicos de Cajamarca.

Estos recintos mortuorios manifiestan la amplia ocupación de la cultura Cajamarca, actualmente es admirable observar el paisaje y el contorno rocoso en las cuales fueron elaboradas. Este, así como otros lugares requiere del apoyo del Estado y la cooperación Internacional para futuros proyectos de investigación y su futura puesta en valor al turismo.



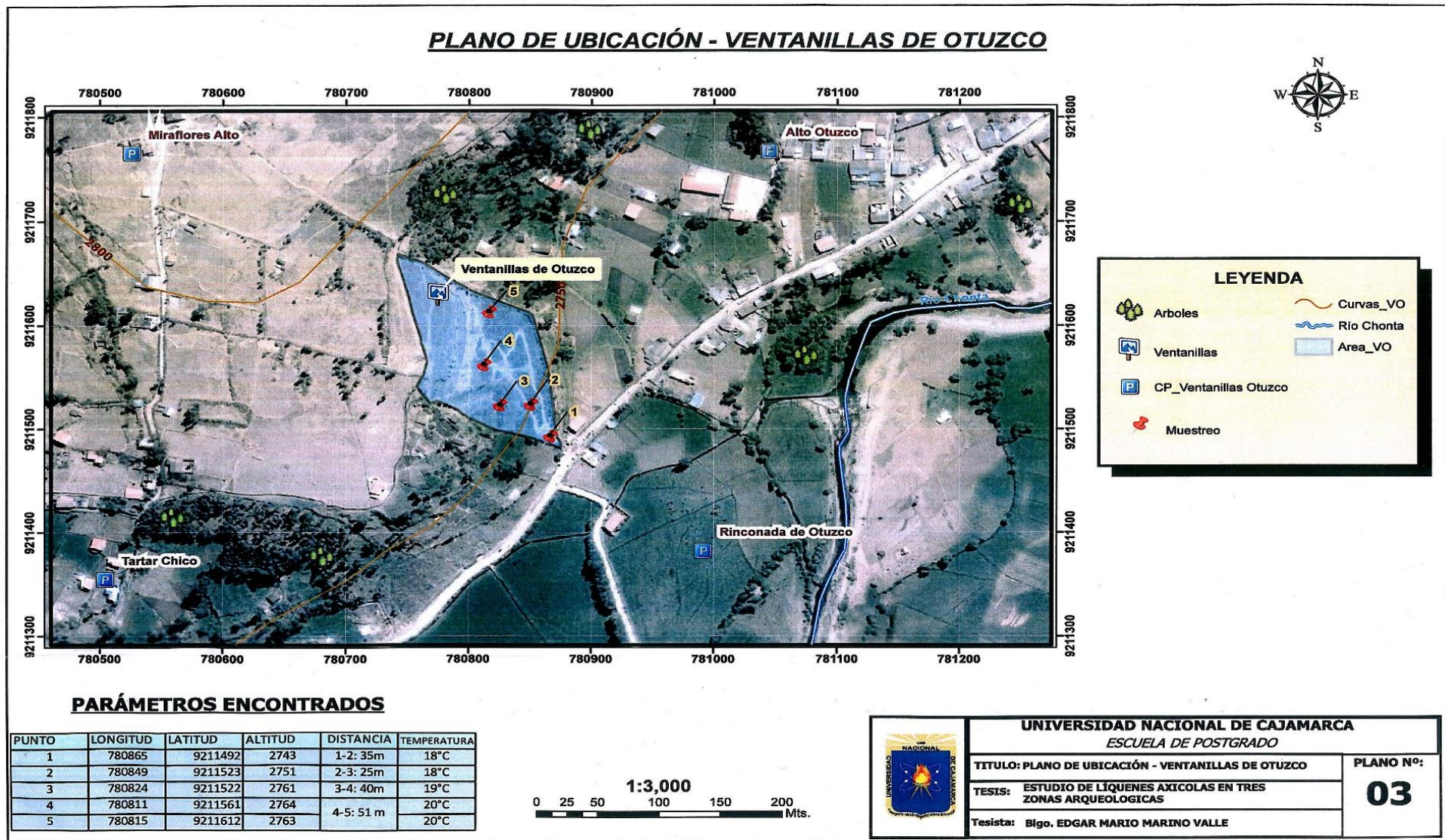


Figura 3. Ubicación y parámetros físicos de los puntos de muestreo en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco  
Fuente: Google Earth. Image. CNES/Astrium

## 5.2. Tipo y descripción del diseño de contrastación de la hipótesis

Según los objetivos planteados, la presente investigación tuvo un carácter básico. El diseño fue descriptivo y longitudinal.

## 5.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

INDICADOR	ÍNDICE	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Especies de líquenes	Número de especies por sitio	Sitios arqueológicos	Identificación	Claves
Especies de líquenes	Número de especies por sitio	Sitios arqueológicos	Densidad poblacional	Registro de Análisis

### 5.3.1. Delimitación del área de estudio

Se realizó empleando un navegador G.P.S. y la cartografía del área, para corroborar o corregir los límites. Con la información obtenida se elaboró un croquis de cada una de las zonas en estudio para establecer los puntos de muestreos, y georreferenciar el área de estudio

### 5.3.2. Inventario Liquenológico

#### a) Colección

Se realizó colecciones en las diferentes sitios arqueológicas elegidas del distrito de Cajamarca y de Baños del Inca (intervenidos o no por el hombre), se utilizó

los medios, materiales y métodos estandarizados para líquenes crustosos, foliosos y fruticulosos, georeferenciados al área de estudio. Para la obtención de muestras epilíticas y epífitas, sobre todo los de tipo crustosos y foliosos se emplearon espátulas metálicas, cinceles, teniendo en cuenta que las muestras se encontraron en buen estado (sanas, enteras, vigorosas y con apotecios), las que se colocaron en sobres de papel secante, previamente se anotaron las características morfológicas y de hábitat.

Antes de coleccionar las muestras se evaluaron las características del lugar y de la cantidad de líquenes que se observaron, se determinó el número de organismos a coleccionar, que fueron llevados al laboratorio para su identificación. La colecta de ejemplares liquénicos se realizó cuidadosamente observando el espécimen antes de removerlo del sustrato, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se estimó cuantitativamente la población liquénica para evitar depredar el sitio arqueológico, empleando el método del cuadrado (figura 4)
- Se apreció que el tamaño del ejemplar sea el adecuado para su estudio, teniendo en cuenta la cantidad de material liquénico que fue aprovechado para la identificación taxonómica y luego desechado.
- Se analizó el aspecto y coloración del talo, ya que suelen ser indicadores de la vitalidad del ejemplar.
- Se seleccionaron ejemplares aislados y se desecharon los que aparecieron entremezclados con otros líquenes o musgos, evitando así confusiones que obstaculicen su identificación.
- Se evaluó la posibilidad de removerlo sin causarle daño, trasladando o no parte del sustrato. (figura 5)



- Se estimó la conveniencia de fotografiar el ejemplar.



Figura 4. Estimación cuantitativa de la población liquénica empleando el método del cuadrado.



Figura 5. Material utilizado para la recolección de líquenes

### **b) Conservación.**

El material liquénico recolectado se conservó en sobres hechos con papel toalla, (figura 6) y protegidos en sobres elaborados previamente con papel bond A4, cada sobre tuvo los datos de recolección respectiva. Los ejemplares que se encontraron en rocas sueltas, se conservaron en cajas de cartón. Las muestras se secaron al ambiente, las muestras crasas o con abundante líquido, se les cambió constantemente el sobre que las contenía.



Figura 6. Conservación especímenes de líquenes en papel toalla

### **c) Identificación**

Para realizar el estudio taxonómico en los talos del líquen, se realizaron preparados citológicos a los que se les coloreó y después fueron observados al microscopio compuesto donde se analizó la estructura del cuerpo liquénico y de los órganos reproductores (apotecios), sexuales y asexuales, se emplearon claves taxonómicas para la identificación del género y especie (Barreno y Pérez-Ortega

2003). También se hicieron comparaciones con ejemplares previamente identificados. Otra estrategia fue enviar los ejemplares y microfotografías (figura 7) para ser reconocidos por el director del Herbario CPUN de la UNC.

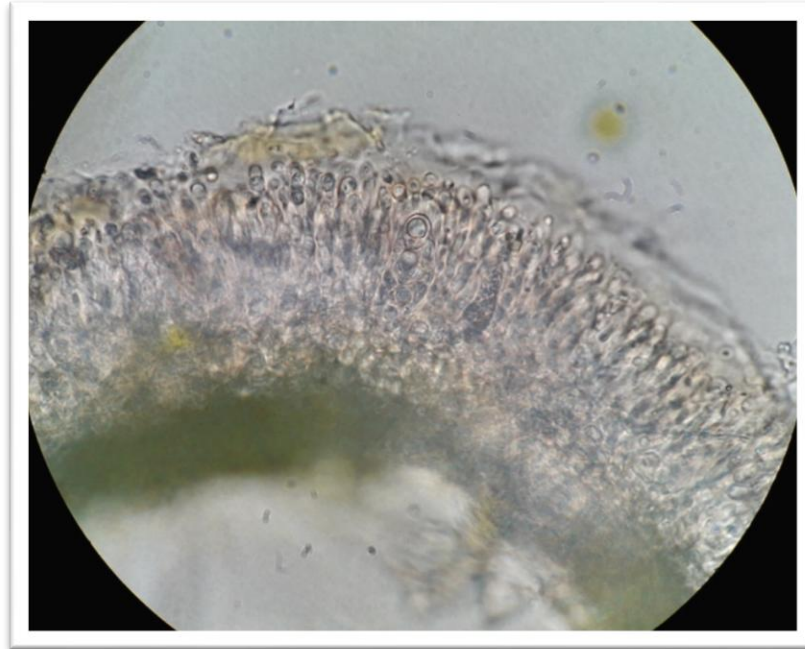


Figura 7. Microfotografía de líquen a 1000 X, se observa la ascospora para su identificación

### 5.3.3. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizaron análisis cualitativo y cuantitativo, de los datos obtenidos, para expresarlos en términos de número de organismos por punto de muestreo y dentro de un ordenamiento sistemático. Los parámetros poblacionales, se calcularon mediante las fórmulas establecidas:

$$\text{- Densidad poblacional} = \frac{\text{Número de organismos}}{\text{Unidad de área}}$$



- Densidad relativa de especie = 
$$\frac{\text{Número de organismos de la especie}}{\text{Número total de organismos encontrados}}$$
- Dominancia = Densidad de la especie.  $\times \frac{\text{N}^\circ \text{ estaciones en que la especie dominó}}{\text{N}^\circ \text{ total de estaciones de muestreo}}$

#### **5.4. Claves taxonómicas para la determinación de las taxas**

Se emplearon claves y descripciones disponibles en la literatura especializada (Bruce 1960, Sato 1968, Hale 1979, Ahti 1984, Galloway 1985, Walker 1985, Kashiwadani 1987, Parmastro 1987, Moberg 1990, Almborn 1992, Elix y Nash 1992, Moberg 1993, Elix 1994, Galloway 1994, Vitikainen 1998, Sipman 1999).

