

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

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**TESIS**

**DIVERSIDAD DE LÍQUENES EN LOS PARAMENTOS DE LOS  
SECTORES X Y XI DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO CHOQUEQUIRAO;  
DISTRITO SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN-CUSCO**

**PRESENTADA POR:**

Br. NAYSHIA ANAIS HUAMAN OVALLE

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL  
DE BIÓLOGO**

**ASESORA:**

Dra. MARÍA ENCARNACIÓN HOLGADO ROJAS

**CUSCO - PERÚ**

**2025**



# Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor María Encarnación Holgado Rojas.....  
..... quien aplica el software de detección de similitud al  
trabajo de investigación/tesis titulada: Diversidad de líquenes en los paramentos  
de los sectores X y XI del parque arqueológico Choquequirao, distrito Santa  
Teresa, provincia de La Convención - Cusco.....

Presentado por: Nayshia Anaís Huaman Ovalle..... DNI N° 72505021.....;  
presentado por: ..... DNI N°: .....  
Para optar el título Profesional/Grado Académico de Biólogo.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el  
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de  
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5%.

### Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 15 de diciembre..... de 2025.....

M/ta E. Holgado R.

Firma

Post firma María Encarnación Holgado Rojas

Nro. de DNI 23912951

ORCID del Asesor 0000-0002-2285-8679

### Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:535570350

# Nayshia Anais Huamán Ovalle

## DIVERSIDAD DE LÍQUENES EN LOS PARAMENTOS DE LOS SECTORES X Y XI DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO CHOQUEQUI...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:535570350

Fecha de entrega

2 dic 2025, 8:09 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

2 dic 2025, 8:16 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

DIVERSIDAD DE LÍQUENES EN LOS PARAMENTOS DE LOS SECTORES X Y XI DEL PARQUE ARQUEOL.....pdf

Tamaño del archivo

9.1 MB

181 páginas

32.967 palabras

189.682 caracteres

# 5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




## Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

## Exclusiones


- N.º de coincidencias excluidas

## Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**  
150 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre Alicia Ovalle quien me educó con buenos valores y creó en mí, hábitos que me ayudaron a seguir adelante y a superar cada obstáculo.

A mi padre Mauro Huaman quien es un buen líder y me enseñó a ser paciente, constante, perseverante y sobre todo a ser resiliente.

A mi hermano y futuro Biólogo Aldair Huaman, que día a día con su presencia, respaldo y cariño me impulsa a seguir adelante. A ustedes que son mi razón de ser. Esta tesis es un tributo a su apoyo incondicional, paciencia y motivación que me han brindado a lo largo de este viaje académico hasta alcanzar este logro tan importante en mi vida.

A mi abuelo Julio Ovalle que siempre creyó en mí, que desde el cielo debe sentirse muy orgulloso al verme culminar con este pasito.

A mi abuela Elva Salas por su amor indescriptible y porque siempre me tiene presente en sus oraciones.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, quien me ayudo a levantarme y a continuar con mi vida, gracias a su amor y guía es que termino muy feliz este trabajo.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a la Facultad de Ciencias Biológicas, gracias a cada docente que hizo parte de este proceso integral de formación.

Extiendo mi agradecimiento a mi asesora Dra. María Encarnación Holgado Rojas, quien me dedico tiempo y mucha paciencia para orientarme y brindarme todas las facilidades durante el proceso de la elaboración de este trabajo hasta su culminación. Que además de enseñarme me hizo participe de otras actividades concernientes al tema de investigación.

Al centro de investigación CIPHAM, que me abrió las puertas del laboratorio y me concedió un espacio para poder trabajar tranquilamente.

Al Arqueólogo Carlos Rodríguez quien nos enseñó a ser proactivos y descubrir nuestras habilidades blandas, además que me brindo las facilidades de acceso al área de estudio. Al Blgo. Filio Farfan quien me apoyo con las evaluaciones de muestreo y me animó en cada entrada y salida de obra.

A mi familia, mis tías Yrma, Bertha, Maritza, a mi tío Julio y a mis primos quienes me forman parte de mi día a día y me motivan a seguir mis sueños. De igual manera agradezco a mis amigos: Fiorela, Karl, Gonzalo, Gianela, Salem, Danny y Alex Turpo quienes gracias a sus mensajes y videos me ayudaron a no rendirme y me recordaron que todo sucede por una razón, agradezco también a mis compañeras de laboratorio Jacki y Adriana, por contagiarme de su energía y constancia durante la fase de gabinete.

Finalmente quiero agradecer a las personas que conocí en la obra de Paqchayoq, quienes hicieron de mi estadía y trabajo una aventura maravillosa.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	xii
INTRODUCCION .....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
Problema General: .....	15
Problemas específicos: .....	15
JUSTIFICACION .....	16
OBJETIVOS .....	17
Objetivo General: .....	17
Objetivos Específicos: .....	17
CAPÍTULO I .....	18
MARCO TEORICO .....	18
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION .....	18
1.1.1. Antecedentes Internacionales .....	18
1.1.2. Antecedentes Nacionales .....	20
1.1.3. Antecedentes Locales .....	21
1.2. BASES TEORICAS .....	23
1.2.1. Simbiosis líquénica: Naturaleza y definición .....	23

1.2.2. Componentes de la Asociación Liquélica.....	25
1.2.4. Formas Biológicas (F. de Crecimiento, Biotipos) .....	27
1.2.6. Anatomía y morfología del talo .....	31
1.2.7. Fisiología .....	53
1.2.8. Biogeografía y Ecología de los líquenes.....	60
1.2.9. Distribución .....	62
1.2.10. Importancia de los líquenes .....	63
1.2.11. Sustrato en el que desarrollan los líquenes .....	68
1.2.12. Taxonomía y clasificación .....	69
1.2.13. Líquenes en Perú.....	70
CAPITULO II.....	71
AREA DE ESTUDIO .....	71
2.1 UBICACIÓN POLITICA.....	71
2.1.1 Coordenadas Geográfica.....	72
2.2 ACCESIBILIDAD.....	74
2.3 CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO .....	75
2.3.1 Geografía .....	75
2.3.2 Geodinámica .....	79
2.3.3 Hidrología .....	80
2.3.5 Clima.....	81



2.3.6 Zonas de vida .....	83
2.3.7. Flora .....	83
2.3.8. Fauna.....	84
CAPITULO III.....	85
MATERIALES Y METODOS .....	85
3.1 MATERIALES .....	85
3.1.1. Material biológico.....	85
3.1.2. Materiales de campo .....	85
3.1.3. Materiales de gabinete .....	85
3.2. MÉTODOS .....	87
3.2.1. Tipo de investigación.....	87
3.2.2. Para la determinación de las especies y biotipos .....	87
3.2.3. Para determinar la diversidad .....	91
CAPÍTULO IV .....	97
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	97
4.1 DETERMINACIÓN DE ESPECIES DE LÍQUENES SAXÍCOLAS PRESENTES EN LOS PARAMENTOS DE LOS SECTORES X Y XI DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO DE CHOQUEQUIRAO .....	97
4.1.1 Composición de los líquenes saxícolas de los sectores X y XI del Parque Arqueológico de Choquequirao .....	97

4.2 IDENTIFICACION DE LOS LIQUENES SAXICOLAS POR BIOTIPO .....	102
Líquenes Escumulosos .....	102
Líquenes Foliosos .....	103
Líquenes Fruticulosos .....	110
Líquenes Crustosos .....	113
Líquen Gelatinoso .....	117
Líquen Mixto .....	119
4.3 ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA RELATIVA A NIVEL DE ORDEN, FAMILIA Y ESPECIE .....	120
4.3.1 Abundancia relativa de Ordenes .....	120
4.3.2 Abundancia relativa de las Familias .....	122
4.3.3. Abundancias relativas de especies por sectores .....	124
4.3.4. Cobertura de especies .....	129
4.4. ESTIMACION DE LA DIVERSIDAD ALFA Y BETA .....	132
4.4.1 Diversidad Alfa .....	137
4.4.2 Diversidad Beta .....	146
DISCUSION .....	148
CONCLUSIONES .....	153
RECOMENDACIONES .....	154
BIBLIOGRAFIA .....	155

ANEXOS .....	167
--------------	-----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Fotobiontes comunmente hallados en simbiosis liquenica. Algas verdes (A-F) .....</i>	26
Figura 2 <i>Representación esquemática de los distintos tipos de talos crustáceos, se indican los ejemplos típicos. Barreno (1998).....</i>	28
Figura 3 <i>Talos foliáceos.....</i>	29
Figura 4 <i>a.- Esquema de talos fruticulosos: ascendente a la izquierda y péndulo a la derecha. b.- Cladonia pyxidata, como ejemplo de talo compuesto. Barreno (1998). .....</i>	30
Figura 5 <i>Sección de un talo Homómero del Genero Collema. ....</i>	33
Figura 6 <i>Sección de un talo Heterómero.....</i>	35
Figura 7 <i>Representación esquemática de las distintas estructuras de un talo líquénico.....</i>	36
Figura 8 <i>Tipos de Rizinas (Judkevich et al., 2005).....</i>	37
Figura 9 <i>Órganos apendiculares de sujeción. ....</i>	38
Figura 10 <i>Fotografías de líquenes Fruticulosos con discos de fijación: Ramalina y Usnea .....</i>	39
Figura 11 <i>Tomento, género Sticta.....</i>	40
Figura 12 <i>Esquema de las venas en vista abaxial en Peltigera. ....</i>	40
Figura 13 <i>Talo umbilicado de Umbilicaria.....</i>	41
Figura 14 <i>Vista general del talo con cilios. ....</i>	42
Figura 15 <i>Órganos apendiculares .....</i>	43
Figura 16 <i>Fotografía de los cífelas en el género Sticta.....</i>	44
Figura 17 <i>Pseudocífelas sobre la superficie superior de un lóbulo del liquen Cetrelia cetrarioides.....</i>	45
Figura 18 <i>Fotografía de los cefalodios vistas al microscopio.....</i>	46
Figura 19 <i>Esquema de soralios en corte longitudinal y detalle de soredios. (Judkevich et al., 2005).....</i>	48
Figura 20 <i>Corte longitudinal de soralios y detalle de los soredios.....</i>	48

<i>Figura 21 Fotografía de isidios de Acanthotrema, esquema de isidio en transcorte</i> .....	49
<i>Figura 22 Esquema de corte longitudinal de un picnidio</i> .....	49
<i>Figura 23 Esquema del peritecio</i> .....	50
<i>.Figura 24 Esquema de corte longitudinal del apotecio.</i> .....	51
<i>Figura 25 Corte longitudinal del apotecio, vista al microscopio óptico</i> .....	51
<i>Figura 26 Corte longitudinal de Apotecio. (Judkevich et al., 2005)</i> .....	51
<i>Figura 27 Vista superficial de los apotecios.</i> .....	51
<i>Figura 28 Esquema de corte longitudinal de apotecios</i> .....	52
<i>Figura 29 Fotografía de vista superficial de apotecios.</i> .....	52
<i>Figura 30 Vista abaxial de lirelas en Phaeographis sp.</i> .....	52
<i>Figura 31 Esquemas de diferentes formas de podocio en Cladoniaceas</i> .....	53
<i>Figura 32 Mapa de ubicación del área de estudio</i> .....	73
<i>Figura 33 Sectorización de las principales áreas arqueológicas de Choquequirao. Basado en COPESCO.</i> <i>(Echevarría et al, 2019)</i> .....	76
<i>Figura 34 Sistema de andenes de Paraqtepata</i> .....	77
<i>Figura 35 Andenes de Paqchayoq en proceso de restauración</i> .....	79
<i>Figura 36 Rio Chunchumayo</i> .....	81
<i>Figura 37 Rio Apurimac</i> .....	81
<i>Figura 38 Climatodiagrama del parque arqueológico de Choquequirao</i> .....	82
<i>Figura 39 Instalación del cuadrante en el sector de Paraqtepata</i> .....	88
<i>Figura 40 Muestreo por el método de cuadrante (Mostacedo &amp; Fredericksen,2000) en el sector de</i> <i>Paqchayoq</i> .....	88
<i>Figura 41 Orden y número de individuos por familia del Sector X Paraqtepata</i> .....	100
<i>Figura 42 Orden y número de individuos por familia del Sector XI Paqchayoq</i> .....	101
<i>Figura 43 Distribución porcentual de los biotipos de líquenes saxícolas</i> .....	102
<i>Figura 44 Abundancia relativa de Ordenes de líquenes saxícolas del sector X.</i> .....	120
<i>Figura 45 Abundancia relativa de Ordenes de líquenes saxícolas del sector XI.</i> .....	121

<i>Figura 46 Abundancia relativa de familias de líquenes saxícolas del sector X Paraqtepata.</i>	122
<i>Figura 47 Abundancia relativa de familias de líquenes saxícolas del sector XI Paqchayoq.</i>	123
<i>Figura 48 Abundancia relativa de especies del Sector X Paraqtepata</i>	125
<i>Figura 49 Abundancia relativa del sector XI Paqchayoq</i>	127
<i>Figura 50 Curva de rango abundancia de los sectores X y XI</i>	128
<i>Figura 51 Cobertura relativa de las especies de líquenes saxícolas más dominantes del sector X Paraqtepata</i>	129
<i>Figura 52 Cobertura relativa de las especies de líquenes saxícolas más dominantes del sector XI Paqchayoq</i>	130
<i>Figura 53 Riqueza de especies de los Sectores X y XI</i>	138
<i>Figura 54 Índice de Margalef de los sectores X y XI</i>	140
<i>Figura 55 Curva de rarefacción de los sectores X y XI</i>	141
<i>Figura 56 Índice de Simpson 1-D de los sectores X y XI</i>	143
<i>Figura 57 Índice de equidad de Shannon Wiener de los sectores X y XI</i>	145
<i>Figura 58 Dendrograma de los puntos de muestreo de los sectores X y XI</i>	146
<i>Figura 59 Instalando el cuadrante en el sector XI</i>	180
<i>Figura 60 Realizando la toma de datos.</i>	180
<i>Figura 61 Registrando las características de la zona</i>	180
<i>Figura 62 Realizando el registro fotográfico</i>	180
<i>Figura 63 Uso del dron para la fotografía</i>	181
<i>Figura 64 Registrando las coordenadas con el GPS</i>	181
<i>Figura 65 Observando las muestras de líquenes en el estereoscopio</i>	181