##### **5.4.1. Claves para diferenciar las familias de líquenes**

- 1a. Talo crustáceo **2**
- 1b. Talo escamoso, folioso, fructicoso o dimórfico **3**
- 2a. Apotecio irregular. **4**
- 2b. Apotecio circular. **5**
- 4a. Ascospora con un septo. **Arthoniaceae**
- 4b. Ascospora con muchos septos **Rhizocarpaceae**
- 5a. Apotecio lecideíno **Lecideaceae**
- 5b. Apotecio lecanorino **6**
- 6a. Asca con 8 ascosporas **7**

- 6b. Asca con numerosas ascosporas (64) **Acarosporaceae**
  
- 7a. Ascospora sin septo **8**
  
- 7b. Ascospora con septo o lóculos **9**
  
- 8a. Talo verde amarillo, ascospora de 8 mm de largo **Lecanoraceae**
  
- 8b. Talo marrón, ascospora de 25 mm de largo **Pertusariaceae**
  
- 9a. Ascospora con un septo **Physciaceae**
  
- 9b. Ascospora polarilocular **Teloschistaceae**
  
- 3a. Talo escamoso **Psoraceae**
  
- 3b. Talo folioso, fructicoso o dimórfico **10**
  
- 10a. Talo folioso **11**
  
- 10b. Talo fructicoso o dimórfico **12**
  
- 11a. Talo de color amarillo **Candelariaceae**
  
- 11b. Talo de color no amarillo **13**
  
- 12a. Talo fructicoso **18**
  
- 12b. Talo dimórfico **Cladoniaceae**
  
- 13a. Talo con cianobionte **14**
  
- 13b. Talo con clorobionte **15**

- 14a. Talo de color blanco **Thelephoraceae**
  
- 14b. Talo de color marrón **16**
  
- 15a. Apotecio lecideíno **Umbilicariaceae**
  
- 15b. Apotecio lecanorino **17**
  
- 16a. Talo sin cífelas **Peltigeraceae**
  
- 16b. Talo con cífelas **Lobariaceae**
  
- 17a. Ascospora sin septo **Parmeliaceae**
  
- 17b. Ascospora con un septo **Physciaceae**
  
- 18a. Talo de color amarillo a verde **19**
  
- 18b. Talo de color blanco **Grupo Imperfecto**
  
- 19a. Ascospora sin septo **Parmeliaceae**
  
- 19b. Ascospora con septo **Ramalinaceae**

#### 5.4.2. Descripción de las especies

##### c. Familia Candelariaceae Hakulinen

Claves para diferenciar las especies de la familia Candelariaceae

1a. Talo sin ombligo *Candelaria concolor*

1b. Talo con ombligo *Placomaronea candelaroides*

- *Candelaria concolor* (Dickson) Arnold

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

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

##### f. Familia Lecideaceae Chev.

Claves para diferenciar las especies del género *Lecidea*

1a. Liquen terrícola *Lecidea uliginosa*

1b. Liquen saxícola 2

2a. Apotecios agrupados, ascospora mayor de 10 mm en longitud *Lecidea vorticosa*

2b. Apotecios no agrupados, ascospora menor de 10 mm en longitud *Lecidea auriculata*

- *Lecidea auriculata* T. Fries

Liquen crustáceo areolado, gris; saxícola. Apotecio circular, convexo, sésil, diámetro de 1 a 2 mm, sin borde talino y epitecio negro. Talo con córtex superior, heterómero con clorobionte *Protococcus* sp. Apotecio lecideíno; asca con ocho ascosporas elipsoidales sin septo, hialinas y de 8,8 x 6,5 mm; paráfisis con septo y sin ramificación. Talo K- y C-. Habita en laderas rocosas con pajonal de puna.

M.E.: Huashta Cruz, 4000 m, 29 oct. 00, A. Ramírez & A. Cano 351 (USM).

- *Lecidea uliginosa* (Schrader) Ach.

Liquen crustáceo areolado, marrón; terrícola. Apotecio circular, convexo, sésil, diámetro de 1 a 2 mm, sin borde talino y epitecio negro. Talo con córtex superior, heterómero con clorobionte *Protococcus* sp. Apotecio lecideíno; asca con cuatro ascosporas elipsoidales sin septo, hialinas y de 9 x 6 mm; paráfisis con septos y sin ramificación. Talo K- y C-. Habita en laderas pedregosas.

M.E.: Huashta Cruz, 3400 m, 26 may. 01, A. Ramírez & A. Cano 487 (USM).

- *Lecidea vorticosa* (Floerke) Koerb.

Liquen crustáceo areolado, gris; saxícola. Apotecio circular, plano, sésil, diámetro de 0,3 a 0,9 mm, con borde propio y epitecio negro. Talo con córtex superior,

heterómero con clorobionte *Protococcus* sp. (Bruce, 1960). Apotecio lecidéino; asca con cuatro ascosporas elipsoidales, sin septo, hialina y de 10,7 x 5,8 mm; paráfisis septada y no ramificada. Talo K- y C-. Habita en laderas rocosas con matorral. M.E.: Huashta Cruz, 3600 m, 13 abr. 01, A. Ramírez & A. Cano 433 (USM).

#### **h. Familia Parmeliaceae Zenker**

Claves para diferenciar las especies de la familia Parmeliaceae

1a. Liquen folioso 2

1b. Liquen fruticoso 3

2a. Talo con cilios *Cetrariastrum* sp.

2b. Talo sin cilos 4

4a. Liquen saxícola 5

4b. Liquen cortícola 6

5a. Lóbulos amplios *Psiloparmelia distincta*

5b. Lóbulos estrechos *Xanthoparmelia conspersa*

6a. Talo de color gris *Pseudevernia* sp.

6b. Talo de color verde oliva *Flavoparmelia scabrosina*

3a. Talo sin cordón central *Everniopsis trulla*

3b. Talo con cordón central 7

7a. Liquen saxícola *Usnea durietzii*

7b. Liquen cortícola 9

9a. Talo con sorolio *Usnea* sp.1

9b. Talo con papilas y fibrilas *Usnea* sp.2

- *Everniopsis trulla* (Ach.) Nyl.

Liquen fructicoso, verde amarillo claro; cortícola y creciendo entre rocas. Apotecio circular, cóncavo, cortamente pedicelado, diámetro de 5 a 15 mm, con borde talino y epitecio marrón oscuro. Talo sólido, con córtex, heterómero con clorobionte *Trebouxia* sp. Apotecio lecanorino; asca con ocho ascosporas elipsoidales, sin septo, hialina y de 11 x 6 mm; paráfisis con septo y sin ramificación. Talo K-. Habita en roquedales, rodales de Puya y laderas con matorral. (Fig. 2c)

M.E.: Cerro Yanaico, 24002650 m, 12 abr. 01, A. Ramírez & A. Cano 396 (USM); Coracayoc, 3400 3940 m, 05 ago.01, A. Ramírez & A. Cano 622 (USM); Huashta Cruz, 4090 m, 16 may. 00, A. Ramírez & A. Cano 251 (USM).

- *Usnea durietzii* Motyka

Liquen fructicoso, verde amarillo; saxícola. Apotecio ausente. Talo grueso con soledios, sin papilas, con base manchada, sólido, con córtex, heterómero con clorobionte *Trebouxia* sp. y con cordón central. Talo K-, médula K-y PD-. Habita en roquedales.

M.E.: Huashta Cruz, 4000 4200m, 16 may. 00, 249(USM); Antircán, 3450 m, 08 ago. 01, A. Ramírez & A. Cano 674(USM).

- *Usnea* sp.1

Liquen fruticoso, amarillo claro; cortícola. Apotecio ausente. Talo delgado con soralio, sin papilas, sólido, con córtex, heterómero con clorobionte *Trebouxia* sp. y con cordón central. Talo K-. Hábitat: Pajonal de puna y ladera con matorral.

M.E.: Huashta Cruz, 4000 4200 m, 16 may.00, A. Ramírez & A. Cano 215(USM).

- *Usnea* sp. 2

Liquen fruticoso, verde amarillo; cortícola. Apotecio ausente. Talo grueso sin soralio, con papilas y fibrillas, sólido, con córtex, heterómero con clorobionte *Trebouxia* sp. y con cordón central. Talo K-. Habita en laderas con matorral.

M.E.: Huashta Cruz, 3400 m, 13 abr. 01, A. Ramírez & A. Cano 431(USM).

- *Xanthoparmelia conspersa* (Ach.) Hale

Liquen folioso, verde claro; saxícola. Talo sin rizinas. Apotecio circular, ligeramente cóncavo, sésil, 6 mm. de diámetro, con borde talino y epitecio marrón oscuro. Talo con córtex superior e inferior, heterómero con clorobionte *Trebouxia* sp. Apotecio lecanorino; asca con cuatro ascosporas elipsoidales sin septo, hialina y de 7,7 x 4,8 mm; paráfisis con septo y sin ramificación. Talo K-. Habita en laderas rocosas con matorral.

M.E.: Huashta Cruz, 3400 m, 13 abr. 01, A. Ramírez & A. Cano 433(USM).

Determinado: Dr. Sipman H.



**o. Familia Teloschistaceae Zahlbr.**

Claves para diferenciar las especies de la familia Teloschistaceae

1a. Talo crustáceo 2

1b. Talo fruticoso *Teloschistes chrysophthalmus*

2a. Talo crustáceo sin márgenes lobados *Caloplaca cinnabarina*

2b. Talo crustáceo con márgenes lobados 3

3a. Talo con márgenes cortos *Caloplaca saxicola*

3b. Talo con márgenes largos *Caloplaca* sp.

- *Caloplaca cinnabarina* (Ach.) Zahlbr.

Liquen crustáceo areolado, anaranjado; saxícola. Apotecio circular, plano, sésil, diámetro de 0,5 a 1 mm, con borde talino y epitecio anaranjado. Talo con córtex superior, heterómero con clorobionte *Trebouxia* sp. Apotecio lecanorino; asca con ocho ascosporas elipsoidales, polarilocular, hialina, de 10,8 x 5,4 mm; paráfisis con septos y sin ramificación. Talo K+ (púrpura). Habita en roquedales.

M.E.: Huashta Cruz, 4000-4200 m, 16 may. 00, A. Ramírez & A. Cano 243 (USM).

- *Caloplaca saxicola* (Hoffm.) Nordin

Liquen crustáceo areolado en el centro y hacia los márgenes formando lóbulos; anaranjado; saxícola. Apotecio circular, plano, sésil, diámetro de 5 mm, con borde talino y epitecio anaranjado. Talo con córtex superior, heterómero con clorobionte

*Trebouxia* sp. Apotecio lecanorino; asca con ocho ascosporas elipsoidales, polarilocular, hialina y de 9 x 5 mm; paráfisis con septos y ramificación en el ápice. Talo K + (púrpura). Habita en laderas pedregosas y cumbres rocosas. Fig. 2b.

M.E.: Huashta Cruz, 3500 m, 26 may. 01, A. Ramírez & A. Cano 486 (USM); Angüel Pampa, 2550m, 10 ago.01, A. Ramírez 710,704 (USM); Coiroqsho, 2900-3220 m, 08 oct. 01, A. Ramírez & A. Cano 803 (USM); Tocash, 2320 m, 09 oct. 01, A. Ramírez & A. Cano 818 (USM); Pueblo Libre, 04 ago. 01, 2500 m, A. Ramírez & A. Cano 613 (USM).

- *Caloplaca* sp.

Liquen crustáceo areolado en el centro y hacia los márgenes ramificándose largamente y formando lóbulos; anaranjado rojizo; saxícola. Apotecio ausente. Talo con córtex superior, heterómero con clorobionte *Trebouxia* sp. Talo K+ (púrpura). Hábitat: Ladera rocosa con matorral.

M.E.: Cerro Yanaico, 2400-2650 m, 12 may. 01, A. Ramírez & A. Cano 416 (USM).

**p. Familia Thelephoraceae (Meruliaceae P. Karsten)**

Claves para diferenciar las especies del género *Dictyonema*

1a. Hifa con asa y cianobionte *Scytonema Dictyonema ircipium*

1b. Hifa sin asa y cianobionte *Chroococcus Dictyonema glabratum*

- *Dictyonema glabratum* (Spreng.) D. Hawksw.

Liquen folioso, blanco; muscícola. Sin presencia de basidiospora. Talo con lóbulos semicirculares y reniformes, grandes de 1,5 cm, involuto y en la cara inferior con tomento. Talo sin córtex superior e inferior, heterómero, hifas sin asa y cianobionte *Chroococcus* sp. Talo K-. Habita en pajonales de puna y matorrales. (Fig. 2d)

M.E.: Huashta Cruz, 4090 m, 16 may. 00, A. Ramírez & A. Cano 219 (USM); Cerro Yanaico, 3100 m, 12 abr. 01, A. Ramírez & A. Cano 406 (USM); Antircán, 3450 m, 08 ago. 01, A. Ramírez & A. Cano 684 (USM).

**q. Familia Umbilicariaceae Chev.**

- *Umbilicaria dichroa* Nyl.

Liquen folioso con ombligo; cara superior gris o marrón e inferior negra, con rizinas simples y dicotómicas de color negro o marrón; saxícola. Apotecio circular, plano, pedicelado de 0,8 a 3 mm, diámetro de 1,5 mm, sin borde talino y epitecio negro. Talo con córtex superior e inferior, heterómero con clorobionte *Trebouxia* sp. Apotecio lecideíno; asca con ocho ascosporas elipsoidales sin septo, hialina y de 17,2 x 9,6 mm; paráfisis con septo y sin ramificación. Habita en roquedales de altura.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Empleando los métodos y las técnicas planificadas y de acuerdo a los caracteres morfológicos macroscópicos y microscópicos, como son forma, tamaño, color, posición en el talo, estructuras reproductivas y forma de las esporas, se llegaron a los siguientes resultados.

#### 6.1. Sitio arqueológico Cumbemayo

Tabla 2. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Cumbemayo en diciembre de 2010.

ESPECIES	N° DE INDIVIDUOS PROMEDIO	DENSIDAD individuos/m <sup>2</sup>	DOMINANCIA individuos/m <sup>2</sup>
<i>Calophaga sp.</i>	21,4	42,8	0
<i>Candelariella vitellina</i>	42,4	84,8	0
<i>Caloplaca aurantia</i>	24	48	0
<i>Caloplaca saxicola</i>	35,8	71,6	0
<i>Dyctionema glabratum</i>	59,4	118,8	71,28
<i>Evernia prunastri</i>	23,2	46,4	0
<i>Everniopsis sp.</i>	20	40	0
<i>Lacanora sp.</i>	38,4	76,8	0
<i>Ledicea sp.</i>	29,8	59,6	0
<i>Lepraria sp.</i>	16	32	0
<i>Parmelia sulcata</i>	62	124	49,6
<i>Parmelia conspersa</i>	36,2	72,4	0
<i>Parmelia olivacea</i>	28,6	57,2	0

En la Tabla 2, presenta la identificación de 13 especies diferentes de las cuales, las especies *Dyctionema glabratum* y *Parmelia sulcata* son las dominantes porque presentaron una densidad poblacional mayor 118,8 ind/m<sup>2</sup> y 124 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, en primavera del 2010, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Lepraria sp* es la que presentó una menor densidad poblacional siendo con 32 ind/m<sup>2</sup>.

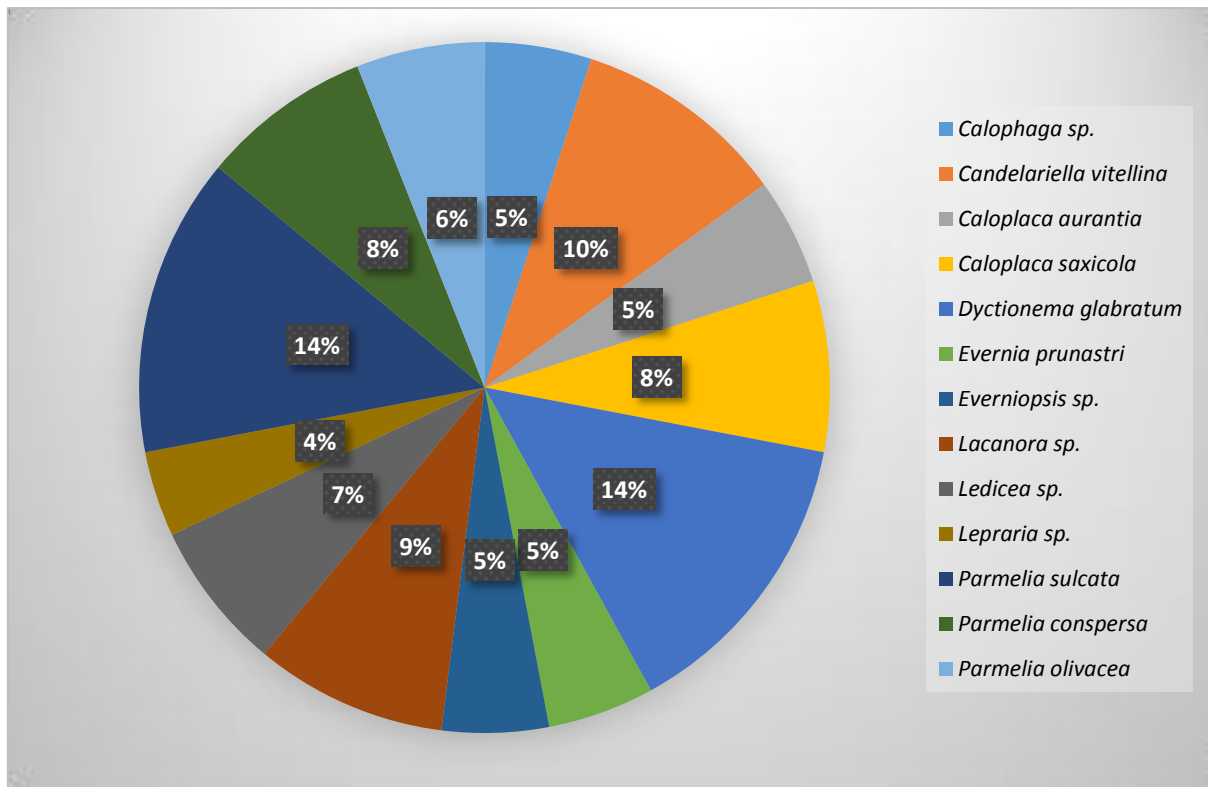


Figura 8. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Cumbemayo (diciembre de 2010)

En la Figura 8, se observa las densidades relativas de las especies encontradas, *Dyctionema glabratum* y *Parmelia sulcata* presentaron una densidad relativa mayor de 14% cada una en primavera del año 2010, además, *Lepraria sp* es la que presentó una menor relativa de 4%.

Tabla 3. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Cumbemayo en abril de 2011.

ESPECIES	Nº DE INDIVIDUOS PROMEDIO	DENSIDAD individuos/m <sup>2</sup>	DOMINANCIA individuos/m <sup>2</sup>
<i>Calophaga sp.</i>	6,3	12,7	0
<i>Candelariella vitellina</i>	14,0	28,0	0
<i>Caloplaca aurantia</i>	5,7	11,3	0
<i>Caloplaca saxícola</i>	8,0	16,0	0
<i>Dyctionema glabratum</i>	28,0	56,0	33,6
<i>Evernia prunastri</i>	9,3	18,7	0
<i>Everniopsis sp.</i>	2,3	4,7	0
<i>Lacanora sp.</i>	15,3	30,7	0
<i>Ledicea sp.</i>	11,3	22,7	0
<i>Lepraria sp.</i>	5,0	10,0	0
<i>Parmelia sulcata</i>	25,3	50,7	20,3
<i>Parmelia conspersa</i>	9,0	18,0	0
<i>Parmelia olivácea</i>	8,7	17,3	0

En la Tabla 3, se observa que las especies *Dyctionema glabratum* y *Parmelia sulcata* son las dominantes porque presentaron la densidad poblacional mayor correspondiente a 56 ind/m<sup>2</sup> y 50.7 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, en otoño del año 2011, no obstante, las especies *Everniopsis sp.* y *Lepraria sp.* presentaron una menor densidad poblacional siendo solo 4,7 ind/m<sup>2</sup> y 10 ind/m<sup>2</sup> respectivamente.

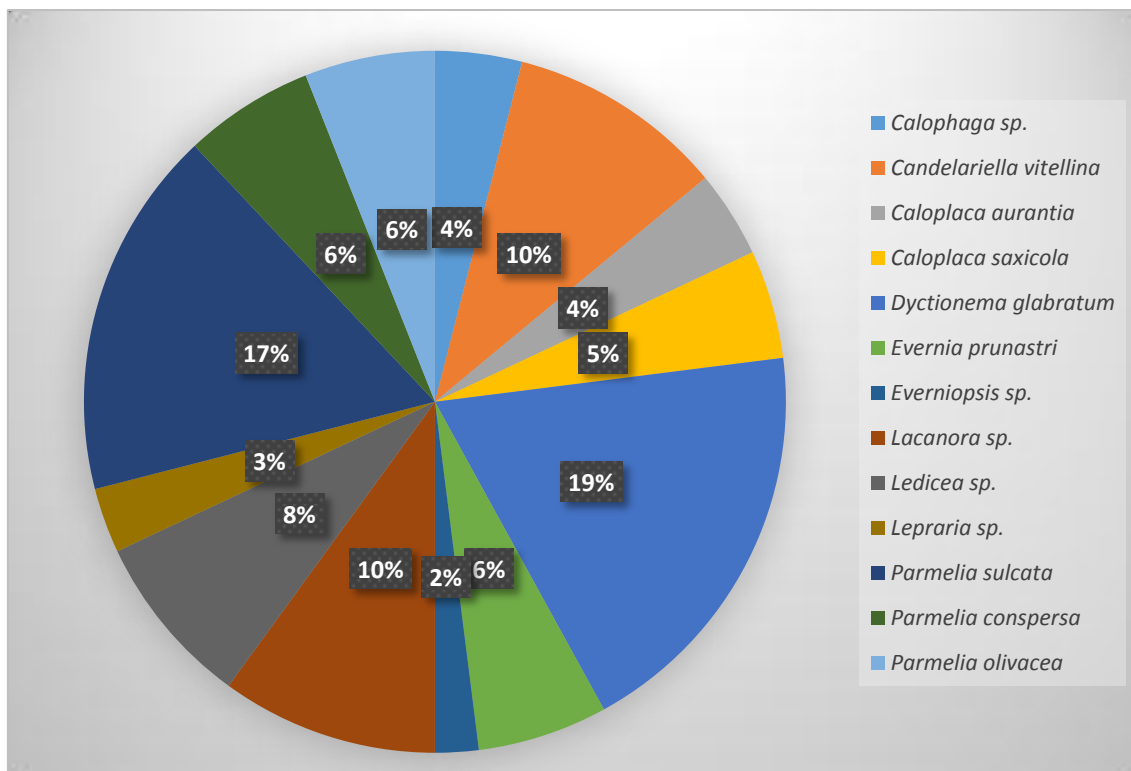


Figura 9. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Cumbemayo (abril de 2011).