## **LISTA DE TABLAS**

<i>Tabla 1 Algunas sustancias líquénicas más frecuentes y reacciones que producen con los reactivos más comunes y bajo la luz ultravioleta (Brodo et al 2002).....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 2 Ubicación geográfica de los sectores X Paqchayoc y XI Paraqtepata .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 3 Rutas de acceso.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 4 Resumen de Fenómenos Geodinámicos en las zonas de estudio. (COPESCO, 2013, como se cita en Jimenez &amp; Salas, 2020, p. 41) .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 5 Número de individuos presentes en los Sectores X y XI.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 6 Abundancia relativa de los Órdenes del sector X Paraqtepata.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 7 Abundancia relativa de los Órdenes del sector XI Paqchayoc .....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 8 Abundancias relativas de las familias del sector X Paraqtepata .....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 9 Abundancias relativas de las familias del sector XI Paqchayoc .....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 10 Abundancia de especies de líquenes saxícolas del sector X Paraqtepata .....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 11 Abundancia relativa de las especies de líquenes saxícolas del sector X Paqchayoc .....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 12 Composición taxonómica de líquenes saxícolas del sector X Paraqtepata.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 13 Composición taxonómica de líquenes saxícolas del sector XI Paqchayoc .....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 14 Riqueza de especies de los sectores X y XI.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 15 Riqueza específica de los puntos de muestreo de los sectores X y XI.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 16 Índice de Margalef de los sectores X y XI.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 17 Índice de Margalef de los puntos de muestreo de los sectores X y XI.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 18 Índice de Simpson_1-D de los sectores X y XI.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 19 Diversidad de Simpson de los sectores X y XI del Parque Arqueológico de Choquequirao .....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 20 Índice de Shannon Wiener (<math>H'</math>) de los sectores X y XI .....</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 21 Índice de Shannon-Wiener de los puntos de muestreo de los sectores X y XI .....</i>	<i>144</i>

## RESUMEN

El estudio de investigación se realizó en el año 2024 con la finalidad de evaluar la composición y diversidad de líquenes en los paramentos de los sectores X Paraqtepata, antiguamente centrado netamente a la agricultura y sector XI Paqchayoq con estructuras multifuncionales, agrícola, ceremonial y residencial; del Parque arqueológico de Choquequirao, ubicados en la margen derecha del río Chunchumayo, a 2700m.s.n.m. (sector X) Y 2500 m.s.n.m. (sector XI) de la región Cusco. El tipo de muestreo fue aleatorio por conglomerados por el método de los cuadrantes, de 1m<sup>2</sup> con subcuadrillas de 100cm<sup>2</sup>. Se identificaron líquenes pertenecientes a 7 órdenes, 13 familias, 26 géneros y 50 especies. los órdenes más abundantes fueron Lecanorales, Teloschistales y Verrucariales; mientras que las familias dominantes fueron Teloschistaceae, Verrucariaceae y Stereocaulaceae. Según el índice de Margalef, el sector X muestra una alta diversidad. El índice de dominancia de Simpson(1-D) indicó alta dominancia en ambos sectores, mientras que el índice de Shannon- Wiener reflejó una distribución más equitativa en el sector X. Finalmente, se observó que ambos sectores comparten un grado considerable de similitud en cuanto a la composición de líquenes.

**Palabras clave:** Composición, Diversidad, Líquenes, Paramentos, Choquequirao.

## INTRODUCCION

Los líquenes constituyen un componente fundamental de los ecosistemas terrestres, desempeñando roles ecológicos clave como bioindicadores de calidad ambiental, pioneros en la colonización de sustratos y contribuyentes al ciclo de nutrientes. Entre ellos, los líquenes saxícolas aquellos que crecen sobre superficies rocosas son especialmente relevantes en contextos arqueológicos, donde su presencia puede influir en la conservación del patrimonio lítico.

El Parque Arqueológico de Choquequirao, ubicado en la región del Cusco- Perú, representa uno de los complejos arqueológicos más importantes de la época incaica. Sus estructuras de piedra, dispuestas en terrazas y plataformas, ofrecen un hábitat propicio para una diversidad de especies líquénicas, cuya composición puede variar según las condiciones micro ambientales, la orientación de los paramentos y el grado de exposición.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo caracterizar y comparar la diversidad de líquenes saxícolas presentes en los paramentos de los sectores X y XI del parque arqueológico, con el fin de aportar información relevante tanto para el conocimiento de la biodiversidad líquénica como para la gestión y conservación del sitio.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El parque arqueológico de Choquequirao está ubicado en la montaña más alta, entre las cuencas de los ríos Apurímac y Vilcanota, si bien es cierto el interés inicial fue el patrimonio cultural a causa de los impresionantes monumentos arqueológicos, el entorno natural poco a poco comenzó a tener relevancia. La gran biodiversidad de ecosistemas que alberga es de gran importancia para las comunidades de flora y fauna. Es importante mencionar que realizaron registros de especies, enfatizando la flora fanerogámica y Fauna en su totalidad; y no en la flora criptogámica como los líquenes, es importante conocer la diversidad de líquenes saxícolas presentes en este valioso patrimonio cultural ya que su presencia en los ecosistemas juega roles muy importantes. Estos organismos contribuyen en el ciclo de nutrientes, porque fijan el nitrógeno atmosférico durante su crecimiento, además de ser la base de la cadena trófica de algunos ecosistemas, contribuyen en la formación de suelos, los líquenes de suelo evitan la erosión y ayudan a mantener la humedad del suelo, también favorecen el establecimiento de las plantas vasculares puesto que, atrapan las semillas de la flora adyacente, los líquenes son organismos de vital importancia en la formación y conservación de bosques. Asimismo, son utilizados como indicadores de la calidad ambiental. Sin embargo, debido a la falta de estudios exhaustivos en esta área, no se cuenta con información precisa sobre las especies presentes, su abundancia, riqueza y su composición. Esto limita nuestra capacidad para comprender la dinámica de estos ecosistemas y tomar decisiones informadas para su conservación, es necesario realizar investigaciones que permitan determinar la diversidad de líquenes saxícolas en los paramentos de Choquequirao, identificar las especies presentes, analizar la riqueza y la proximidad a estructuras arqueológicas.

**Problema General:**

- ¿Cuál es la diversidad de líquenes presentes en los paramentos de los sectores X (Paraqtepata) y XI (Paqchayoq) del parque arqueológico de Choquequirao?

**Problemas específicos:**

1. ¿Cuál es la composición líquenes presentes en los paramentos de los sectores X y XI del parque arqueológico de Choquequirao?
2. ¿Qué biotipos predominan en los sectores de Paraqtepata y Paqchayoq?
3. ¿Cómo es la diversidad alfa y beta de los líquenes presentes en los sectores X y XI del Parque Arqueológico de Choquequirao?

## JUSTIFICACION

La colonización de los líquenes saxícolas presentes en gran parte de las estructuras líticas de los andenes de Paqchayoq y Paraqtepata (sectores X y XI) aún no han sido estudiados, aun cuando estos generan alteraciones cromáticas en estos líticos, causando así un impacto visual negativo en la estructura arquitectónica, considerado como un problema para la Arqueología, es por ello que es de suma importancia realizar un registro de líquenes presentes en estas estructuras ya que se ven afectadas por los procesos de restauración, llevando en algunos casos a la pérdida definitiva de especies sin ser estudiadas o registradas.

Por lo que consideramos importante realizar el registro de la diversidad y riqueza de estos organismos, que se encuentran colonizando los paramentos antes mencionados., de igual manera los resultados de esta investigación contribuirán al conocimiento de la diversidad de los líquenes para el Perú; además permitirán tomar medidas de prevención para la protección y preservación de las estructuras arquitectónicas del sector de Paqchayoq y Paraqtepata - Choquequirao considerado un sitio arqueológico también importante del Perú, caracterizado por su magnífica edificación pétrea.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

- Evaluar la diversidad de líquenes presentes en los paramentos de los sectores X y XI del parque arqueológico Choquequirao; Distrito Santa Teresa, Provincia La Convención-Región Cusco.

### **Objetivos Específicos:**

1. Determinar la composición de especies de líquenes presentes en los paramentos de los sectores X y XI del parque arqueológico de Choquequirao
2. Identificar los biotipos de líquenes que predominan en los sectores X y XI del Parque Arqueológico de Choquequirao
3. Determinar la diversidad alfa y beta de los líquenes presentes en los paramentos de los sectores X y XI del parque arqueológico de Choquequirao

## CAPÍTULO I

### MARCO TEORICO

#### 1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

##### *1.1.1. Antecedentes Internacionales*

**Cruz et al. (2000).** Reunieron 14 ejemplares de líquenes que se encontraron en las caras con dirección al Norte, Este, Sur y Oeste de la Peña de Perritos, situada en el bosque de La Marquesa en el Estado de México; realizaron experimentos de identificación como: clasificación del tipo de talo, la observación al microscopio les brindo el tipo de alga, esporas, ascas y algunas reacciones químicas que tuvo con la reacción de KOH, que facilito la adquisición de información sobre las relaciones de estos organismos con su hábitat, así como datos importantes sobre la presencia de algunas especies con referencia a los puntos cardinales de esta peña. Como resultado, en las 4 cara de la Peña de Perritos colectaron 14 ejemplares diferentes de los cuales 7 fueron identificados y descritos como: *Caloplaca saxicola*, *Lecidea sp*, *Lepraria finkii*, *Lepraria incana*, *Peltigera collina*, *Physcia halei* y *Xanthoria sorediata*.

**Aquino et al. (2009).** Seleccionaron 60 muestras de manera sistemática en el Sitio Arqueológico Yaxha- Guatemala, 40 en ambientes exteriores y 20 en contextos interiores, cada punto de muestreo fue de 1 m<sup>2</sup>, la cual fue dividida en 100 cuadrantes. Donde registraron los organismos menores como briofitas, algas y líquenes.

**Puy- Alquiza et al. (2015).** Estudiaron los procesos de deterioro que desempeñan las comunidades de líquenes en las areniscas silíceas de dos monumentos del siglo XIX y XX de la ciudad de Guanajuato, para lo cual dividieron el trabajo de investigación en 4 etapas: una de las etapas consistió en la obtención de un mínimo de 5 ejemplares de cada especie de líquenes en los

puntos seleccionados(Escalinas de la universidad de Guanajuato y la Escuela de Música de la Universidad de Guanajuato), tomaron las muestra de líquenes con la ayuda de una espátula de plástico, recolectando 3.4 g de liquen, posteriormente fueron almacenadas en bolsas de plástico y refrigeradas a -4°C. los ejemplares fueron revisados taxonómicamente mediante el uso de claves especializadas, tomando en cuenta sus características vegetativas y reproductivas, así como las químicas con la ayuda de reactivos: hidróxido de potasio al 10%(K) y la solución saturada de Hipoclorito de calcio (C), la combinación de ambos(KC). Los especímenes que encontraron son dos especies foliosas: *Xanthoparmelia mexicana* y *Xanthoparmelia tasmanica*, y tres costrosas: *Caloplaca aff. brouardii*, *Caloplaca aff. ludificans* y *Aspicilia sp.* Se tomaron en cuenta por sus preferencias por el sol o la sombra.

**Barreto & Esquivel (2020).** Caracterizaron la diversidad de líquenes en las zonas verdes de la ciudad de Ibagué (Colombia), utilizando un cuadrante de 10 x 10 cm basado en el método de Iwatsuki (1960). Evaluaron la abundancia en los diferentes sustratos (Corteza, roca, cemento y troncos). Donde encontraron la corteza con mayor cobertura 91,2% en roca (6,6%), madera (1,7) y cemento (0,5%). Según los resultados de los índices de diversidad que evaluaron, el sustrato con mayor diversidad fue la corteza, mayor riqueza en roca y mayor dominancia en el cemento. Se evaluó una cobertura líquénica de 5.883 cm<sup>2</sup> en 18 sitios de muestreo, lo cual arrojó como resultado el levantamiento de 731 individuos con un total de 28 géneros y 35 especies, correspondientes a 17 familias y 7 órdenes, 21 muestras se determinaron a especie y las demás (14) quedaron sin precisar (sp).

**Soto et al. (2021).** Analizaron la riqueza de los líquenes y las relaciones biogeográficas entre zonas de vida en Colombia, así como también definieron especies y géneros como indicadoras. La región andina y bosque húmedo presentaron mayor riqueza y especies de distribución restringida.

La riqueza mostró un patrón decreciente con la elevación y unimodal con la latitud, con valores mayores en las latitudes medias.

### ***1.1.2. Antecedentes Nacionales***

**Ramírez & Cano (2005).** Realizaron el estudio de la liquenobiota de la localidad andina de Pueblo Libre en Huaylas en Ancash, donde realizaron las colectas desde los 2200 hasta los 4450 m de altitud. Encontraron 38 especies, agrupadas en 29 géneros y 17 familias. De las 38 especies que reportaron, 34 especies fueron los primeros para el departamento de Ancash, a excepción de *Everniopsis trulla*, *Dictyonema glabratum*, *Usnea durietzii* y *Psiloparmelia distinta* que se reportaron anteriormente.

**Ramos (2012).** Evaluó la diversidad de la flora líquénica en el Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes, realizado en la estación biológica “El Caucho”, durante los meses de Setiembre a Diciembre del 2009, las especies fueron determinadas en el Herbario Arequipense (HUSA) de Arequipa, utilizó una lupa estereoscópica, para observar los caracteres macroscópicos; microscopio y reactivos como: K(Hidróxido de Potasio), C(Hipoclorito de Calcio), P(Parafenilendiamina) y I(Lugol) para los especímenes que requirieron estas observaciones. Como resultado de esta investigación encontró 70 taxones, de los cuales 65 fueron determinadas hasta el nivel de familia; están distribuidos en 18 familias y 32 géneros. Siendo las familias con mayor representación: Physciaceae y Porinaceae con 10 especies cada una, el género más diverso es Porina con 10 especies. Según el biotipo, el tipo crustoso con un porcentaje de 78,57%, el 17,14% es folioso; 2,86% es filamentoso y el 1,43% es fruticoso. La amplia distribución y diversidad en toda la zona de estudio está representada por las especies del tipo crustosa. Además, observó que las especies saxícolas solo se encuentran en las quebradas y riberas de ríos.

**Marino (2016).** Llevó a cabo el inventario y la identificación taxonómica de líquenes saxícolas en tres sitios arqueológicos de Cajamarca: Cumbemayo, Santa Apolonia y Ventanillas de Otuzco, entre los años 2010 y 2015. Donde realizó las colectas de líquenes de diferentes tipos para luego identificarlas en el laboratorio haciendo uso de claves taxonómicas y comparó con otros ejemplares previamente descritos. Las especies que encontró 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 olivacea*, *Parmeliopsis sp.*, *Peltigera sp.*, *Physcia sp.*, *Usnea barbifera*, *Umbilicaria sp.* El sitio arqueológico con mayor diversidad de líquenes saxícolas fue Cumbemayo con un total de 13 especies, Ventanillas de Otuzco con 5 especies y Santa Apolonia con 3 especies. Los géneros más abundantes en el sitio arqueológico Cumbemayo fueron *Parmelia*, seguido de *Dyctionema glabratum* y *Candelariella vitellina*.

**Ramírez & Valencia (2020).** Evaluaron la liquenobiota del nevado Pastoruri (Cordillera Blanca en el Departamento de Ancash) para conocer la composición de la liquenobiota, el cual tuvo como resultado 28 especies agrupadas en 19 géneros y 14 familias. Donde las familias con mayor número de género fueron Lecanoraceae, Parmeliaceae y Teloschistaceae, por otro lado, los géneros que presentaron mayor riqueza de especie fueron *Buellia*, *Lacanora* y *Umbilicaria*. Siendo así también los líquenes de biotipo crustáceo fueron los dominantes, seguido por los foliosos y fruticosos.