En la Figura 9, se observa la densidad relativa de las 13 especies encontradas en el sitio arqueológico Cumbemayo de las cuales, las especies *Dyctionema glabratum* y *Parmelia sulcata* presentaron densidades relativas mayores de 19% y 17% respectivamente, en otoño del 2011, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Everniopsis sp.* y *Lepraria sp* presentaron una menor densidad relativa de 2% y 4% respectivamente.

Tabla 4. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Cumbemayo en agosto de 2015.

ESPECIES	Nº DE INDIVIDUOS PROMEDIO	DENSIDAD individuos/m <sup>2</sup>	DOMINANCIA individuos/m <sup>2</sup>
<i>Calophaga sp.</i>	7,3	14,7	0
<i>Candelariella vitellina</i>	11,7	23,3	0
<i>Caloplaca aurantia</i>	6,0	12,0	0
<i>Caloplaca saxícola</i>	8,7	17,3	0
<i>Dyctionema glabratum</i>	25,0	50,0	30
<i>Evernia prunastri</i>	10,7	21,3	0
<i>Everniopsis sp.</i>	8,3	16,7	0
<i>Lacanora sp.</i>	16,3	32,7	0
<i>Ledicea sp.</i>	11,3	22,7	0
<i>Lepraria sp.</i>	6,3	12,7	0
<i>Parmelia sulcata</i>	22,0	44,0	17,6
<i>Parmelia conspersa</i>	10,7	21,3	0
<i>Parmelia olivácea</i>	12,7	25,3	0

En la Tabla 4, se demuestra que las especies *Dyctionema glabratum* y *Parmelia sulcata* son las dominantes, presentando, además densidades poblacionales mayores correspondiente a 50 ind/m<sup>2</sup> y 44 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, en invierno del 2015, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Lepraria sp* y *Caloplaca aurantia* son las que presentaron una menor densidad poblacional siendo de 12.7 ind/m<sup>2</sup> y 12 ind/m<sup>2</sup> respectivamente.



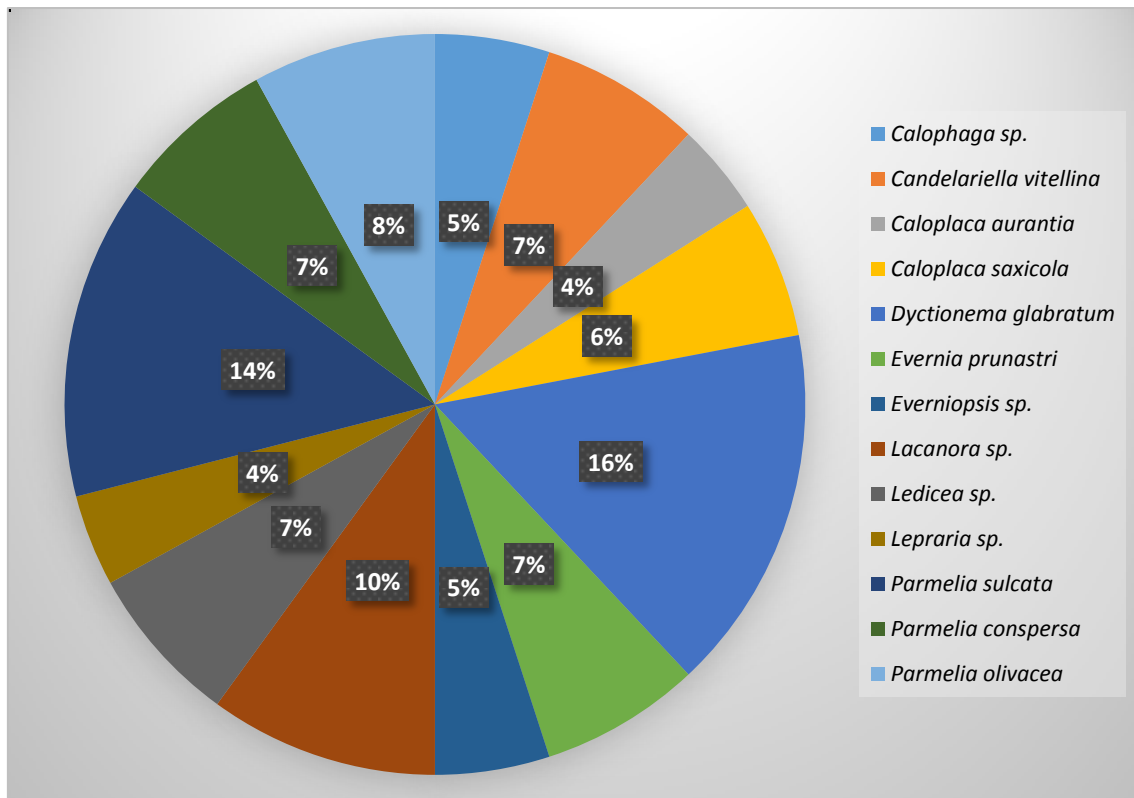


Figura 10. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Cumbemayo (agosto de 2015).

En la Figura 10, se demuestra que las especies *Dyctionema glabratum* y *Parmelia sulcata* presentando densidades relativas mayores correspondiente a 16% y 14% respectivamente, en invierno del 2015, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Lepraria sp* y *Caloplaca aurantia* son las especie que presentaron una menor densidad relativa siendo de 6% y 4% respectivamente.

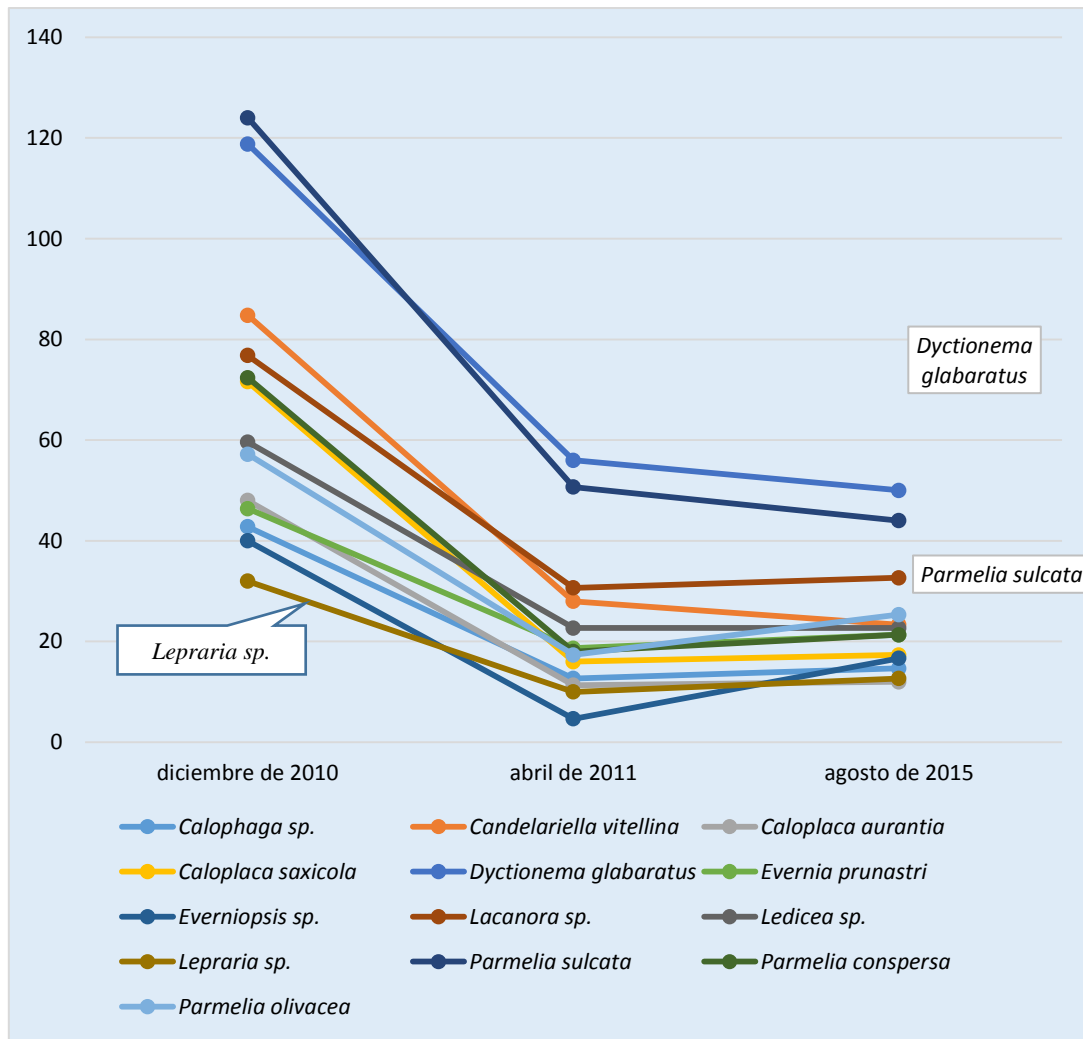


Figura 11. Densidad de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Cumbemayo entre los años 2010 y 2015.

En la Figura 11, se aprecia una disminución considerable de la densidad poblacional por año, de las especies de líquenes encontradas a pesar que se muestrearon estaciones diferentes, en el año 2010 primavera, en el año 2011 otoño y en el año 2015 en invierno, la población se ve mermada en el transcurso de estos cinco años, probablemente la contaminación atmosférica o el aumento de la masa turística dificulte las condiciones de vida de los líquenes en el sitio arqueológico Cumbemayo.

Las especies del género *Parmelia*, seguido de *Dyctionema glabaratus* y *Candelariella vitellina* resultaron ser las más abundantes en el sitio arqueológico Cumbemayo.