### ***1.1.3. Antecedentes Locales***

**Mamani (2012).** Evaluó la diversidad y distribución de líquenes en una gradiente altitudinal de 1500-3500m.s.n.m. seleccionando 20 árboles de 10-20 de DAP, en cuadrantes de 0,50 x 0,20m. hallaron 30 géneros agrupados en 22 familias. Los géneros con el mayor número de



especies son *Cladonia* y *Sticta* (7), seguidos de *Heterodermia* y *Leptogium* (6), *Lobaria* (4), *Cryptothecia* y *Usnea* (3). La familia *Lobariaceae* fue la mejor representada (14 especies), seguida de *Cladoniaceae* (8), *Parmeliaceae* (7) *Physciaceae* y *Collemataceae* (6)

**Ferro (2019).** Registró un total de 51 morfoespecies para el sector Monterrosa del distrito de Huayopata, correspondiendo a 19 géneros y 12 familias, Las familia con mayor número de individuos fue *Collemataceae* y las de menor *Graphidaceae* y *Pannariaceae*, las familias *Parmeliaceae* y *Lobariaceae* presentaron mayor géneros caso contrario de las familias *Cladoniaceae*, *Telochistaceae*, *Atheliaceae*, *Graphidaceae*, *Physciaceae*, *Arthoniaceae*, *Pannariaceae*, *Peltigeraceae* y las que presentaron mayor número de morfoespecies son *Cladoniaceae* y *Collemataceae* (11), menor número *Telochistaceae*, *Arthoniaceae* y *Peltigeraceae* (1). Donde la morfoespecie *Sticta sp 1* tiene el mayor valor, seguido de *Leptogium sp 1* y para dominancia *Peltigera sp* y *Leptogium sp 1*, consecuentemente el Índice de valor de importancia (IVI) *Sticta sp 1*, *Leptogium sp 1* son las más representativas del lugar. De acuerdo al análisis de diversidad de Shannon (0.9), inverso de Simpson (3.8), el sector Monterrosa presento una alta diversidad de líquenes y de acuerdo al índice de Fisher es 16.38.

**Huallparimachi (2021).** Evaluó la composición de la biota líquénica mediante cuadrantes de 1m<sup>2</sup>, cuyo objetivo principal fue estudiar los tipos de biota líquénica que inciden en el biodeterioro y bioensuciamiento de las estructuras arquitectónicas del monumento pétreo de Machupicchu. Donde reporto 53 especies de lito líquenes correspondientes a 6 biotipos: crustoso, folioso, gelatinoso, escamoso, fruticuloso y lepraroides, registrados en los recintos más importantes de la ciudad inca de Machupicchu, Templo del Sol, Intihuatana, Templo de las tres ventanas dominados por las siguientes familias más representativas: *Parmeliaceae* con 17 especies;

Teloschistaceae con 8 especies y Lecanoraceae con 7 especies. También reportó 9 especies nuevas para el Perú. Cabe mencionar que las especies más dominantes pertenecen al biotipo crustáceos.

**Gamio & Luis (2022).** Realizaron la formulación del método bioquímico en el sitio arqueológico de Tarawasi, Limatambo – Cusco, trabajo que tuvo como objetivo cambiar el pH ácido a un pH alcalino de líquen *Caloplaca sp.* Este trabajo fue desarrollado en cuatro etapas: diagnóstico, aplicación, evaluación y monitoreo.

**Molina et al (2022).** Analizaron la presencia de hongos liquenizados en los muros arqueológicos (recintos y andenes) del monumento de Pawkarkancha, con la finalidad de evaluar la riqueza y diversidad líquénica. Reportó 44 especies, 24 géneros y 13 familias siendo Parmeliaceae la más abundante con el 38.64% seguido de Caliciaceae con 15.91%, Lecanoraceae con 11.36% y Physciaceae 9,09%.

## 1.2. BASES TEORICAS

### 1.2.1. Simbiosis líquénica: Naturaleza y definición

La Asociación Internacional de Lichenología aprobó en 1982 una definición de líquen que es aceptable para la mayoría de los liquenólogos: "Un líquen es una unión de un hongo y un simbionte fotosintético que da como resultado un talo estable de una estructura determinada". La estabilidad es la capacidad de reproducir una asociación manteniendo sus rasgos. La estructura específica indica que ni las algas ni los hongos de vida libre tienen el talo, o el aparato vegetativo de los líquenes. Debido a que casi siempre existe una diferencia morfológica significativa entre un líquen y el aspecto aislado de los simbiontes, esto es precisamente lo que distingue a los líquenes de otros tipos de asociaciones biológicas.

### Hongos liquenizados

Las asociaciones simbióticas, también conocidas como líquenes o conocidos también como hongos liquenizados, se originan a partir de la relación mutualista, comensalista o saprófita, entre al menos dos organismos simbióticos, el micobionte y el fotobionte. En este grupo pueden participar uno o varios micobiontes (hongos), un micobionte predominante y uno o varios micobiontes parásitos, además uno o varios fotobiontes, que pueden llegar a ser un alga, una cianobacteria o ambas. El fotobionte principal está localizado en la capa algal del talo, en cambio, los fotobiontes secundarios están ubicados en estructuras conocidas como cefalodios. Ambos simbiontes constituyen un talo estable con características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y ecológicas distintas a los que poseen formas exentas de hongos y algas de las mismas especies que constituyen el talo del liquen.

### **Liquenización**

Es una adaptación de los hongos para aprovechar de forma más eficaz los nutrientes del entorno; todos los hongos necesitan ser simbiontes debido a las condiciones del entorno, pero en cultivos bajo condiciones apropiadas pueden sobrevivir de manera no liquenizada. La liquenización, es decir, la adquisición de carbono fijo de una población de algas vivas y / o células cianobacterianas, es un modo de nutrición común y generalizado. Una de cada cinco especies de hongos está liquenizada. (Nash, 2008). Al hacer comparaciones citológicas entre hongos que están en estado liquenizado y los que no, se observó que no hay diferencias entre ambos tipos de células (Honegger 2008).

La liquenización es mucho más rara en los basidiomicetes, donde solo se conocen unas 50 especies que originen basidiolíquenes, pero sin llegar a tener verdaderos talos, todos tienen basidios simples y pueden tener setas o basidiomas de los afiloforales (Barreno & Pérez, 2003).

### ***1.2.2. Componentes de la Asociación Liquéfica***

#### **1.2.3.1. El Micobionte**

Con relación a los hongos que forman líquenes, un 98% pertenecen al Phylum Ascomycota y solo el 0,3% - 0,5% pertenecen al Phylum Basidiomycota, mientras que el porcentaje que resta 1,5% - 1,7% pertenecen a grupo de los hongos anamórficos. (Honegger, 2008). Dentro de ascomicetes se reconocen 35 órdenes, de los cuales 18 incluyen taxones que forman ascolíquenes.

Los hongos, como organismos heterotróficos, han desarrollado varias estrategias nutricionales para adquirir carbono fijo.

En la naturaleza, los micobiontes no pueden vivir si no se asocian a una determinada alga. Si bien es cierto que se puede cultivar en laboratorio, en ausencia de alga, con medios de nutrientes orgánicos, brindándole las condiciones necesarias, se muestra un crecimiento lento, pueden formar colonias de hifas, pero no desarrollan la estructura interna que presenta los talos naturales. (Carballal, Rowe, & Casares- Porcel, 2006)

#### **1.2.3.2. El Ficobionte:**

Las algas presentes en los líquenes son partes unicelulares o filamentosos de las cianofíceas (8% - 10%), aunque en la mayoría de las situaciones son clorofíceas (90% - 92%). Las Familias Collemataceae, Heppiaceae, Lichinaceae, Peltulaceae y Placynthiaceae poseen cianobacterias como fotobiontes principales, en contraste con las Familias Arthopyreniaceae, Coccocarpiaceae, Corticiaceae, Pannariaceae, Peltigeraceae y Lobariaceae pueden tener ambos tipos de fotobiontes (Friedl & Büdel 2008; como se cita en Ramos, 2012, p. 6). Actualmente se han identificado cerca de 40 géneros de fotobiontes entre algas y cianobacterias como componentes de las simbiosis líquénicas (Friedl y Büdel 2008, Calatayud y Sanz 2000; como se cita en Ramos, 2012, p. 6). Los

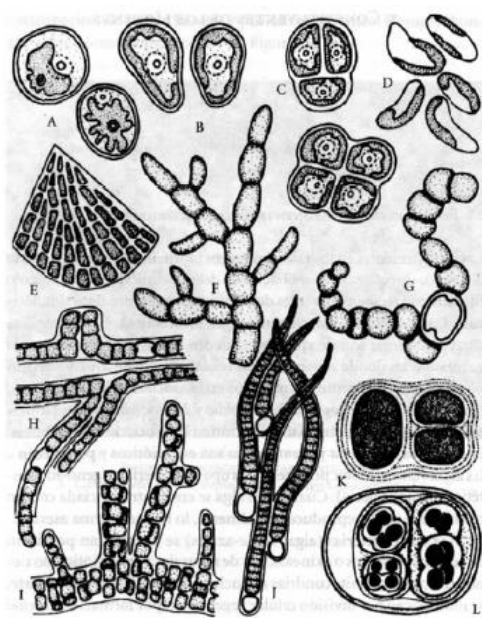
géneros más representativos son *Trebouxia*, *Nostoc* y *Trentepohlia*, entre otros como *Myrmecia*, *Coccomyxa*, *Stigonema*, *Scytonema* o *Gloeocapsa* (Lücking 2008). (Figura 1)

Las algas *Trebouxia* y *Trentepohlia* son Simbiontes fotosintéticos que forman el 80% de los líquenes. *Trebouxia* es un alga clorococal unicelular, solo se encuentra formando líquenes. Por el contrario, *Trentepohlia* También vive libremente sobre cortezas y rocas, esta alga se reconoce fácilmente por el color de sus células, tienden a acumular como sustancia de reserva un aceite amarillo que llega a cubrir el verde de la clorofila, en los líquenes que está presente se muestra en la estructura interna de color amarillo. (Carballal, Rowe, & Casares- Porcel, 2006)

Fotobiontes comúnmente hallados en simbiosis liquénica. Algas verdes (A-F)

### Figura 1

*Fotobiontes comunmente hallados en simbiosis liquenica. Algas verdes (A-F)*



Nota. A. *Trebouxia*, B. *Myrmecia*, C. *Pleurococcus*, D. *Coccomyxa*, E. *Phycopeltis*, F. *Trentepohlia*. Cianobacterias o Algas verde azules: G. *Nostoc*, H. *Scytonema*, I. *Stygonema*, J. *Dichothrix*, K. *Chroococcus*, L. *Gloeocapsa*. Extraído de Chaparro y Aguirre (2002).

#### ***1.2.4. Formas Biológicas (F. de Crecimiento, Biotipos)***

La forma de crecimiento o biotipos no es un carácter filogenético, pero se considera que están relacionados con la fisiología. Por tanto, se adaptan al hábitat que ocupan. Los biotipos constituyen puntos en una escala continua de diferenciación, desde primitivos hasta complejamente estructurados, el aspecto externo suele venir determinada por el micobionte, en ciertos casos el fotobionte influye en la morfología. Tradicionalmente se describen los siguientes biotipos: crustáceos, foliáceos y fruticulosos, escumoso, gelatinoso y compuestos o mixtos. (Barreno & Pérez, 2003)

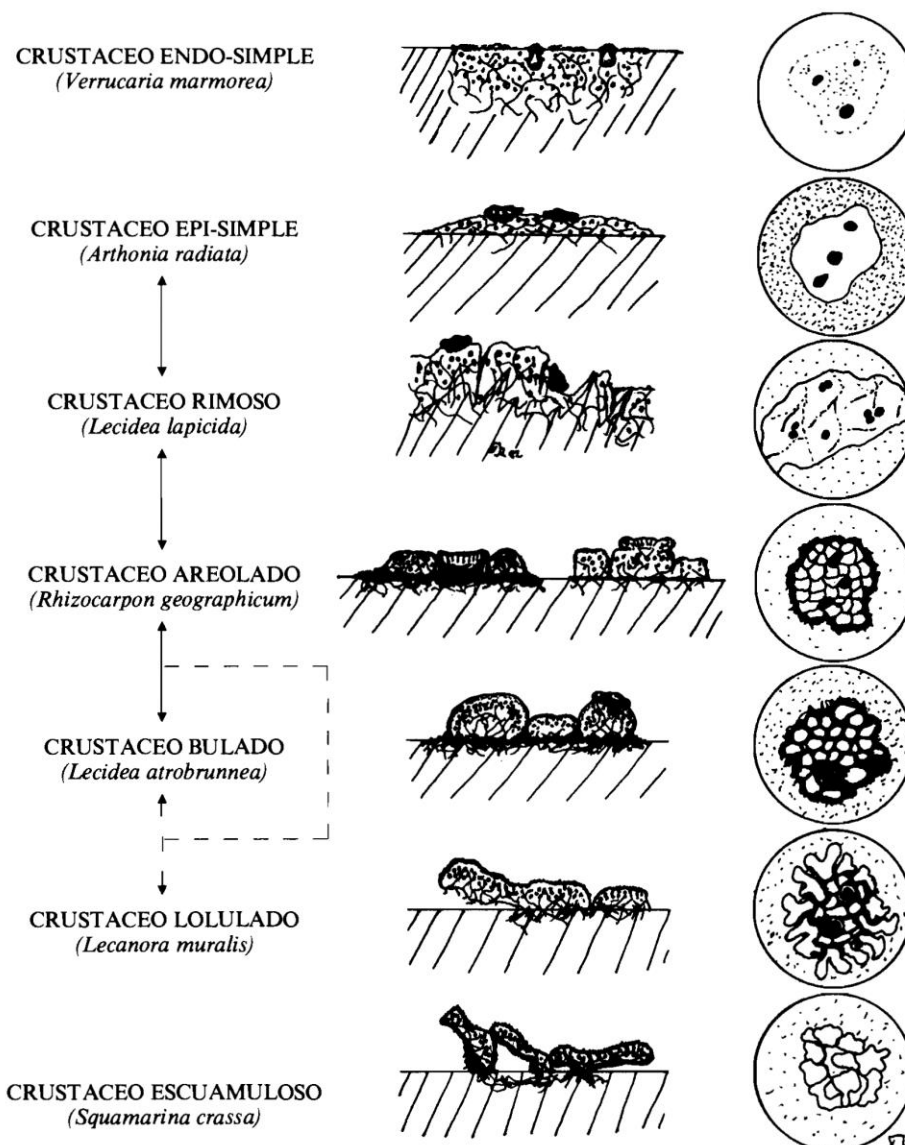
##### **a) Crustáceo**

Son aquellas que nunca tienen córtex inferior, se encuentran muy cerca del sustrato y son difíciles de separar. Se agarran del sustrato, que puede ser suelo, roca o corteza de árboles, a través de las hifas de la médula o del hipótalo (prótalo) si existe. Los talos crustáceos se diferencian mucho unos de otros a pesar de que comparten estas características.

En muchas ocasiones, un talo de una especie específica puede ser formado por varios fusionados entre sí en lugar de un solo individuo (Jahns, 1973; como se cita en Barreno & Rico, 1984, p. 173). Esto ocurre principalmente en los talos conocidos como "crustáceos simples" (por ejemplo, gen. *Arthonia*), que son considerados como los menos variados y suelen tener una estructura similar. No tienen un córtex superior real, a veces parecen pulverulentos, y las hifas del hongo se extienden sobre el sustrato en un micelio fino que engloba al alga. Barreno (1998).

**Figura 2**

Representación esquemática de los distintos tipos de talos crustáceos, se indican los ejemplos típicos. Barreno (1998).



### b) Foliáceos

Son líquenes que presentan los talos en forma de láminas, lobuladas o no, con una estructura aparentemente homómera y una simetría dorsiventral. Este biotipo abarca líquenes altamente estructurados que ocupan grandes superficies, cuando presentan lóbulos estos pueden

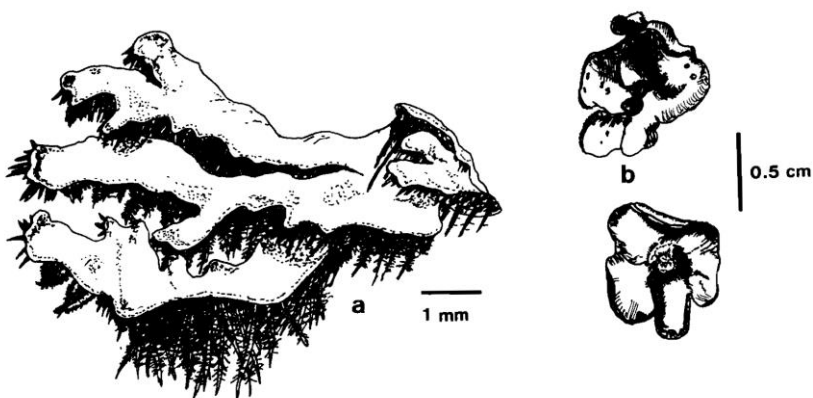
estar más o menos divididos y ofrecer diversas morfologías, sus relaciones con el sustrato se hacen a través de determinados órganos apendiculares, este conjunto de características hace que los líquenes foliáceos mantengan una unidad del talo, o sea que puedan contraerse y expandirse en diferentes estadios del ciclo seco-húmedo, sin que se originen fisuras o areolas. Por ende, el movimiento de carbohidratos a través del liquen se puede hacer de forma continua sin ninguna interrupción de esta manera la tasa de crecimiento aumenta. (Hill, 1981, como se cita en Barreno & Rico, 1984, p. 176).

Los líquenes foliáceos se agrupan en dos grandes conjuntos: Los talos foliáceos lobulados o foliáceos propiamente dichos y los talos foliáceos umbilicados. Los talos foliáceos lobulados forman un conjunto muy polimorfo; varía tanto su habitación como la forma y tamaño de los lóbulos o el modo de sujeción al sustrato y su anatomía es la más compleja de todos los líquenes.

Los talos foliáceos umbilicados se caracterizan por poseer ombligo como único punto de sujeción al sustrato. Este ombligo suele ocasionar una pequeña depresión en la cara superior del talo muy característico del género *Umbilicaria*. (Hannemann 1973; como se cita en Barreno & Rico, 1984, p. 177). (Figura 4).

### Figura 3

#### *Talos foliáceos*





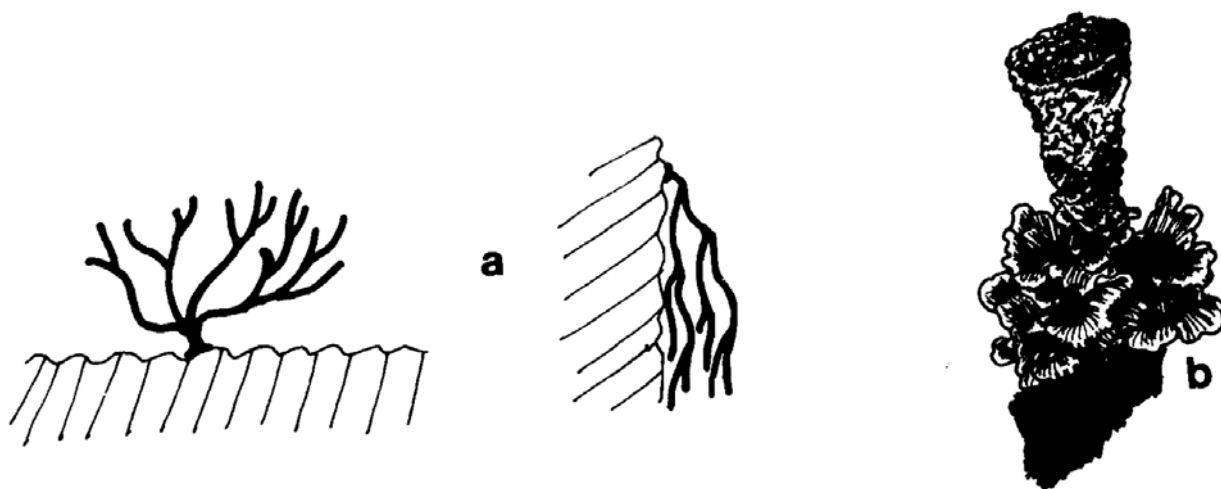
*Nota.* a.- *Physconia pulverulenta* (Hannemann (1973), porción de unos lóbulos donde se observan rizinas escuarrosas. b.- *Peltula euploca* (Troger in Hannemann (1973) con talo umbilicado, observandose el ombligo en la figura inferior. Barreno (1998).

### c) Fruticosos

Son líquenes que tienen la forma de pequeños arbustos o los lóbulos se acortan enormemente y agudizan los ápices de manera que la superficie con la que se adhieren al sustrato es mínima. Las lacinias son lóbulos que poseen esta morfología, pueden ser ascendentes o colgantes con simetría radial o dorsiventral. Aunque estos talos son inferiores en número de taxones, a los foliáceos y crustáceos, destacan por su capacidad de crecimiento. Prueba de ello es que algunos de los líquenes fruticulosos presentan los récords de longitud como por ejemplo *Usnea longissima*, llega a alcanzar 5m y de tasa de crecimiento anual, *Ramalina reticulata* crece 3cm/año. (Hale, 1967; como se cita en Barreno & Rico, 1984, p. 178).

### Figura 4

a.- Esquema de talos fruticulosos: ascendente a la izquierda y péndulo a la derecha. b.- *Cladonia pyxidata*, como ejemplo de talo compuesto. Barreno (1998).



#### **d) Escuamulosos**

Talos intermedios entre el biotipo crustáceo y foliáceo, formados por pequeñas escamas adheridas al sustrato por su cara inferior.

#### **e) Gelatinoso**

En estado seco son de color negro o verde oscuro y de consistencia coriácea y cuando están húmedas presentan como masas gelatinosas y translucidas. Tienen como fitobionte una cianobacteria y son las vainas mucilaginosas de estas las que le confieren ese aspecto.

#### **f) Compuestas o mixtas**

En algunos líquenes el talo se compone de dos secciones diferentes, una horizontal sobre el sustrato y otra vertical fruticulosa donde se ubican los cuerpos fructíferos. El talo horizontal o talo primario puede ser crustoso por ejemplo en *Stereocaulon alpinum* o foliáceo-escuamuloso como en el género *Cladonia*. En ocasiones el talo primario es muy fugaz, observándose tan solo en especímenes jóvenes, el líquen adulto consiste en un talo vertical, o talo secundario fruticuloso (Carballal et al., 2006).

### ***1.2.6. Anatomía y morfología del talo***

El micobionte constituye el elemento principal en la simbiosis y es responsable de formar las complejas estructuras del talo, aunque también es crucial destacar el papel del alga, que resulta esencial para determinar las características morfológicas finales. Los modelos estructurales vegetativos alcanzan, en los líquenes, un alto nivel de diferenciación paralelo, en muchos casos, al de algunas estructuras de plantas superiores (Jahns, 1973; como se cita en Barreno & Rico, 1984, p. 173). El ficobionte, en pocos casos, puede alcanzar el dominio en biomasa, en esta ocasión siempre se trata de algas verde-azuladas (Cyanophyta) (Barreno & Rico, 1984)

### **1.2.6.1. Anatomía del talo**

El proceso de liquenización puede ocurrir en diferentes grados de estabilización, que determinarán la creación de estructuras específicas en los diferentes grupos de líquenes. Sin embargo, en algunos casos en los que esta relación no está completamente establecida, la anatomía y la morfología de estos líquenes se asemejan a las del alga o al hongo en vida libre. se han distinguido tradicionalmente como tipos fundamentales de estructuras los siguientes: Barreno (1998)

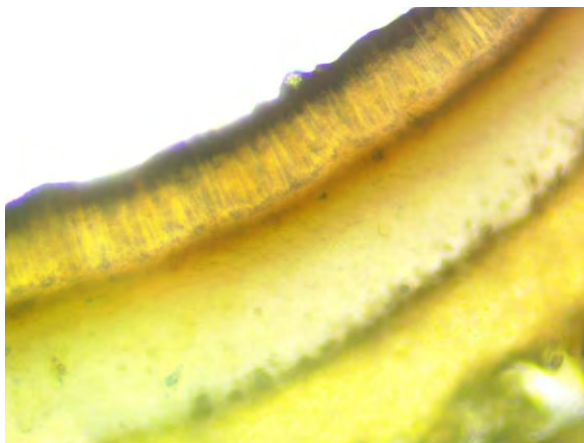
#### **Estructura Homómera**

En los talos homómeros, el fico- y el micobionte se mezclan sin un orden específico en todo el talo, lo que permite que las células del alga se encuentren en cualquier punto del talo. La mayoría de los talos tienen una anatomía muy básica.

Los talos homómeros gelatinosos son los más distintivos, ya que llevan una cianoficea como ficobionte y participan en su mayor parte en la formación del talo, aportando mucho mucílago. Esto brinda un comportamiento único frente al agua, donde absorben con rapidez enormes cantidades; como resultado, su apariencia cambia de coriáceo y opaco en seco a gelatinoso y translúcido después del proceso de absorción. Los géneros *Collema* y *Leptogium* ofrecen excelentes ejemplos de este tipo de construcción. (Carballal et al, 2006)

## Figura 5

*Sección de un talo Homómero del Genero Collema.*



### Estructura Heterómera

Los talos heterómeros tienen el ficobionte agrupado en un solo estrato que se distingue del resto, conocido como capa algal. También hay hifas del micobionte, esta es la zona donde ambos simbiontes interactúan y realizan el intercambio de nutrientes. Sin embargo, el micobionte forma la mayor parte del talo, dividiendo sus hifas en estratos que se disponen de una forma peculiar.

Un talo heterómero completo (como uno foliáceo de simetría dorsiventral, como los de muchas especies de Parmelia) tiene los siguientes estratos desde la superficie superior hasta la inferior. (Carballal et al, 2006)

**Córtex superior.** Se compone de un plecténquima que resulta de la alteración y fusión de las hifas del micobionte, lo que da como resultado un parénquima difícil de distinguir las hifas individualizadas.

El pseudoparénquima, que suele ser demasiado denso, está lleno de pigmentos y sus diversas tonalidades se asemejan lógicamente a las de la parte superior del talo. En la superficie se pueden producir capas delgadas de sustancias que son secretadas por las hifas que son de naturaleza péptica o cristalina, por ejemplo, los cristales de oxalato cálcico que forman la pruina y

dan un aspecto harinoso a la superficie del talo. El papel de los cúmulos de sustancias coloreadas en el córtex superior es proteger el talo del exceso de iluminación, incluyendo la protección contra la radiación ultravioleta. Las pruinas se desempeñan como un filtro que varía frente a la luminosidad, permaneciendo opacas cuando el talo se seca y se translucen cuando se humedecen, permitiendo solo el paso de la luz hasta la capa algal. (Carballal et al, 2006)

- **Capa algal:** siempre se ubica inmediatamente por debajo del córtex superior, su grosor varía y en ocasiones es discontinuo, y es el único estrato en el que se combinan fico- y micobionte. El color verde o verdoso del ficobionte se puede apreciar fácilmente en una sección transversal de este estrato a simple vista o con una lupa de poco aumento. Las hifas del micobionte, que se presentan libres y no compactadas en esta región, se pueden observar entre las células del alga a un nivel microscópico. (Carballal et al, 2006)
- **Medula:** Está formado por una maraña de hifas que no están conectadas con el micobionte, lo que deja grandes espacios vacíos. Tiene un aspecto algodonoso distintivo, generalmente de color claro; generalmente se encuentra en capa más gruesa del talo y puede servir como un área de reserva de aire y agua. Además, es el sitio donde se concentran numerosas sustancias liquénicas, así como compuestos y elementos extraídos del sustrato y de la atmósfera (Carballal et al, 2006).
- **Córtex inferior:** Tiene frecuentemente un color oscuro, pardo o negro y juega un papel importante en la captación y retención de agua, como el superior, formado por densos plecténquimas fúngicos. En talos heterómeros, como muchas formas crustáceas, puede faltar esta capa, ya que introducen directamente las hifas de la médula en el sustrato, del que son imposibles de separar. Sin embargo, ciertos tipos foliáceos de gran tamaño, como

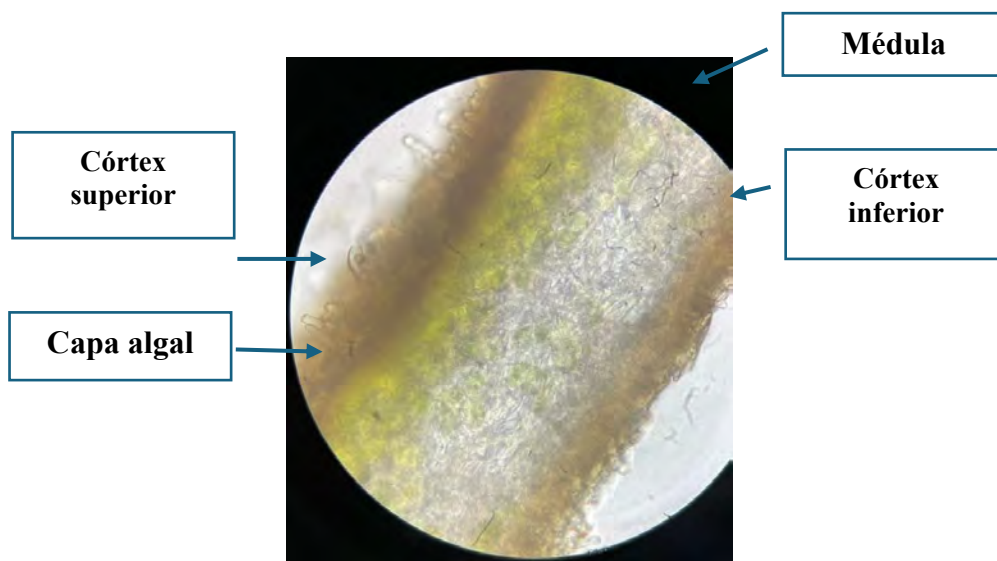
los de Peltigera, carecen de este córtex y su parte inferior presenta una apariencia algodonosa debido a que está formada directamente por la médula.