Figura 12. Muestreo de líquenes en el sitio arqueológico Cumbemayo

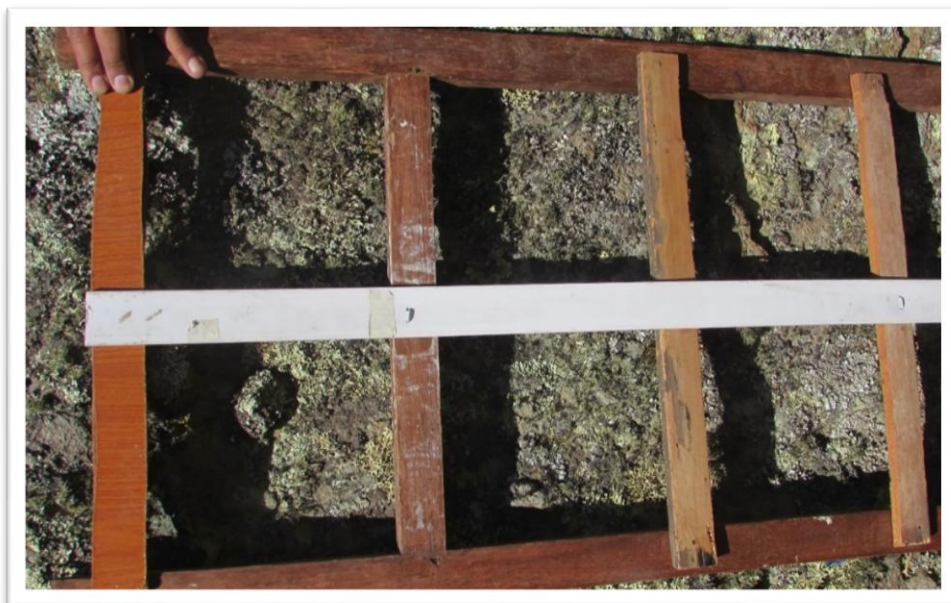


Figura 13. Método del cuadrado para muestrear líquenes en el sitio arqueológico Cumbemayo

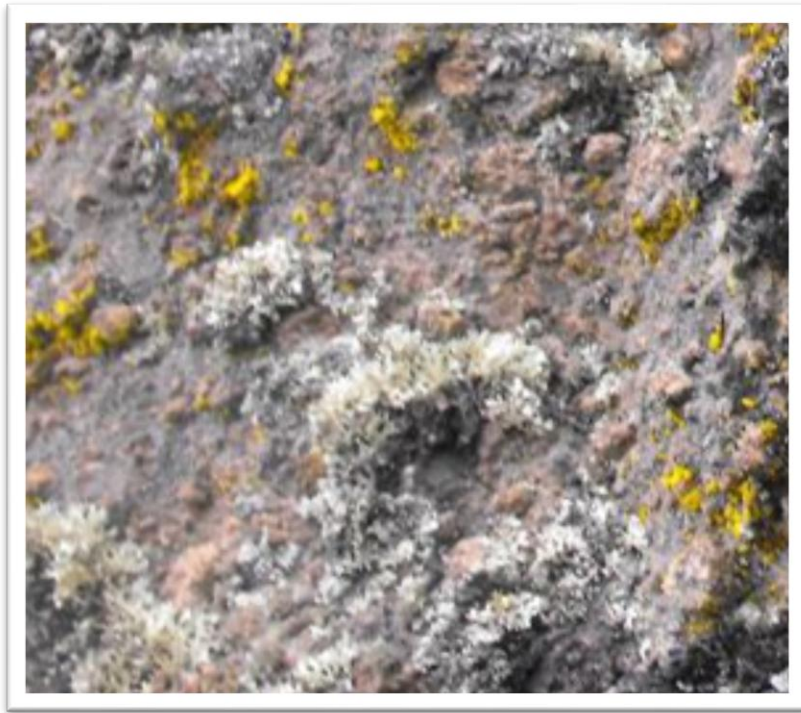


Figura 14. Líquenes ubicados en el sitio arqueológico Cumbemayo



Figura 15. Especies de líquenes colectados en el sitio arqueológico Cumbemayo

## 6.2. Sitio arqueológico Santa Apolonia

Tabla 5. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Santa Apolonia en diciembre de 2010

ESPECIES	N° DE INDIVIDUOS PROMEDIO	DENSIDAD individuos/m <sup>2</sup>	DOMINANCIA individuos/m <sup>2</sup>
<i>Usnea barbifera</i>	19,4	38,8	0
<i>Caloplaca sp.</i>	45,8	91,6	91,6
<i>Evernia prunastri</i>	25,8	51,6	0

En la Tabla 5, se observa que se identificó tres especies diferentes de las cuales *Caloplaca sp.* es la especie dominante debido a que presentó una densidad poblacional de 91.6 ind/m<sup>2</sup>, presentando una mayor abundancia en el sitio arqueológico Santa Apolonia en diciembre de 2010, no obstante, *Usnea barbifera* presentó una menor densidad poblacional siendo solo de 38.8 ind/m<sup>2</sup>.



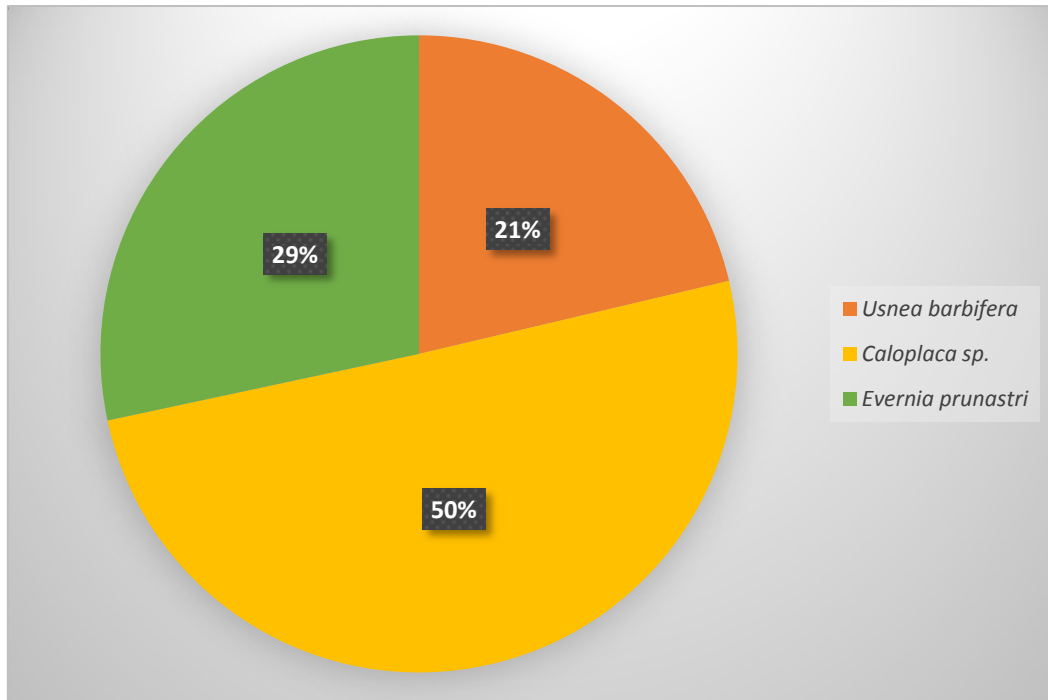


Figura 16. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Santa Apolonia (diciembre de 2010).

En la Figura 16, se observa que la especie *Caloplaca sp.* presentó una densidad relativa mayor de 50 %, en primavera del 2010, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Usnea barbifera* es la especie que presentó una menor densidad relativa siendo de 21%.

Tabla 6. Especies de líquenes determinadas y sus frecuencias en el sitio arqueológico Santa Apolonia en abril de 2011

ESPECIES	N° DE INDIVIDUOS PROMEDIO	DENSIDAD individuos/m <sup>2</sup>	DOMINANCIA individuos/m <sup>2</sup>
<i>Usnea barbifera</i>	4,3	8,7	0
<i>Caloplaca sp.</i>	13	26	26
<i>Evernia prunastri</i>	6	12	0

En la Tabla 6, se observa que la especie *Caloplaca sp.* es la dominante porque presentó una densidad poblacional mayor de 26 ind/m<sup>2</sup>, en otoño del año 2011, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Usnea barbifera* es la que presentó una menor densidad poblacional de 8.7 ind/m<sup>2</sup>.

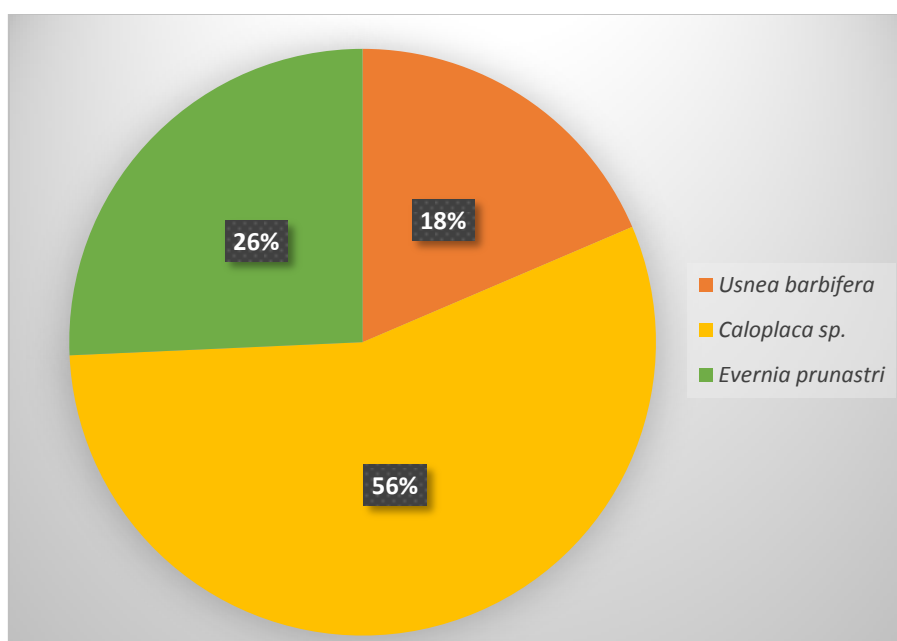


Figura 17. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Santa Apolonia (abril de 2011).

En la Figura 17, se observa que respecto a las densidades relativas de las especies encontradas *Caloplaca sp.* presentó una densidad relativa mayor correspondiente a 56% en otoño del 2011, además, *Usnea barbifera* es la que presentó una menor densidad relativa de 18 %.

Tabla 7. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Santa Apolonia en agosto de 2015

ESPECIES	N° DE INDIVIDUOS PROMEDIO	DENSIDAD individuos/m <sup>2</sup>	DOMINANCIA individuos/m <sup>2</sup>
<i>Usnea barbifera</i>	7	14	0
<i>Caloplaca sp.</i>	12,7	25,3	25,3
<i>Evernia prunastri</i>	12	24	0

En la Tabla 7, se observa que la especie *Caloplaca sp.* es la dominante porque presentó una densidad poblacional mayor correspondiente a 25,3 ind/m<sup>2</sup>, en invierno del 2015, no obstante, la especie *Usnea barbifera* presentó una menor densidad poblacional de 14 ind/m<sup>2</sup>.

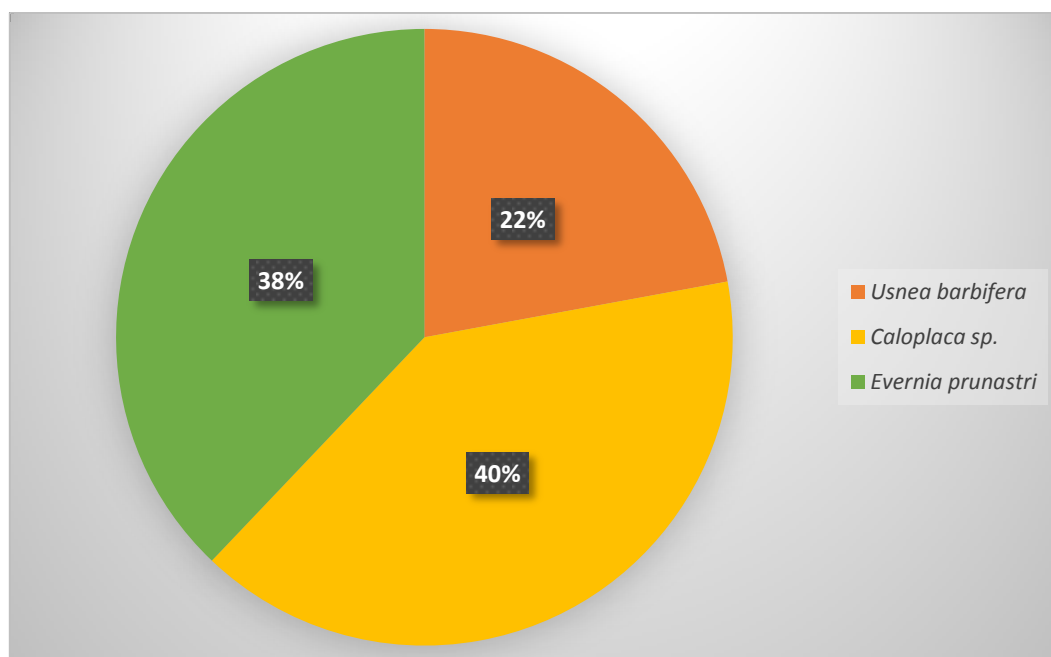


Figura 18. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Santa Apolonia (agosto de 2015).

En la Figura 18, se observa la densidad relativa de las 3 especies encontradas en el sitio arqueológico Santa Apolonia de las cuales *Caloplaca sp.* presentó densidad relativa mayor de 40 %, en invierno del 2015, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Usnea barbifera* presentó una menor densidad relativa correspondiente a 22 %.



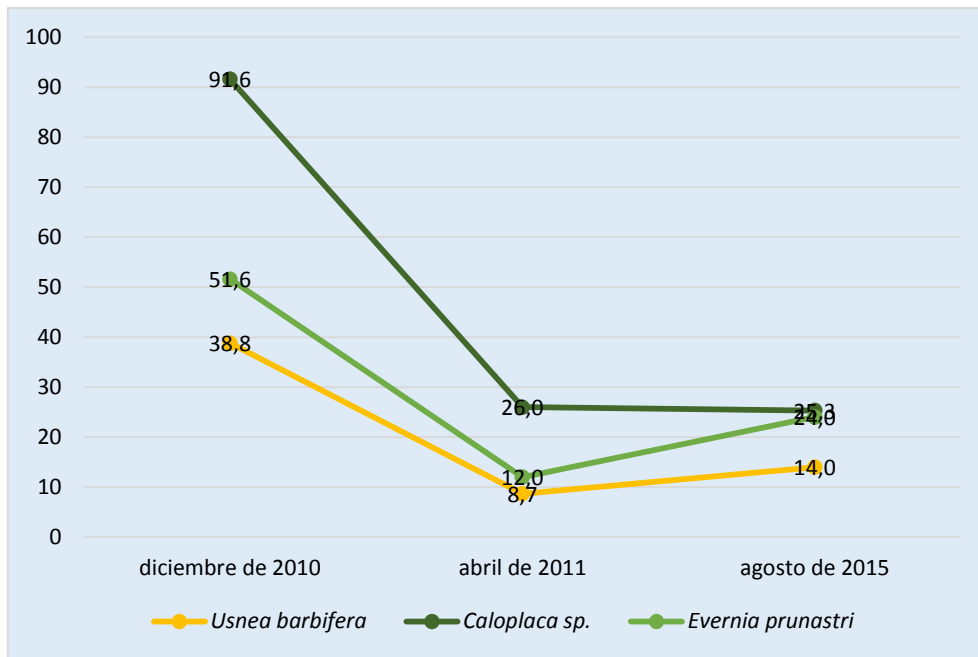


Figura 19. Densidad de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Santa Apolonia entre los años 2010 y 2015.

En la figura 19, se aprecia una disminución considerable de la densidad poblacional por año, de 90 a 25,3 individuos/m<sup>2</sup> para *Caloplaca sp.* que es la especie con mayor densidad encontrada (figura 20 y 21), a pesar que se muestrearon estaciones diferentes, en el año 2010 primavera, en el año 2011 otoño y en el año 2015 en invierno, la población líquénica se ve mermada en el transcurso de estos cinco años, probablemente al aumento de la masa turística dificulte las condiciones de vida de los líquenes en el sitio arqueológico Santa Apolonia. (Figura 22 y 23)



Figura 20. Estimación cuantitativa de la población líquénica empleando el método del cuadrado en el sitio arqueológico Santa Apolonia



Figura 21. Muestreo de líquenes en el sitio arqueológico Santa Apolonia





Figura 22. Líquenes saxícolas en un punto de muestreo en Santa Apolonia



Figura 23. Líquenes saxícolas sobre la mampostería en el sitio arqueológico Santa Apolonia



Figura 24. Liquen *Caloplaca sp.* predominante en sitio arqueológico Santa Apolonia.

La especie de liquen predominante en el sitio arqueológico Santa Apolonia fue *Caloplaca sp.*, esta especie se caracteriza por tener el talo amarillento anaranjado, más o menos disperso, de aspecto que varía entre granuloso y granuloso-areolado, y por tener esporas con la pared muy engrosada, con los lóculos reducidos y, en general, con una forma que recuerda las ampollitas de los relojes de arena (Navarro *et al.*, 2000). No se encontró bibliografía acerca de esta especie para Cajamarca.

### 6.3. Sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco

Tabla 8. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco en diciembre de 2010.

ESPECIES	N° DE INDIVIDUOS PROMEDIO	DENSIDAD individuos/m <sup>2</sup>	DOMINANCIA individuos/m <sup>2</sup>
<i>Usnea barbifera</i>	24,6	49,2	0
<i>Umbilicaria sp.</i>	39,8	79,6	15,92
<i>Parmeliopsis sp.</i>	32,8	65,6	13,12
<i>Peltigera sp.</i>	31,6	63,2	0
<i>Physcia sp.</i>	55,6	111,2	66,72

En la Tabla 8, se muestra que se identificó cinco especies diferentes de las cuales, las especies *Physcia sp.*, *Umbilicaria sp* y *Parmeliopsis sp.* son las dominantes, presentando, además las densidades poblacionales mayores correspondiente a 111 ind/m<sup>2</sup>, 79,6 ind/m<sup>2</sup> y 65,6 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, en primavera del 2010, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Usnea barbifera* fue la especie que presentó la menor densidad poblacional siendo de 49,2 ind/m<sup>2</sup>.

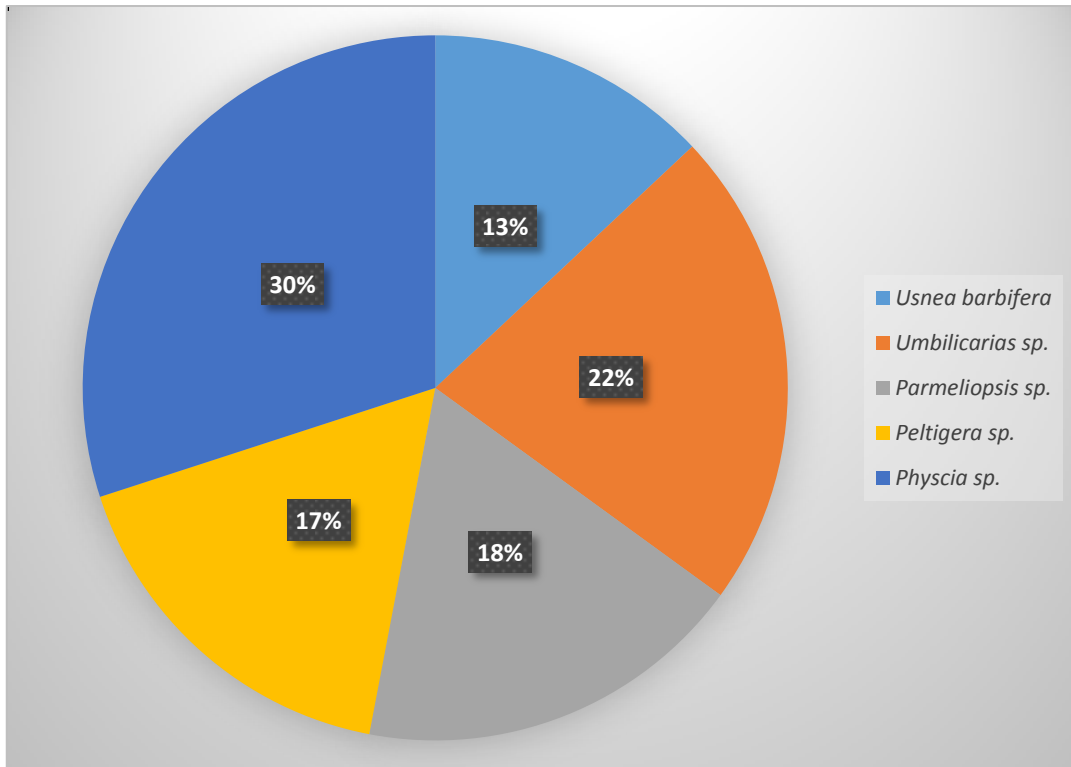


Figura 25. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco (diciembre de 2010).

En la Figura 25, se demuestra que las especies *Phycia sp.*, *Umbilicaria sp* y *Parmeliopsis sp.* presentan densidades relativas mayores correspondiente a 30%, 22% y 18% respectivamente, en primavera del 2010, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Usnea barbifera* es la especie que presentó una menor densidad relativa de 13%.

Tabla 9. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco en abril de 2011.

ESPECIES	Nº DE INDIVIDUOS PROMEDIO	DENSIDAD individuos/m <sup>2</sup>	DOMINANCIA individuos/m <sup>2</sup>
<i>Usnea barbifera</i>	12,7	25,3	0
<i>Umbilicaria sp.</i>	16,0	32,0	6,4
<i>Parmeliopsis sp.</i>	19,3	38,7	7,7
<i>Peltigera sp.</i>	30,7	61,3	14,8
<i>Physcia sp.</i>	12,3	24,7	0

En la Tabla 9, se observa que las especies *Peltigera sp.*, *Parmeliopsis sp.* y *Umbilicaria sp.* son las dominantes porque presentaron una densidad poblacional mayor correspondiente a 61,3 ind/m<sup>2</sup>, 38,7 ind/m<sup>2</sup> y 32 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, en otoño del 2011, no obstante, las especies *Usnea barbifera* y *Physcia sp.* presentaron una menor densidad poblacional correspondiente a 25,3 ind/m<sup>2</sup> y 24,7 ind/m<sup>2</sup> respectivamente.