La mayoría de los líquenes tienen talos de estructura heterómera, con pocas variaciones y siempre en el mismo orden: córtex superior, capa algal, médula y córtex inferior.

Los estratos de los talos fruticulosos de simetría radiada son idénticos, pero su organización es concéntrica. El centro puede estar vacío, como en Cladonia, o puede contener un cordón de tejido fúngico muy denso, como en Usnea. Varios talos fruticulosos erguidos tienen plecténquimas que dan consistencia al talo en las cercanías de la médula.

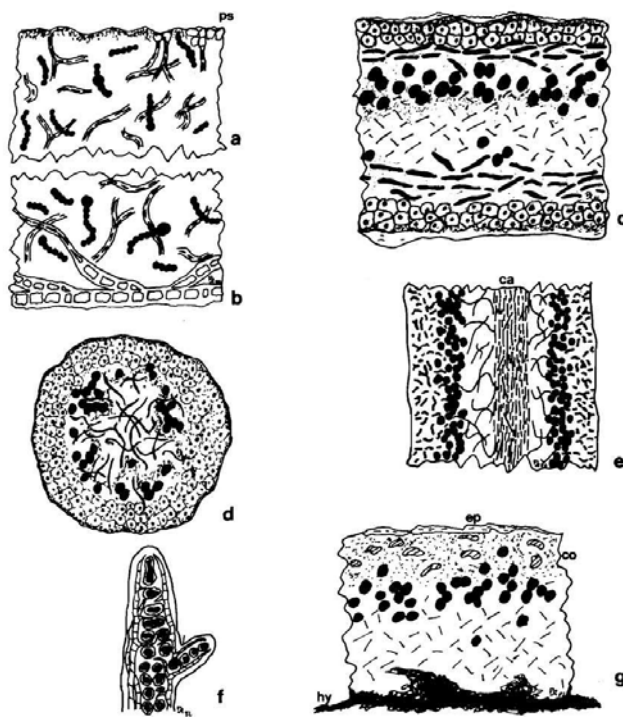
### Figura 6

*Sección de un talo Heterómero*



**Figura 7**

*Representación esquemática de las distintas estructuras de un talo líquénico.*



Nota. a- Corte transversal de un talo homómero, *Collema flacidum*, b- Corte transversal de un talo celulico, *Leptogium teretiusculum*, c- Corte transversal de un talo heterómero estratificado, *Cetraria islándica*, d- Corte transversal estructura heterómera radiata de *Pseudohebe pubescens*, e- Corte longitudinal de un talo heterómero radiado, *Usnea barbata*, f- Corte longitudinal de un talo filamentososo, *Ephebe lanata*. g- Corte transversal de un talo crustáceo y heterómero de *Lecidea lapicida*. Barreno (1998)

### 1.2.6.3. Órganos apendiculares

Son estructuras producidas por el micobionte, proyectados desde la cara inferior, para fijar el talo al sustrato, se presentan en diversos grupos como adaptaciones ambientales. A veces estos órganos pueden presentar en la cara superior o en el margen de los talos y ahí se desconoce su función (Barreno, 1998)

## Rizinas

Son extensiones más o menos filiformes del talo, formadas por un numero variable de hifas completamente compactadas que emergen de la cara inferior del talo, sobre todo de los líquenes foliáceos. Son órganos que se presentan con más frecuencia, suelen tener un crecimiento limitados (en grosor) y sirven potencialmente para fijar al sustrato. Tienen la morfología externa muy variable, desde simples hasta ramificadas dicotómicamente o irregularmente (Rizinas escuarrosas). La pigmentación es del del mismo color que la cara inferior del talo, aunque en ocasiones puede variar.

### Figura 8

*Tipos de Rizinas (Judkevich et al., 2005)*



Hannemann (1973) distingue en relación al estrato talino que las origina:

- **Rizinas corticales:** estas se forman a partir del córtex inferior más o menos compactados y en ocasiones cuando son adultas presentan penetraciones de la medula, como en Parmeliaceae, Physciaceae y Teloschistaceae.
- **Rizinas medulares:** estas parten de la medula en aquellos líquenes que no poseen córtex inferior, como es el caso del género Anzia.

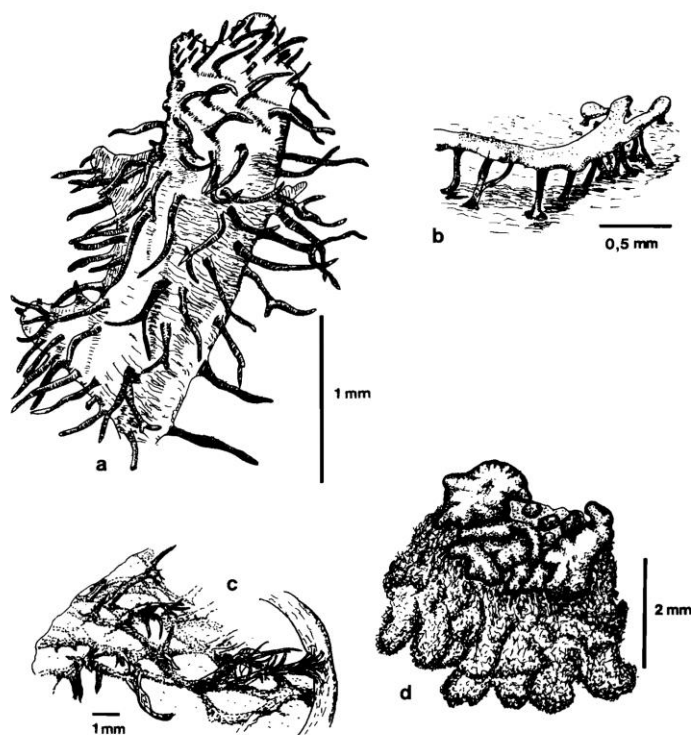


- **Rizinas medulares corticadas:** se originan también a partir de la medula, pero están rodeadas por una fina capa cortical, frecuentemente están presentes en Parmeliaceae y Sticta.

Beltman, 1978 menciona que en todos estos casos la medula parece tener una gran importancia como posible inductora del desarrollo de estos órganos que por otro lado están considerados como excelentes caracteres taxonómicos a nivel genérico o incluso específico.

### Figura 9

*Órganos apendiculares de sujeción.*



*Nota.* a- Cara inferior de un lóbulo de *Parmelia amphalodes* provista de abundantes rizinas, b- Rizinas de *Parmelia incurva*. c- Porción de la cara inferior de *Peltigera canina* con venas y rizinoides que se originan en aquella, (Hannemann 1973; como se cita en Barreno & Rico, 1984,

p. 165) d- Fieltro de rizohifas que produce un grupo de escuámulas de *Psora decipiens*. (Poelt & Baumgartner, 1964; como se cita en Barreno & Rico, 1984, p. 165).

### Discos de fijación

Son hifas medulares agrupadas que provienen del eje del talo que infiltran en el sustrato. Presente en los líquenes fruticulosos como: *Usnea*, *Ramalina* y *Teloschistes*. Judkevich et al., (2005)

### Figura 10

*Fotografías de líquenes Fruticulosos con discos de fijación: Ramalina y Usnea*



Ramalina



Usnea



Usnea

### Tomento

Se forma por la prolongación desde el córtex superior o inferior. 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, 2002; como se cita en Judkevich, 2005, p. 12). Otorgan un aspecto aterciopelado.

### Figura 11

*Tomento, género Sticta.*



### Venas

Son engrosamientos parciales de la medula en algunos talos foliáceos que morfológicamente se convierten en una estructura parecida a las nervaduras de las hojas de plantas superiores. Solo se manifiestan en la cara inferior de algunas Peltigeraceae y Stictaceae. Barreno (1998).

### Figura 12

*Esquema de las venas en vista abaxial en Peltigera.*



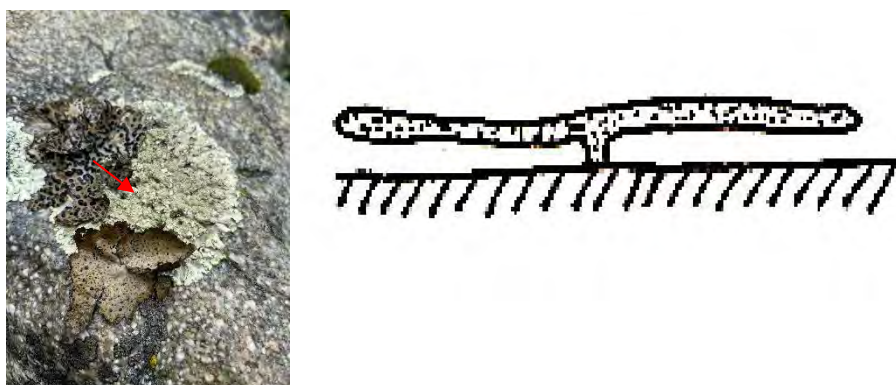
### Omblogo

Consta en un simple paquete de hifas más o menos corto, se origina en la medula, se sitúa en el centro de la cara inferior de los talos foliáceos-peltados y su función es la de fijar el talo a los

sustratos duros (rocas). Permite una cierta separación entre el sustrato y el liquen, se origina una depresión en la cara superior, justo encima del ombligo, presentes en las familias Umbilicariaceae, Verrucariaceae, Aspiciliaceae, Teloschistaceae, Lecanoraceae, Parmeliaceae, Acarosporaceae, etc. Barreno (1998).

### Figura 13

*Talo umbilicado de Umbilicaria.*



### Cilios

Son prolongaciones filamentosas del córtex, situadas en el margen de los lóbulos o en el reborde talino de apotecios lecanorinos. Están presentes exclusivamente en talos con biotipo foliáceos y fruticulosos, formados por un conjunto de hifas filiformes muy compactadas y por lo general son de mayor longitud que el resto de los órganos apendiculares. Casi siempre sin ramificar proporcionan un aspecto pestañoso a parte del talo donde se sitúan.

Los cilios tienen cierta importancia en el punto de vista taxonómico en la determinación de algunos géneros y especies de diversas familias como: Umbilicariaceae, Physciaceae, Teloschistaceae y sobre todo Parmeliaceae, pueden estar presentes en los lóbulos o en los márgenes de los apotecios. Barreno (1998).

## Figura 14

*Vista general del talo con cilios.*

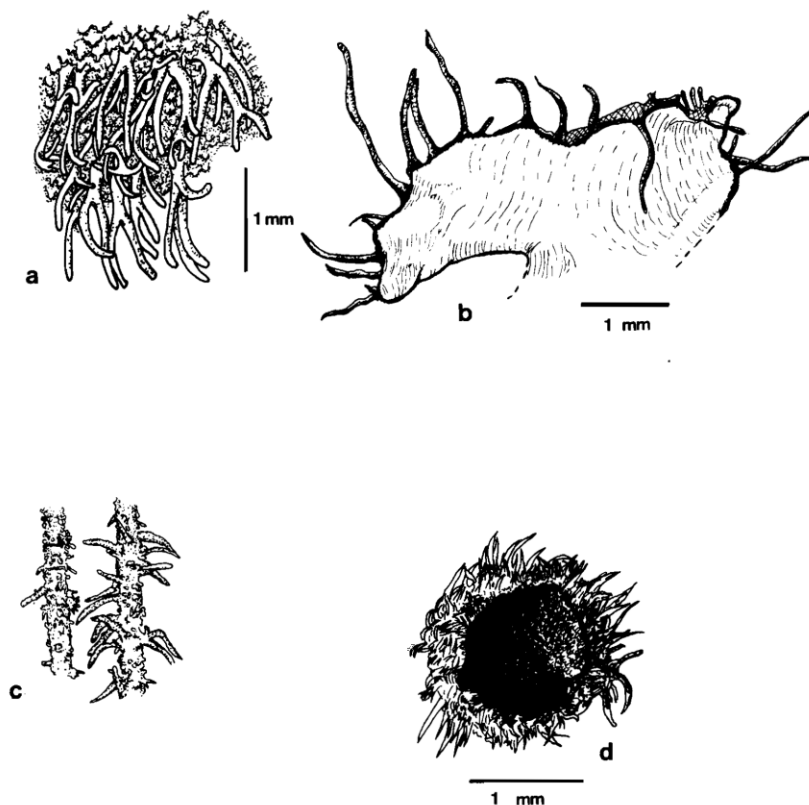


## Fibrillas

Estructuras parecidas a los cilios, pero en este caso contienen algas, por lo tanto, cumplen la función de asimilación, están presentes por ejemplo en *Usnea*. Chaparro de Valencia, 2002.

## Pelos

Son prolongaciones filiformes hialinas, uni o pluricelulares que se originan en el córtex y crecen hacia el exterior, tienen tamaño variable, solo son visibles bajo la lupa o el microscopio. Pueden aparecer en cualquier parte corticada del talo, con distribución más o menos irregular. No establecen contacto con el sustrato, nunca se ramifican. Se presentan fundamentalmente en los talos foliáceos y fruticulosos o también en algunos escumulos y crustáceos de las siguientes familias: Physciaceae, Teloschistaceae, Parmeliaceae, Pannariaceae, Collemataceae, Stictaceae, Peltigeraceae, Placynthiaceae y Lecideaceae. Barreno (1998).

**Figura 15***Órganos apendiculares*

*Nota.* a.-Rizomorfos de la cara inferior de *Umbilicaria crustulosa*. b.- Cilios marginales de *Parmotrema arnoldii*, c.- Ramas secundarias de *Usnea filipendula* provistas de pequeños isidios y fibrillas, d.- Apotecio de *Psoroma hypnorum* var. *Paleaceum* con abundantes pelos en el borde. Barreno (1998).

#### 1.2.6.4. Estructura de Aireación

El córtex de la gran mayoría de los líquenes con estructura heterómera y biotipo foliáceo o fruticuloso, formado por hifas fuertemente aglutinadas, constituye una serie barrera para el intercambio de gases. Se distinguen morfológicamente las siguientes estructuras:



### Cifelas

Son excavaciones relativamente pequeñas, urceoladas, blanquecinas o amarillentas, redondeadas hasta angulosas, recubiertas interiormente por un córtex especial y situadas en la cara inferior del talo. Son características y exclusivas del córtex inferior de los taxones del género *Sticta*. (Henssen & Jahns 1974; como se cita en Barreno & Rico, 1984, p. 192)

### Figura 16

*Fotografía de los cifelas en el género Sticta.*



### Pseudodifelas

Son interrupciones del córtex a través de la cual sobresalen, se ponen en contacto con la atmosfera, su morfología es variable, pueden ser desde redondeadas hasta angulosas o muy irregulares, varían en tamaño. Pueden originarse tanto en la cara superior como en la inferior. Son d carácter taxonómico de gran importancia sobre todo en la familia Parmeliaceae. En ocasiones se transforman en soralios. Al ser hidrófobas parecen tener importancia en la aireación del talo. (Barreno, 1998).