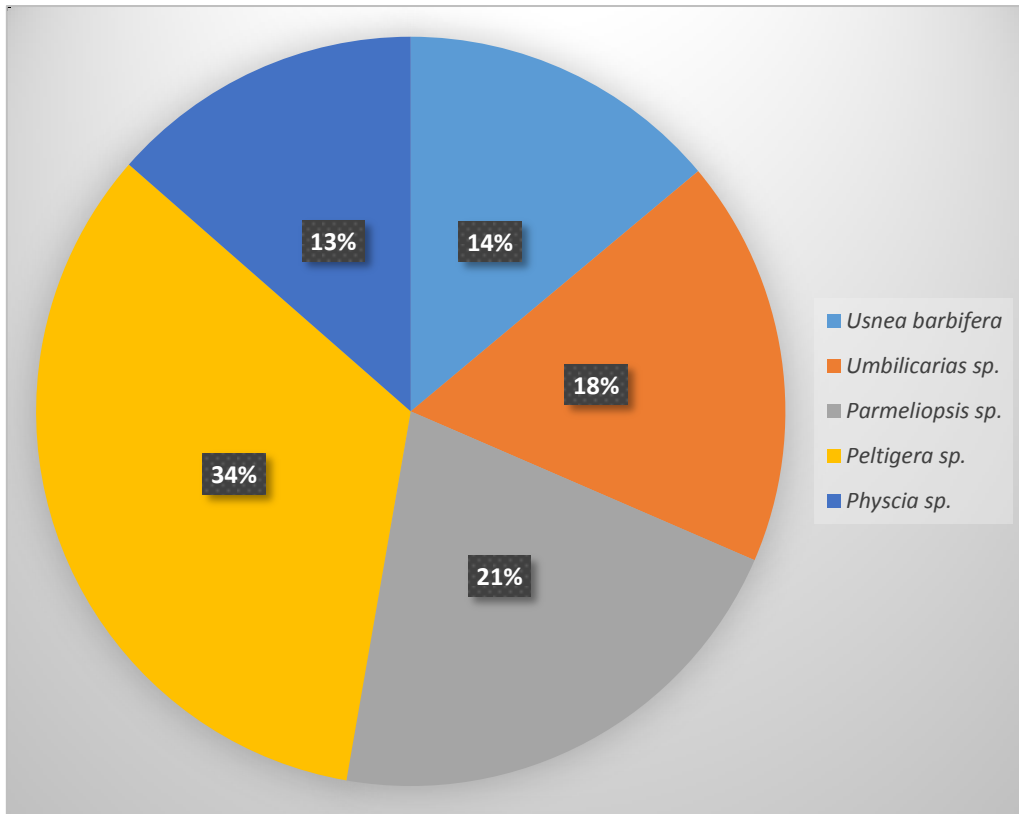


Figura 26. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco (abril de 2011).

En la Figura 26, se observa la densidad relativa de las 5 especies encontradas en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco de las cuales *Peltigera sp*, *Parmeliopsis sp.* y *Umbilicaria sp.* presentaron densidades relativas mayores correspondiente a 34%, 21% y 18% respectivamente, en otoño del 2011, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Usnea barbifera* y *Physcia sp.* presentaron una menor densidad relativa de 14% y 13% respectivamente.



Tabla 10. Especies de líquenes determinadas en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco en diciembre de 2015.

ESPECIES	Nº DE INDIVIDUOS PROMEDIO	DENSIDAD individuos/m <sup>2</sup>	DOMINANCIA individuos/m <sup>2</sup>
<i>Usnea barbifera</i>	13,7	27,3	4,8
<i>Umbilicaria sp.</i>	12,0	24,0	0
<i>Parmeliopsis sp.</i>	14,0	28,0	5,6
<i>Peltigera sp.</i>	15,0	30,0	10
<i>Phycia sp.</i>	8,3	16,7	0

En la Tabla 10, se observa que las especies *Peltigera sp.*, *Parmeliopsis sp.* y *Usnea barbifera* son las dominantes porque presentaron una densidad poblacional mayor correspondiente a 30 ind/m<sup>2</sup>, 28 ind/m<sup>2</sup>, 24 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, en invierno del 2015, sin embargo, de las especies de líquenes encontradas que se muestrearon *Phycia sp.* es la que presentó una menor densidad poblacional de 16,7 ind/m<sup>2</sup>.

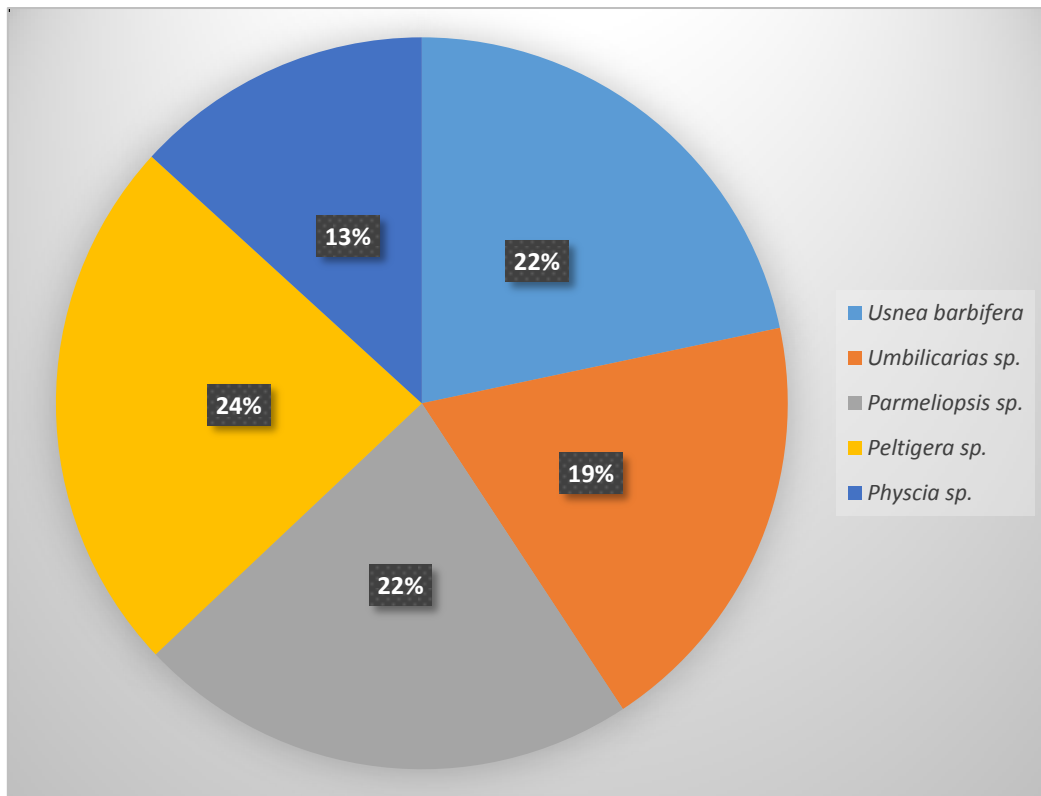


Figura 27. Densidad relativa (%) de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco (diciembre de 2015).

En la Figura 27, se observa que, respecto a las densidades relativas de las especies encontradas, *Peltigera sp.*, *Parmeliopsis sp.* y *Usnea barbifera* presentaron una densidad relativa mayor correspondiente a 24%, 22% y 22% respectivamente en invierno del 2015, además, *Phycia sp.* es la que presentó una menor densidad relativa de 13%.

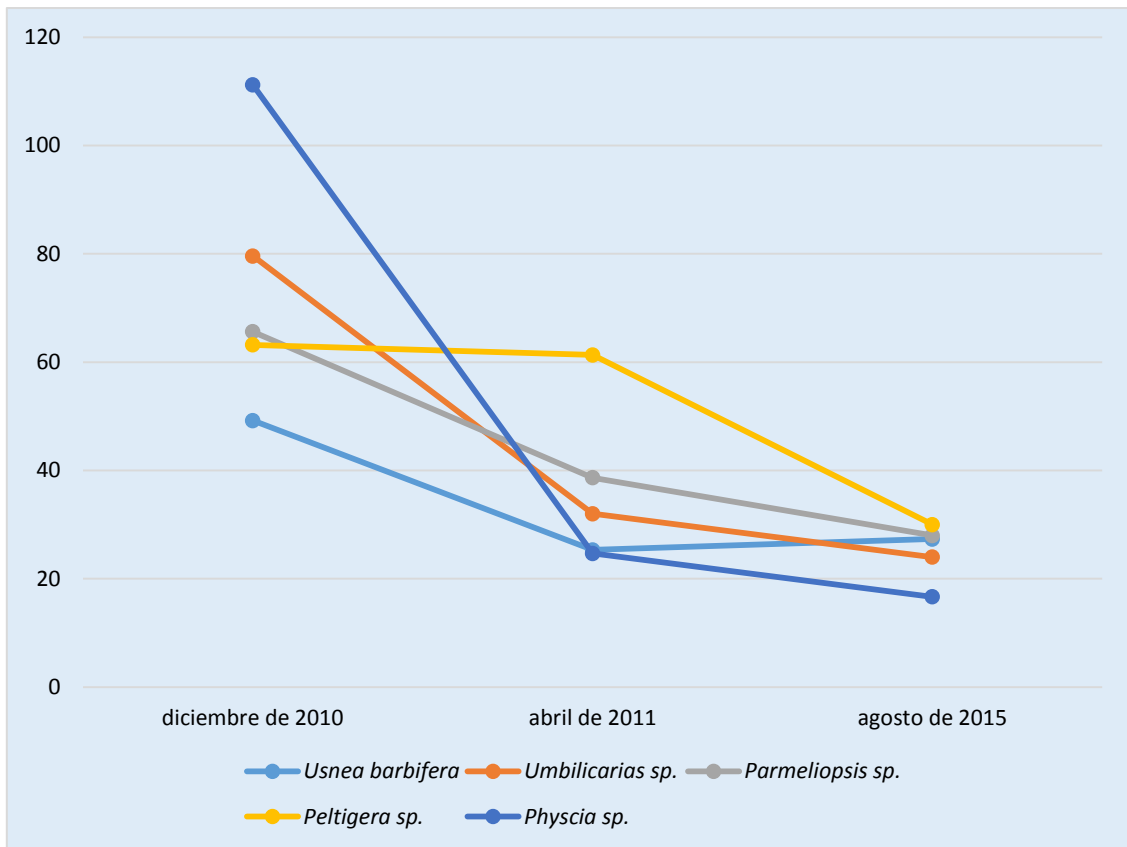


Figura 28. Densidad de las especies de líquenes determinados en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco entre los años 2010 y 2015.

En la figura 28, se aprecia una disminución considerable de la densidad poblacional por año, en las especies encontradas, a pesar que se muestrean estaciones diferentes, en el año 2010 primavera, en el año 2011 otoño y en el año 2015 en invierno, la población se ve mermada en el transcurso de estos cinco años, probablemente por el aumento de la masa turística dificulte las condiciones de vida de los líquenes en el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco.



Figura 29. *Phiscya sp.* y *Umbilicarias sp.*

La densidad relativa de las diferentes especies se debe a varios factores ecológicos dentro de los cuales, el sustrato donde viven es determinante, algunas especies viven en roca calcárea y los de menor frecuencia en roca silicatada.

La mayor densidad se presente en especies donde existe en su alrededor musgo quienes se encargan de retener la humedad. En los meses de febrero y marzo la frecuencia aumenta ligeramente por época de lluvia, sin embargo, debo de indicar que el secano es un factor limitante de muy bajo riesgo.

La identificación en algunas especies, tal como es el caso de *Dyctionema sp*, *Lesidea sp*, *Caloplaca sp*, *Candelariela sp* se basaron en la coloración que es característica y propia de cada especie, así como su morfología, por tanto, la técnica por comparación basado en estos caracteres fue, la que se utilizó con mayor frecuencia.

En el sitio arqueológico Santa Apolonia, la altitud de los puntos de muestreo varió entre 2814 a 2829 m.s.n.m. con un rango de 15 m, y las temperaturas desde 16°C hasta 19°C con un rango de 3°C, lo que indica uniformidad en estas variables con respecto a los otros dos sitios arqueológicos determinados aunque similar variabilidad para Ventanillas de Otuzco, esto se refleja en la presencia siempre dominante en todos los puntos de muestreo de la especie *Caloplaca sp.* así como los rangos determinados nos muestran también su nivel de adaptación.

En el sitio arqueológico Cumbemayo la altitud de los puntos de muestreo vario entre 3330 a 3558 m.s.n.m. con un rango de 228 m, siendo el lugar con mayor altitud de los tres sitios arqueológicos evaluados, y las temperaturas desde 12°C hasta 14°C con un rango de 2°C, desde los 3330 a 3438 m.s.n.m. el género *Parmelia* presentó el mayor número de individuos; mientras que desde los 3527 a 3558 m.s.n.m. la especie *Dyctionema glabratum* presentó el mayor número de individuos , de ello se infiere que la especie *Dyctionema glabratum* prospera en altitudes mayores que *Parmelia sp.*

En el sitio arqueológico Ventanillas de Otuzco la altitud de los puntos de muestreo vario entre 2743 a 2764 m.s.n.m. con un rango de 11 m, y las temperaturas desde 18°C hasta 20°C con un rango de 2°C, lo que indica una mayor uniformidad en estas variables con respecto a los otros dos sitios arqueológicos determinados, sin embargo resultó ser el sitio más variable en cuanto a la dominancia de las especies en los puntos de muestreo, así a los 2743 m.s.n.m. predominó la especie *Parmeliopsis sp.*, a los 2751 m.s.n.m. predominó la especie *Usnea barbifera* y en los otros tres puntos restantes de muestreo la especie *Peltigera sp.*, a pesar de ello es el sitio arqueológico que ocupa el segundo lugar en cuanto a abundancia de especies, siendo el primer lugar el sitio arqueológico Cumbemayo y el menos abundante en especies el sitio arqueológico Santa Apolonia; es

probable que la cercanía de la urbe por la contaminación atmosférica de los autos, estos pueden disminuir su diversidad.

La presente investigación, advierte el daño que puedan ocasionar los líquenes en los monumentos históricos muestreados y por otro lado la riqueza biológica existente en la región de Cajamarca, al respecto Puy-Alquiza *et al.*(2015), se analizaron 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 Puy-Alquiza *et al.*(2015), aportan datos sobre las especies liquenáceas 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. Identificaron cinco especies de líquenes: *Xanthoparmelia mexicana*, *Xanthoparmelia tasmanica*; *Caloplaca sp. brouardii*, *Caloplaca ludificans* y *Aspicilia sp.* Dichos líquenes penetran de 0.5  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$  en el substrato a través de sus rizinas, ocasionando la disgregación de minerales en la superficie rocosa (cuarzo, plagioclasas y feldespato). La disgregación de minerales junto con una disminución en la concentración de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Zn}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  y un aumento en  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{MgO}$  demuestra un proceso de deterioro de los líquenes en los monumentos históricos de la ciudad de Guanajuato.

Obando y Peraldo (2011), refieren que la presencia de inundación pasiva, con pH bajos de 5,5-6.0 hasta 7.0 permite la proliferación de líquenes en las rocas de tipo andesitas basálticas, deteriorándolas.

Ramírez y Cano (2005), mencionan que hasta ahora son reportados alrededor de 390 especies para la liquenobiota del Perú (Feuerer 2005, citado por Ramírez y Cano (2005) y reportan por primera vez para el Perú 15 especies: *Arthonia lapidicola*, *Arthonia rupicola*, *Candelaria concolor*, *Cetrariastrum* sp. *Lecidea auriculata*, *Lecidea vorticosa*, *Flavoparmelia scabrosina*, *Pseudevernia* sp., *Ochrolechia* sp., *Buellia pullata*, *Buellia punctata*, *Caloplaca cinnabarina*, *Dictyonema ircipium*, *Umbilicaria dichroa* y *Xanthoparmelia conspersa*.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determinó 19 especies de líquenes saxícolas en los sitios arqueológicos de Cumbemayo y Santa Apolonia, del distrito de Cajamarca y Ventanillas de Otuzco, del Distrito de Baños del Inca. De este total, 13 se encontraron en Cumbemayo, cinco en Ventanillas de Otuzco y tres en Santa Apolonia.

La especie *Dyctionema glabratum* fue la predominante en Cumbemayo y la que en menos densidad presentó en este sitio fue *Lepraria sp.* En Santa Apolonia predominó la especie *Caloplaca sp* y la menos abundante fue *Usnea barbifera*. En Ventanillas de Otuzco predominó *Peltigera sp.* y la menos abundante fue *Physcia sp.*

El número de especies por  $m^2$  varió en relación con la altitud y la temperatura de cada sitio arqueológico.

Se observó la disminución de la población liquénica en su densidad en el transcurso de los años 2010 y 2015, además, por la cercanía a las áreas urbanas y afluencia de turistas.

### RECOMENDACIONES

Estudiar y correlacionar el tipo de roca con las especies liquénicas,

Cuantificar la densidad poblacional de los líquenes, en relación a las épocas de lluvia y de estiaje y, el daño y su impacto en el patrimonio arqueológico, en función del tiempo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreno, E. 1998. Hongos Simbiontes. Botánica. España. McGraw-Hill. 309-335 pág.
- Barreno, E y Pérez-Ortega, S. 2003. Claves Taxonómicas. KRK ediciones. Asturias, 141 – 429 pág.
- Bateman, J. 1970. Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos. Henoso Hnos S.A. México, 8: 151- 181 pág.
- Calzada, J. 1970, Métodos Estadísticos para la Investigación, Jurídica S.A. Lima, 35 pág.
- Dadge, G. 1973. Lichen Flora of the Antarctic Continent and adjacent islands. Phoenix Publish, 398 pág.
- De los Ríos, A., Wierzchos, J., Sancho, L. G., Green, T. G., & Ascaso, C. (2005). Ecology of endolithic lichens colonizing granite in continental Antarctica. *The Lichenologist*, 37, 1-13 pág.
- Durán y Pascual. 1997. Los hongos, algas y líquenes. España: FAPA Ediciones. Disponible en Internet en: <http://www.ceducapr.com/liquenes.htm>
- Fernandez, H. 1969. Contribución al estudio de las Cianophytas del Perú. *Bol. Soc. Bot. La Libertad* 1(1): 42-61 pág.
- Hale, M. 1967. Lichen Handbook. A guide to the Lichen of Eastern North America. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 1-178 pág.
- Hawksworth, D. y Hill, D. 1984. The Lichen-Forming Fungi. BLACKIE. Glasgow and London. 1-157 pág.
- Herrera, T. & Ulloa, M. 1990. El Reino de los Hongos. México. Fondo de Cultura Económica. 343 -363 pág.

- Ibáñez, J. 2007. Tipos de costra sobre la superficie del suelo.  
<http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/01/01/56361.aspx>: 12 de julio de 2008]
- Jahns, H. 1982. Guía de Campo de los Helechos, Musgos y Líquenes de Europa. Omega S.A. Barcelona, 239 pág.
- Mackenzie L., 1958. La vegetación liquénica de los Parques Nacionales Patológicos. Anales de los Parques Nacionales. Tomo VII. 1-188 pág.
- Marcano, V. 1994. Introducción al estudio de los líquenes y su clasificación. Colección Flora Liquénica de los Andes, vol. 1: 1-338. Ediciones del Museo de Ciencia, Tecnología, Artes y Oficios. Mérida-Venezuela.
- Nash, T. H. 1996. Lichen Biology. Department of Botany, Arizona State University, Cambridge. Unieversity Press. 1-303 pág.
- Navarro, P., Gaya E. y Roux B. 2000. *Caloplaca calcitraba* sp. nov. (Teloschistaceae) un nuevo liquen saxícola-calcícola mediterráneo Soc. linn. Provence, t. 51, 2000 145 ISSN 0373-0875 – Date de parution : 15.11.2000
- Obando, L. y Peraldo, G. 2011. Geo-Arqueología del monumento Guayabo, Turrialba, Costa Rica. Revista Geológica de América Central, 44, 119-130 pág.
- Piervittori, R., Favero-Longo, S. E., & Gazzano, C. (2009). Lichens and biodeterioration of stonework: a review. *Chemistry Today*, 27(6), 8-11 pág.

- Puy-Alquiza, M., Gómez, M, Miranda-Avilés, R., Reyes, V., Salazar, M., y Ordaz, V. 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 ISSN 0188-6266.
- Ramírez, R. 1969. Lista de líquenes de la Provincia de Trujillo. Bol. Sec. Bot. de la Libertad 1(2): 46-54 pág.
- Ramírez, A. y Cano, A. 2005. Líquenes de Pueblo Libre, una localidad andina en la Cordillera Negra (Huaylas, Ancash, Perú). Rev. Perú. Biol. 12(3): 383- 396 pág.
- Ravines R. 1985. Cajamarca prehispánica: inventario de monumentos arqueológicos
- Redon, J. 1976. Fitogeografía de los Líquenes Chilenos. Anal. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 9: 7-22 pág.
- Tovar, T. 1996 Líquenes fijadores de nitrógeno atmosférico y sus ficobiontes en cultivo. Edit. Hozlo S.R.L. Lima-Perú- 157 pág.

## APÉNDICE

### FICHA DE COLECCIÓN DE MUESTRAS

TESIS: LÍQUENES SAXÍCOLAS EN TRES SITIOS ARQUEOLÓGICOS DE CAJAMARCA

N ° DE INGRESO.....

Lugar de colecta ..... Fecha.....

Provincia..... Departamento.....

Sitio arqueológico.....

Coordenadas..... Altitud.....

Temperatura..... Humedad.....

Características del líquen:

Aspecto:           a) Crustoso       b) Folioso       c) fruticuloso   d) Otros.....  
                      e) Color.....       f) Textura.....

Substrato:       a) Cortícula       b) Saxícola       c) Terrícola

Tipo de roca: .....

Estructura de reproducción: .....

Datos complementarios: .....

Colector : .....

Nombre común: .....

Nombre científico: .....

Identificado por: .....