**Figura 17**

*Pseudocifelas* sobre la superficie superior de un lóbulo del líquen *Cetrelia cetrarioides*



#### **1.2.6.5. Estructura de fijación de nitrógeno**

Tienen diversas formas donde se agrupan Cianobacterias, tienen la capacidad de fijar el nitrógeno, dando lugar a un proceso de adaptación entre los líquenes que habitan en ambientes pobres en este elemento y pueden ser:

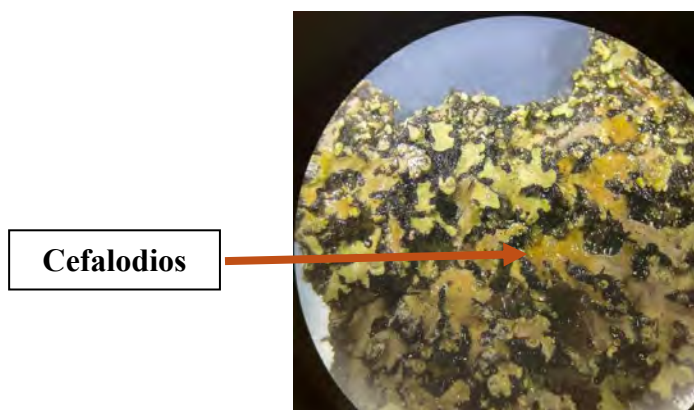
##### **Cefalodios**

Estas formaciones son crecimientos de hifas que envuelven colonias de cianobacterias, las cuales actúan como un segundo fotobionte junto a las algas principales del líquen. Los cefalodios suelen encontrarse en especies que crecen en sustratos pobres en nitrógeno. Las cianobacterias presentes, generalmente del género *Nostoc*, son algas de talo filamentoso que poseen células especializadas llamadas heterocistes, responsables de la fijación de nitrógeno. En algunos líquenes foliosos del género *Lobaria*, la capa medular contiene una estratificación donde una capa de algas verdes se ubica sobre otra de cianobacterias, representando una forma muy desarrollada de cefalodio en *Lobaria* y *Solorina* Ach. En general de color diferente (Barreno, 1998).



**Figura 18**

*Fotografía de los cefalodios vistas al microscopio.*



#### **1.2.6.6. Estructura Reproductoras**

Los líquenes en su mayoría presentan la reproducción sexual y asexual, característicos de estos organismos. En la simbiosis de los líquenes, solo el micobionte lleva a cabo la reproducción sexual durante su ciclo de vida, mientras que el fotobionte generalmente se reproduce de forma asexual. La complejidad en la reproducción del liquen radica en que el hongo necesita localizar en el entorno las células apropiadas del fotobionte para poder formar la simbiosis. Algunos líquenes desarrollaron propágulos vegetativos especiales en los cuales está presente los dos biontes, de esta manera queda solucionado en detrimento de la variabilidad genómica que se consigue con la reproducción sexual. (Barreno & Pérez, 2003)

#### **Reproducción asexual o vegetativa**

En los propágulos de los líquenes, ambos simbiontes actúan como unidades duales que pueden separarse del talo, lo que facilita la dispersión del liquen y les permite funcionar como diásporas vegetativas. Las ventajas de los propágulos simbióticos para la colonización del entorno son evidentes, ya que aseguran la presencia de ambos simbiontes; de ahí se originan los distintos

tipos en cuanto a estructura y ontogenia, siendo los más comunes: Soredios, Isidios, esquizidios, filidios o lobulillos y blastidios. La forma y situación de estos propágulos forman buenos caracteres en las especies, ya que son constantes. Los soredios e isidios son comúnmente especiales en los talos foliáceos y fruticulosos; los esquizidios se encuentran comúnmente en los géneros, *Xanthoria* o *Hypogymnia*, los filidios con frecuencia están en *Nephroma* y *Peltigera* y los blastidios son típicos en los crustáceos como *Lecidella*, *Rinodina* y de los pequeños foliáceos *Physcia*, también es posible multiplicar los líquenes mediante una simple fragmentación de los talos.

El micobionte en su fase anamorfo (sin reproducción sexual), puede dar lugar a estructuras productoras de conidios denominadas conidiomas, de ello dan lugar a los picnidios, que son receptáculos de forma globosa o piriforme, comúnmente; a partir de cuyas paredes unas hifas alargadas especiales, conidióforos y las células conidiógenas generan los conidios (mitosporas). Los tipos de organización, de morfología y de conidiogénesis (forma de desarrollo) son caracteres de importancia sistemática. (Barreno & Pérez, 2003)

### ***Soralios***

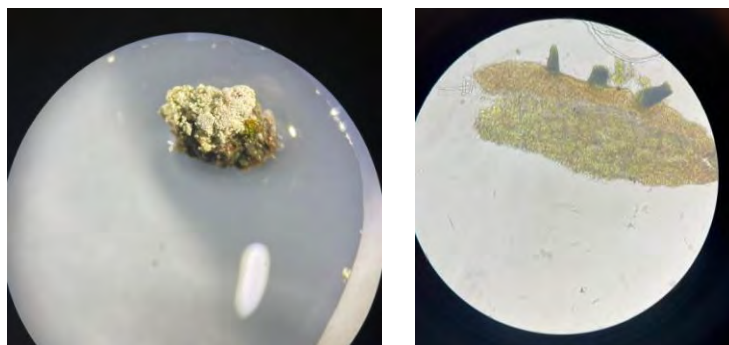
Son aberturas farináceas del córtex, se originan a causa de la presión que ejerce un grupo de algas rodeadas de hifas que sobresalen de la medula. Cada propágulo de tamaño pequeño, que se sitúan sobre los soralios, que está conformado además de gonidios e hifas entremezcladas y sin estructurar se denomina soredio, tras su dispersión a través del agua, aire, insectos, etc., puede dar lugar a un nuevo individuo. Barreno (1998).

**Figura 19**

*Esquema de soralios en corte longitudinal y detalle de soredios. (Judkevich et al., 2005)*

**Figura 20**

*Corte longitudinal de soralios y detalle de los soredios.*

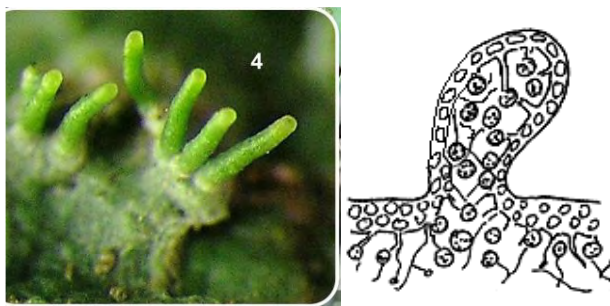


### ***Isidios***

Son pequeñas excrecencias de morfología variada, generalmente erguidos, surgen a partir del córtex del talo de forma más o menos agrupada, con colores más oscuros en el ápice que en el talo, en el interior se encuentran hifas y gonidios entremezclados, pueden dar lugar a otros talos siendo arrancados o desprendidos mediante una acción mecánica y actúan como propágulos, son comunes en los talos foliáceos y fruticulosos. Barreno (1998).

## Figura 21

*Fotografía de isidios de Acanthotrema, esquema de isidio en transcorte*

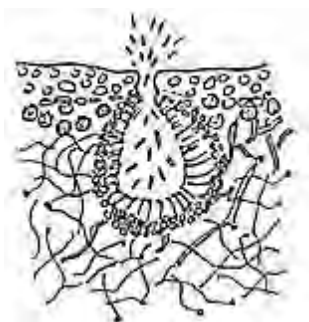


## Picnidios

Son estructuras diminutas, esféricas o en forma de botellas usualmente ubicadas dentro del talo. Se pueden observar cómo puntos oscuros en la superficie del talo al poro apical y parte de su estructura. Los conidios se generan en su interior, a partir de hifas especializadas, llamadas conidióforos. Son esporas asexuadas. (Judkevich et al., 2005)

## Figura 22

*Esquema de corte longitudinal de un picnidio*



## Reproducción sexual

En gran parte de los líquenes, los ascos o ascas y las ascosporas están contenidos en los ascomas. Las hifas haploides e hifas ascogenas dicarióticas conforman a los ascomas, dando lugar a los ascos que junto con las parafisis estériles (hamatecio) forman el himenio. Entre los ascos y hamatecio está la gelatina himenial, que mantiene cohesionados y que suele diferenciar una capa

(epitecio) rica en pigmentos y cristales; todo ello está rodeado por un excipulo de hifas estériles, organizado a partir de distintos tipos de plecténquimas con estructuras más o menos compleja, que les permite mantenerse erguidos en el medio aéreo. (Barreno & Pérez, 2003)

Existen variedades de ascomas de acuerdo a su anatomía y morfología, guardan similitud a los de los hongos no liquenizados en su estructura; pero se diferencian en los líquenes porque son bastante perennes, tienen un valor taxonómico por su organización y su patrón de desarrollo. Los tipos de ascomas que se encuentran con frecuencia son: peritecios, apotecios, mazedios y lirelas.

### ***Peritecios***

Son formaciones inmersas en el talo, con formas más o menos esféricas, que tienen un poro central en el ápice conocido como ostiolo por el cual las esporas se liberan. Los Pseudotecios son una variante similar, pero sin himenio (Judkevich et al., 2005).

## **Figura 23**

*Esquema del peritecio*



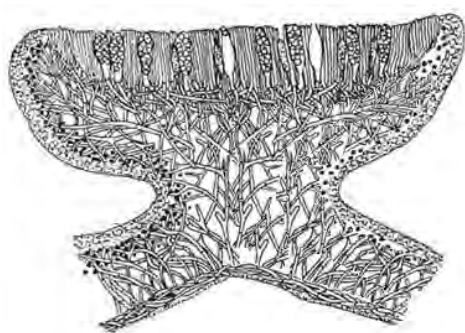
### ***Apotecios***

Posee la forma de una copa abierta donde el terció (capa esporogena) constituye una superficie visible. Un apotecio típico está compuesto de un epitecio, himenio, hipotecio, excipulo

y córtex. Los líquenes con apotecios discoides se denominan gimnocarpicos (Judkevich et al., 2005).

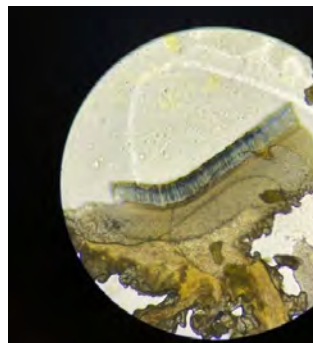
**Figura 24**

*Esquema de corte longitudinal del apotecio.*



**Figura 25**

*Corte longitudinal del apotecio, vista al microscopio óptico*

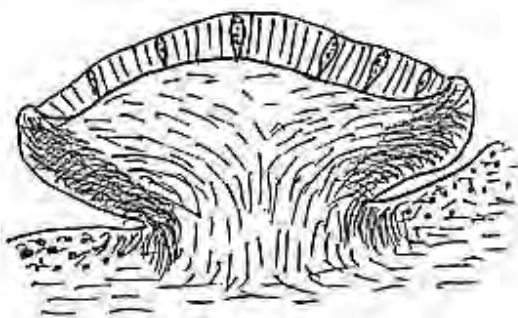


#### **- Apotecios lecidineos**

Esta constituido solo por tejidos fungosos, caracterizado por la presencia de un margen propio de igual color del disco y sin margen talino. (Judkevich et al., 2005)

**Figura 26**

*Corte longitudinal de Apotecio. (Judkevich et al., 2005)*



**Figura 27**

*Vista superficial de los apotecios.*

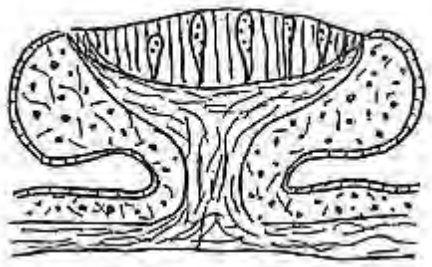


- *Apotecios lecanorinos*

En los bordes presentan una capa talina revestidas de algas. Se resalta el borde talino de tonalidad blanca. Judkevich et al., 2005

**Figura 28**

*Esquema de corte longitudinal de apotecios.*



**Figura 29**

*Fotografía de vista superficial de apotecios.*



***Lirelas***

Presentan el himenio en forma alargada, crecimiento lateral. Ejemplo en la familia Graphidaceae

**Figura 30**

*Vista abaxial de lirelas en Phaeographis sp.*





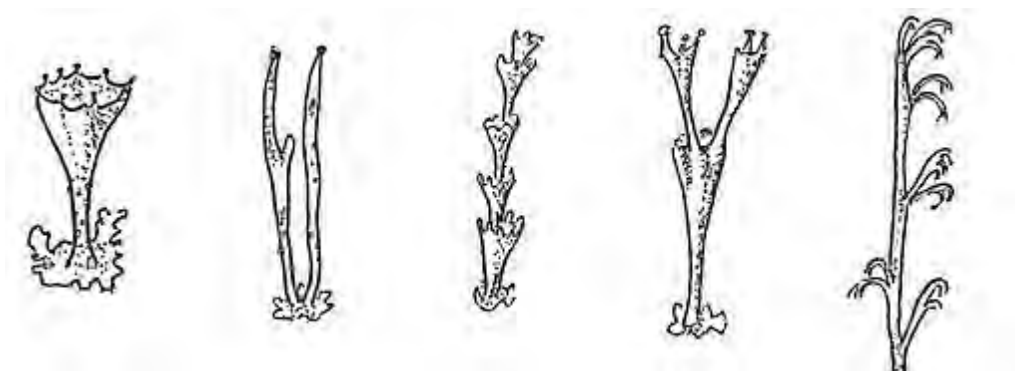
### 1.2.6.7. Estructura de elevación

#### Podecio

Es la modificación en el péndulo del apotecio, el cual se alarga notablemente y es característico de la familia Cladoniaceae. Muchas veces está cubierto de tejido asimilador del talo, formando una estructura erguida, infundibuliforme e incluso ramificada. (Judkevich et al., 2005).

#### Figura 31

*Esquemas de diferentes formas de podecio en Cladoniaceas.*



### 1.2.7. Fisiología

Los talos líquénicos son poiquilohidros que se adaptan al medio atmosférico desecante, tienen crecimiento lento, pueden vivir bastante tiempo, el micobionte obtiene los hidratos de carbono a partir de los que produce el fotobionte y tienen la habilidad de habitar en medios muy extremos. Estas particularidades demandan un metabolismo y una fisiología altamente precisa y original, además de un ajuste de las estructuras anatómicas y morfológicas vinculadas con el funcionamiento. (Barreno & Pérez, 2003)

Los talos son capaces de resistir periodos constantes de humectación y desecación sin que las proteínas de la membrana se desnaturalicen de los simbiontes, ni se altere el funcionamiento de las mitocondrias o plastos. El liquen actúa como un sistema ecológico, realiza la fotosíntesis



requerida para el crecimiento del talo; el fotobionte necesita suficiente cantidad de luz, en situaciones de excesiva iluminación se activa el mecanismo de protección, además la anatomía o sustancias específicas del córtex son las encargadas de desecar el talo y de esta manera proteger el aparato fotosintético, esto sucede generalmente en los líquenes de zonas áridas. (Barreno & Pérez, 2003)

Captan agua por medio de la absorción del vapor de agua de la atmosfera o de forma líquida. Los fotobiontes verdes se pueden hidratar hasta la saturación y de esta manera alcanzar una fotosíntesis neta positiva, la humedad relativa del aire superior al 85%. Sin embargo, para los líquenes con cianobacterias requieren de la presencia de agua líquida para llegar al mismo rendimiento, que está relacionado con la falta de oxígeno para la fijación del N atmosférico. De esta manera se entiende que los cianolíquenes se encuentran comúnmente en climas lluviosos; por otro lado, existe una gran parte de los líquenes que no soportan estar embebidos por mucho tiempo en agua, alcanzando el rendimiento máximo fotosintético cuando se hidratan alrededor del 80% de su peso seco y decreciendo por encima de esta cifra. De esta manera los líquenes pueden alcanzar un porcentaje óptimo de hidratación a partir del rocío de la mañana formando una condensación. La fotosíntesis alcanza rápidamente un máximo, pero también se declina muy rápido cuando aumenta la intensidad lumínica, la temperatura y la deshidratación del talo. El liquen permanece inactivo hasta que se rehidrate al día o las próximas horas, es por ello que, con estas bajas tasas fotosintéticas, el crecimiento es muy lento. (Barreno & Pérez, 2003)

Barreno & Pérez, (2003) señalan un dato importante sobre la difusión de gases en el interior del talo, principalmente del CO<sub>2</sub> que es importante para la fotosíntesis, es por ello que la medula es de carácter hidrófoba, porque proporciona espacios llenos de aire para la fijación de CO<sub>2</sub> por parte del fotobionte. También se añade como la biomasa del hongo suele ser mucho mayor que la

del fotobionte, si está completamente hidratado respirará mucho más y la fotosíntesis no podrá compensar el gasto energético.

Los líquenes tienen la capacidad de acoplar sus procesos básicos a las distintas condiciones externas de su habitar, toleran el estrés térmico, son capaces de soportar bajas temperaturas en verano o altas en invierno al mismo tiempo, la temperatura es un factor limitante si el talo está hidratado. (Barreno & Pérez, 2003)

El transporte de agua hacia el fotobionte parece estar restringido a las paredes celulares del hongo, se realiza principalmente a partir del córtex superior; el córtex inferior parece tener escasa conductibilidad de agua, sin embargo, desempeña un papel importante en la retención de agua al exterior del talo al igual que algunos de los órganos apendiculares. (Barreno & Pérez, 2003)

Un aspecto fundamental de la simbiosis es el metabolismo del carbono, el transporte de los productos fotosintetizados desde el fotobionte al hongo; en el caso de las algas verdes el producto transferido es ribitol, las cianobacterias ceden glucosa, donde el micobionte lo transforma en manitol que no puede reconvertirse en compuestos disponibles para el fotobionte. (Barreno & Pérez, 2003)

Los cianolíquenes tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, también contribuyen de forma muy importante en el ciclo de este elemento en numerosos ecosistemas, en climas húmedos donde apenas hay leguminosas, el aporte liquénico es imprescindible, como también en medios muy oligótrofos o en zonas desérticas. (Barreno & Pérez, 2003)

### **Sustancias Liquénicas**

Más de 700 metabolitos secundarios exclusivos de líquenes fueron identificados, conocidos como sustancias líquénicas. Entre ellos se encuentran los ácidos grasos alifáticos; que son ácidos débiles con anillos fenólicos, derivados de las series de orcinol y del B-orcinol: paradepsidos,

metadepsidos, depsidonas, depsonas; esteres bencílicos, dibenzofuranos, ácidos usnicos, xantonas, antraquinonas, terpenoides y derivados del ácido pulvinico. Hay dos rutas fundamentales para la síntesis de estos compuestos: 1. Del ácido shikimico to polimalonato, que es la más utilizada. Estas sustancias son rasgos fundamentales en la taxonomía actual de los líquenes, dado que la mayoría de ellos se producen a través de la simbiosis, la mayoría se acumula en la parte externa de la pared de las hifas de la medula, la capa del fotobionte o el córtex. (Barreno & Pérez, 2003)

Entre las sustancias liquénicas más conocida y comunes son: atranorina, parietina, ácido usnico, vulpinico y rizocarpico, algunas liqueenxantonas; en la medula; los ácidos: lecanorinos, giroforico, fumarprotocetrarico, protocetrarico, norestictico, estictico, psoromico, salazinic, rododadonico, tamnolico, barbatico, escumático, etc.

Hay sustancias que se encuentran exclusivamente en el córtex y en el epitecio, como son el caso de las cinco primeras. Además, excepto la atranorina, proporcionan colores específicos: como el ácido usnico da una coloración verde amarillenta (*Usnea*, *Xanthoparmelia*, *Ramalina*), la parietina desde amarillo anaranjado a rojo ferruginoso (*Caloplaca*, *Xanthoria*) y el ácido rizocarpico es amarillo vivo (*Rhizocarpon*, *Acarospora*, *Pleopsidium*). (Barreno & Pérez, 2003)

Algunos compuestos poseen propiedades como la hidrofobia del ácido fumarprotocetrarico, que se sintetiza con mayor frecuencia en especies de ambientes húmedos o expuestos a la contaminación acida; o la hidrofilia del ácido norestictico, que es más frecuente en los líquenes de climas xéricos. Aunque tienen un papel importante en la defensa del talo frente a las infecciones de microorganismos, la alteración de los sustratos o protección frente a ciertas radiaciones u oxidaciones. Sin embargo, se desconocen las verdaderas funciones de estas sustancias. Es importante destacar que en medios heliófilos y nitrofilos predominan las especies con parietina, o en los hábitats muy soleados y expuestos, son los ácidos usnicos, rizocarpico y vulpinico los más

comunes. Un dato importante es que los líquenes resintetizados en laboratorio no suelen producir ni ácido usnico, ni atranorina, lo que podría sugerir el papel que tienen estas sustancias en la protección del aparato fotosintético de las algas frente a las radiaciones ultravioletas. (Barreno & Pérez, 2003)

### **Los test micro químicos para la identificación**

Muchas sustancias presentes en los líquenes pueden observarse a simple vista gracias a los colores que muestran al reaccionar con diferentes reactivos químicos o por la fluorescencia que emiten cuando se exponen a radiaciones ultravioleta de longitudes de onda de 254 nm o 366 nm. Estos caracteres no son suficientes para la separación entre las especies, pero son de gran valor en la identificación de las mismas. (Barreno & Pérez, 2003)

Los test de coloración con reactivos se han venido usando regularmente en Liquenología desde el siglo pasado y se pueden realizar por la adición directa (Con micropipetas o pincel fino) de unas gotas de los mismos en el talo, en el apotecio, soracios, etc. Aunque en ciertos casos en los que las sustancias a detectar se encuentran en zonas muy determinadas, se requiere la observación microscópica de una sección del líquen, poniendo una gota del reactivo en uno de los lados del cubreobjetos y en el otro una pequeña pieza de papel filtro para favorecer el paso. (Barreno & Pérez, 2003)

Los reactivos que se suelen utilizar son:

**- K (solución 10% de KOH en agua).** La coloración varía entre amarillo a rojo o pardo. Es también útil ya que al hacer aplastamientos disuelve la gelatina de las estructuras del micobionte. En algunos casos, se usa Lugol antes, para que se pueda observar mejor las zonas amiloides de los ascos (K/I, IKI). El ácido norestrictico se puede identificar muy bien con K porque

es el inicio que forma cristales microscópicos ríos, la paritina se detecta por la intensa reacción roo violácea (Barreno & Pérez, 2003).

- **C (lejía comercial sin diluir)**. Las coloraciones viran rosas, rojas, naranjas o verdes, en ocasiones la reacción es fugaz y se debe observar cuidadosamente; se utiliza para detectar los ácidos lecanorico y giroforico cuando da rojo sangre más o menos fugaz. Se deteriora fácilmente. (Barreno & Pérez, 2003)

- **KC o CK**. Se aplica primero un reactivo seguido del otro, sirve para detectar el ácido alectórico o ácido fisódico.

- **PD (cristales de parafenilendiamina disueltos en alcohol)**. Las coloraciones van desde le amarillo al rojo ferruginoso. Es muy volátil y mancha a piel, la ropa y el papel. Debe usarse con precaución, ya que es un probado carcinógeno. Por ello, como alternativa, se puede utilizar la solución de Steiner, que es más estable y puede usarse por un periodo de 3-4 meses (1g de parafenilendiamina, 10g de sulfito de sodio, 5 ml de detergente y 100 ml de agua). La atranorina reacciona dando un color amarillo que se torna rojizo, pero también el ácido fumarprotocetrarico. (Barreno & Pérez, 2003).

- **I (Solución iodada, 1,5% de I en 10% de IK=Lugol, o bien más ligera solo 0,5-1% de I)**. Da coloraciones azuladas, verdosas o rojizas se usa para la diferenciación de las estructuras del asco (paredes, tholus, capa periascal) o de la gelatina del himenio. Se puede usar sola o en distintas combinaciones con K. Cuando la coloración es muy intensa se debe pasar agua para diluir y poder observar mejor las estructuras. También se usa como reactivo en algunas estructuras talinas o esporas. (Barreno & Pérez, 2003)

- **N (solución acuosa al 50% de ácido nítrico)**. D un color rojo purpura con ciertos pigmentos de los apotecios o de los talos; verde esmeralda en el epitecio de las Aspicilia y sirve

para diferenciar *Melamelia* de *Neofuscelia*, pues la segunda produce un tono verde azulado con los pigmentos corticales al añadirle este reactivo. (Barreno Rodriguez & Pérez Ortega, 2003).

**Tabla 1**

*Algunas sustancias líquénicas más frecuentes y reacciones que producen con los reactivos más comunes y bajo la luz ultravioleta (Brodo et al 2002)*

Química	PD	K	C	KC	UV
<b>Ácidos grasos</b>					
Ácido caperático	—	—	—	—	—
Ácido protoliquesterínico	—	—	—	—	—
<b>Dépsidos del orcinol</b>					
Ácido evérnico	—	—	—	—	B
Ácido girofórico	—	—	RS	R	±B
Ácido lecanórico	—	—	R	R	—
Ácido meroclorofeico	—	—	RS-V	RS-V	±B
Ácido olivetórico	—	—	R	R	B
Ácido perlatólico	—	—	—	—	B
Esfaeroforina	—	—	—	—	B
<b>Depsidonas del orcinol</b>					
Ácido alectorónico	—	—	—	R	B
Ácido lobárico	—	—	—	R/V	B
Ácido fisódico	—	—	—	RS	±B
<b>Dépsidos del β-orkinol</b>					
Atranorina	A pálido	A pálido	—	—	-/±B débil
Ácido bacomicésico	A intenso	A pálido	—	-/A	A
Complejo ácido barbático	—	—	-/N	—	±B
Ácido escumático	—	—	—	—	B
Ácido tamnólico	N	A intenso	—	—	—
<b>Depsidonas del β-orkinol</b>					
Argopsina	N-R	—	—	—	—
Ácido fumarprotocetrárico	R	±M	—	—	—
Ácido norestíctico	A-N	R oscuro	—	N/A	—
Pannarina	N	—	—	—	—
Ácido fisodálico	R-N	-/±M	—	—	—
Ácido protocetrárico	R-N	—	—	RS	—
Ácido psorómico	A brillante	—	—	—	B
Ácido salacínico	N	R oscuro	—	N/A	—
Complejo ácido estíctico	N	A	—	—	—
<b>Dibenzofuranos y ácidos úsnicos</b>					
Ácido pannárico	—	—	OI-VE	OI oscuro-VE	—

Ácido úsnico	—	—	—	A-N	AT
<b>Xantonas</b>					
Artotelina	—	—	N	N	—
Liquenxantona	—	—	—	—	A
<b>Antraquinonas</b>					
Paríetina	—	RV	—	—	—
<b>Triterpenoides</b>					
Zeorina	—	—	—	—	—
<b>Ácido pulvínico y derivados</b>					
Calicina	—	_/RS	—	—	N oscuro mate
Ácido rizocárpico	—	—	—	—	N
Ácido vulpínico	—	—	—	—	—

A= Amarillo; AZ= Azul; B= Blanco; ±B= Blanquecino; N= Naranja; Ol= Oliváceo; AT= Atenuación; ±M= Parduzco; R= Rojo; RS= Rosa; V= Violáceos; VE= Verde

### 1.2.8. Biogeografía y Ecología de los líquenes

Los líquenes son en su mayoría organismos atmosféricos que consiguen agua y nutrientes principalmente a través del aire, y solo una pequeña parte del sustrato. Esto lo distingue de otros hongos o plantas, que usualmente tienen una fuerte dependencia del sustrato. Como resultado, los líquenes pueden habitar una extensa variedad de sustratos, ya sea suelo y piedras hasta la corteza de plantas de madera y hojas vivas, y desarrollarse en superficies artificiales como hormigón, cristal, plástico y tela. De la misma manera, han logrado dominar prácticamente todos los hábitats terrestres, e incluso han colonizado especies acuáticas tanto de agua dulce como marina, controlando biomas completos como la tundra, los desiertos costeros y la Antártida. Durante mucho tiempo se creyó que numerosas especies de líquenes tenían una extensa distribución, en algunas situaciones siendo cosmopolitas; no obstante, investigaciones de ADN han indicado que esto casi nunca es así y en cambio muchas especies poseen áreas de distribución más reducidas y específicas, similares a las plantas. Moncada & Lucking (2021).

Los líquenes secos captan la humedad directamente del aire sin necesidad de que esta se condense primero. En general, la cantidad de líquenes, especialmente aquellas especies que crecen sobre rocas o cortezas de árboles, está estrechamente vinculada con la humedad del ambiente.

Los líquenes cumplen un papel esencial en la naturaleza, ya que son los primeros en colonizar muchos ecosistemas rocosos. Inician la descomposición superficial de las rocas y la acumulación de partículas, lo que favorece la formación de suelo adecuado para el desarrollo de diversos organismos como musgos y plantas vasculares, permitiendo también la llegada de invertebrados y pequeños vertebrados. Además, algunos líquenes son importantes porque fijan el nitrógeno atmosférico y lo aportan al suelo, integrándose así en el ciclo del nitrógeno de los ecosistemas.

El tipo de sustrato determina la distribución y el crecimiento de los líquenes. Se puede afirmar con certeza que estos organismos pueden desarrollarse sobre cualquier superficie que reciba buena iluminación, como rocas, cortezas de árboles o el suelo. Aunque no son muy exigentes en cuanto a humedad y temperatura, sí muestran una alta especificidad respecto al sustrato donde crecen. Por ejemplo, los líquenes que habitan en los árboles son diferentes de los que se encuentran en las rocas, y también varían entre los que crecen sobre rocas silíceas y aquellos que se desarrollan sobre rocas calcáreas. Moncada & Lucking (2021).

Hay líquenes que prefieren sustratos ricos en nitrógeno y se encuentran en zonas frecuentadas por personas. Debido a su capacidad para absorber y acumular diversas sustancias del ambiente, la mayoría de los líquenes no soportan la contaminación. La acumulación de estos compuestos y la dificultad para eliminarlos ralentizan su crecimiento, dificultan su reproducción e incluso pueden causarles la muerte. De esta forma los líquenes se consideran indicadores naturales



o bioindicadores de la contaminación atmosférica  
(<http://biologiavegetalupel.blogspot.com/2008/07/los-lquenes.html>)

### ***1.2.9. Distribución***

Los líquenes son asociaciones biológicas muy extendidas, presentes en una gran variedad de hábitats que abarcan desde la región Ártica hasta la Antártica, incluyendo todas las zonas intermedias. Su distribución es amplia, encontrándose desde las zonas polares hasta el ecuador, desde el nivel del mar hasta las cumbres más altas de las montañas, y en ambientes muy húmedos como selvas y bosques lluviosos, donde comúnmente crecen como epífitos sobre la corteza de los árboles o sobre las hojas. Se encuentran sobre rocas en zonas desérticas, donde compiten con otros organismos; sobre capas de lava solidificada en Hawái; en sustratos helados de las regiones polares; sobre la corteza de árboles y las hojas de plantas, especialmente en los trópicos; y en prácticamente cualquier hábitat imaginable, desde los mármoles de las minas en una de las islas griegas del Egeo hasta la cima de los gigantescos abetos de Douglas en Oregón, Estados Unidos. Aunque a veces se piensa que los líquenes como xerofitos o mesófitas, varias especies, que se encuentran exclusivamente en la Costa son acuáticos (Alexopoulos, 1985).

Los líquenes crecen sobre superficies bien iluminadas en sustratos rocosos; pero la mayoría son específicas en lo que se refiere al tipo de sustrato. Estos líquenes suelen habitar en regiones frías y secas, aunque también se encuentran en las orillas de ríos y lagos. Muchos géneros alcanzan su mayor diversidad en las zonas tropicales. Diversos factores influyen en su distribución, entre los que destacan el agua, la temperatura y la luz. Además, algunos líquenes se localizan con mayor frecuencia en áreas cercanas a las poblaciones humanas. (Ejemplo: *Xanthoria parietina* (L.) Beltr., *Caloplaca* Th. Fr.), se encuentran sobre rocas visitadas con frecuencia. Unos pocos se

encuentran cerca del mar (Ejemplo: *Verrucaria* Scop.) ubicados a lo largo de las costas rocosas (Scagel B. 1980).

Se considera que la distribución de los líquenes sigue patrones similares a los de las plantas vasculares en cuanto a zonación, aunque los géneros de líquenes tienden a abarcar áreas más extensas. Los modelos de distribución de líquenes sugieren su posible antigüedad y parecen estar vinculados con la tectónica de placas. Resulta particularmente interesante que, en casos de disyunciones geográficas muy distantes, como entre el Mediterráneo y el sureste de Norteamérica, la comparación se haga a nivel específico, mientras que en las plantas vasculares se realiza a nivel de género. Esto indica que la simbiosis liquénica ha sido un éxito evolutivo que, en muchos casos, no ha requerido una mayor diferenciación. Solo algunos géneros, como *Ramalina*, *Niebla* Rundel & Bowler o *Xanthoparmelia*, presentan numerosos endemismos con áreas de distribución más limitadas. Además, es sorprendente que la vegetación de alta montaña sea similar en ambos hemisferios, norte y sur. Los líquenes tropicales se extienden por zonas oceánicas y térmicas del mundo templado como *Diploicia subcanescens* (Werner). Sin duda, el análisis biogeográfico de las áreas actuales de las especies liquénicas puede contribuir al esclarecimiento de los modelos de distribución de rangos taxonómicos medios (géneros, familias) de las plantas vasculares, al poner de manifiesto los conjuntos florísticos más antiguos como son los líquenes (Alexopoulos, 1985).

#### ***1.2.10. Importancia de los líquenes***

##### **Líquenes como biofertilizantes y reguladores de agua**

Los líquenes desempeñan un rol crucial en el funcionamiento de los ecosistemas en los que residen. Son líderes en la sucesión primaria y secundaria de estructuras vegetales, colaborando en el desmoronamiento de sustratos abióticos como rocas y la formación de suelos, pero también promoviendo el desarrollo de plantas epífitas en la corteza de los árboles. Numerosos animales

residen en áreas creadas por los talos liquénicos o las utilizan como sustento; en la tundra boreal, los líquenes pertenecientes a los géneros *Cladia* y *Cladonia* constituyen la única fuente de alimento para los caribús durante la estación invernal. Moncada & Lucking (2021)

Frecuentemente, los nidos de las aves llevan líquenes, utilizando la presencia de sustancias antibióticas para resguardar tanto a los huevos como a los polluelos recién nacidos. No obstante, la función principal de los líquenes radica en su rol como biofertilizantes y en la regulación de los flujos de agua y los niveles de humedad en la vegetación. Las cianobacterias se encuentran entre los escasos organismos capaces de capturar nitrógeno atmosférico. Estos líquenes, que generan una gran biomasa, constituyen la principal fuente de nitrógeno para el ecosistema, especialmente en zonas con escasez de nutrientes como los páramos. Moncada & Lucking (2021)

Especialmente los talos liquénicos de los macro líquenes foliosos y gelatinosos tienen la capacidad de guardar hasta diez veces su peso seco en agua; de esta manera, mantienen el nivel de humedad ambiental en la vegetación tras intensas precipitaciones y contribuyen a prevenir la erosión del suelo. En ecosistemas gobernados por líquenes, tales como la tundra y los desiertos costeros fríos y calientes, también desempeñan el papel de principales productores primarios. En otros ecosistemas donde generan alta biomasa, compiten con éxito con plantas vasculares como helechos, orquídeas y bromelias, contribuyendo de esta manera a la diversidad de estas comunidades. Moncada & Lucking (2021)

### **Líquenes y su utilización por el hombre**

Muchas sustancias liquénicas fueron conocidos en la antigüedad por su interés farmacológico, bromatológico, industrial, etc. Algunas pueden generar reacciones alérgicas como dermatitis de contacto y eccemas. Actualmente, los líquenes desempeñan un papel relevante en la

industria de la perfumería de alta calidad y en la farmacéutica, que está en busca de nuevas moléculas orgánicas con propiedades antibacterianas, antivirales y anticancerígenas.

### **Uso medicinal**

Se origina de su eficacia en el tratamiento de catarros, gripe, hemorragia y hematomas. *Cetraria islándica* también conocida como liquen de Islandia, fue ampliamente empleada en las montañas cantábricas y actualmente se utiliza en la farmacopea europea, donde se comercializan pastillas y tes contra la tos y la congestión alveolar. Sin embargo, las características antibióticas y antivirales de numerosos compuestos liquénicos, en particular del ácido úsnico, que intervienen en el desacoplamiento de la fosforilación oxidativa del metabolismo celular y fueron descubiertas por el profesor español F. Bustinza; son sumamente efectivas ya que las células animales son menos susceptibles a este antibiótico que los microorganismos. otros se suministran como antiinflamatorios no esteroideos, debido a que no tienen los efectos secundarios adversos de las cortisonas. La actividad antitumoral de algunos polisacáridos liquénicos (homoglucanos D) ha despertado el interés por los géneros *Umbilicaria*, *Lobaria*, *Usnea* y *Sticta*, en la lucha contra algunos tipos de cáncer.

### **En el campo de la perfumería**

Las especies comúnmente utilizadas son *Pseudovernia furfuraceae* y *Evernia prunastri*, las cuales poseen las características de tener esencias estables, aportan un aroma a tierra fresca y brindan notas bajas de los perfumes de calidad, que no se pueden adquirir mediante síntesis. Su uso en este campo se incrementa a pesar de su alto costo. Dado que se requieren volúmenes de líquenes para obtener extractos, si no se regula su recolección, el impacto ambiental podría ser significativo y debido a la lentitud de crecimiento de los líquenes resulta complicado que se

regenera la cobertura original. Además, se utilizan en la producción de perfumes y productos cosmetológicos como jabones, cremas y desodorantes.

### **Tintes naturales**

Los líquenes no requieren mordiente, por ende, no perjudican las fibras naturales y además las resguardan contra la influencia de microorganismos e insectos, esto garantiza que los tejidos no se empolillan y duren bastante tiempo en degradarse. El famoso rojo purpura de las túnicas romanas se derivan de *Rocella* (orchillas), particularmente frecuentes en las zonas costeras de las Islas Canarias, motivo por el cual se llevaron a cabo múltiples expediciones desde el antiguo imperio romano. En Escocia, los tonos rojizos se conseguían a partir de *Ochrolechia tartarea*, pero para los tonos pardos empleaban *Pseudoevernia furfurácea* y *Parmelia omphalodes* que ambos otorgaron a los paños ingleses reconocimiento mundial. Para conseguir las gamas de los tonos rosados a malvas las especies de *Umbilicaria* son excelentes (Rather et al, 2018).

### **Uso alimenticio**

Aunque el contenido nutritivo de los líquenes es limitado, en varias culturas son consumidos como alimentos. Además de producir harinas, se preparan pudines y dulces e inclusive bebidas alcohólicas, en cuyo caso los líquenes se utilizan como fermentadores, saborizantes o como fuente de azúcares. Especialmente en Asia, líquenes como el "iwatake" ("hongo de roca", una especie de *Umbilicaria*) constituyen una exquisitez, y especies relacionadas también se han consumido históricamente en Norteamérica. Indígenas de la Amazonia usaron líquenes del género *Dictyonema* en rituales mágico-religiosos. Moncada & Lucking (2021)

Es importante resaltar que algunos líquenes se han usado como potentes venenos; es el caso de *Letharia vulpina* o *Bryoria tortuosa*, que viven como epífitos en zonas frías y cuyos rápidos y energéticos efectos, debido al ácido vulpinico, son ya leyenda. (Barreno & Pérez, 2003)

Los líquenes tienen una contribución importante a la formación de los suelos en ecosistemas donde predominan el sustrato rocoso. La capacidad de penetración de las hifas del hongo en la roca libera cantidades considerables de minerales a través de periodos largos, los cuales junto a la materia orgánica muerta de los líquenes forman suelos que son luego colonizados por otros microorganismos. También son importantes en la fijación de nitrógeno atmosférico gracias a las cianobacterias que participan en la simbiosis liquénica y su posterior incorporación en el suelo o en las cadenas tróficas en las que los líquenes participan. Este proceso de fijación del nitrógeno cobra importancia a nivel planetario si se considera que son muy pocos los organismos que poseen la capacidad de fijación de este elemento primordial en la elaboración de proteínas (Brodo et al. 2002).

### **Líquenes como biomonitoreos de la calidad ambiental**

Los líquenes se utilizan como bioindicadores para evaluar la calidad del aire, debido a que obtienen la mayoría de sus nutrientes directamente de la atmósfera. Además, son muy sensibles a los contaminantes presentes en el aire, como el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, el dióxido de carbono y los metales pesados.

En contraposición a las plantas, los líquenes carecen de una serie de estructuras activas que controlen el ingreso y egreso de agua y gases, por lo que provoca que los contaminantes presentes en la atmósfera se condensan en su interior. Algunas de los atributos que los convierten en excelentes bioindicadores incluyen: un talo resistente que carece de cutícula protectora, permite que la superficie quede expuesta al aire, facilitando el flujo libre de líquidos y gases hacia su interior y no dependen del sustrato donde se encuentran para su nutrición. Líquenes y contaminación «Artículos Educativos». (2021, junio 10).

### ***1.2.11. Sustrato en el que desarrollan los líquenes***

El sustrato al cual se adhieren o sobre el cual crecen los líquenes es de naturaleza muy variable, es así que según al tipo de sustrato donde se desarrollan los líquenes pueden ser:

- **Saxícolas**

En los sustratos rocosos, los líquenes pueden clasificarse como epilíticos cuando no penetran en el sustrato y se adhieren a la superficie de las rocas mediante sus hifas, como ocurre en los géneros *Caloplaca* y *Lecanora*. Estos últimos sí penetran en la roca, realizando un ataque químico mediante ácidos y sustancias liquénicas, siendo las rocas calcáreas las más susceptibles a este proceso. Los líquenes saxícolas (crecen sobre las rocas) intervienen probablemente en las primeras etapas de la formación del suelo (Alexopoulos, 1985).

- **Cortícolas**

Se desarrollan sobre superficies leñosas o con corcho; dentro de este grupo se encuentran los líquenes epífitos, como *Teloschistes* y *Physcia*, entre otros. Los líquenes epífitos son especialmente abundantes en las regiones tropicales. También están los líquenes cortícolas o corticícolas, que crecen sobre la corteza de los árboles, donde se desarrollan líquenes foliosos, fruticosos y crustáceos epifloédicos, es decir, aquellos crustáceos que tienen un cierto grado de penetración en las capas externas de la corteza (súber o corcho), conocidos como endofloédicos.. Los líquenes epífitos posiblemente pueden dañar el forófito por taponamiento de las lenticelas o por hospedar insectos dañinos, pero no ha sido probado como efecto serio extendido (Chaparro & Aguirre; 2002).

- **Muscícolas**

Se desarrollan sobre musgos, como *Sticta*.

- **Terrícolas y humícolas**

Sobre la tierra o el humus como en *Cladonia*, *Peltigera*.

- **Folícolas**

Sobre hojas, frecuentes en las regiones tropicales

### ***1.2.12. Taxonomía y clasificación***

Los líquenes se clasifican de acuerdo al tipo de hongo que los componen. Las algas unicelulares, como las verdes del género *Trebouxia* o *Coccomyxa*, y las verdeazuladas, como *Nostoc* y *Scytonema*, entre otras, son ejemplos comunes. A diferencia de los sistemas antiguos que se basaban en uno o pocos caracteres, como el color y la septación de las esporas, en la actualidad se emplea un conjunto más amplio de características consideradas importantes para la clasificación de los Ascomycota liquenizados, tales como:

- Caracteres derivados del asco, principalmente la estructura de los ápices, incluyendo el tipo de dehiscencia.
- Caracteres derivados de los ascomas o carpóforos respectivamente, tales como ontogenia, tipos de tejidos, carbonización, presencia o ausencia de paráfisis, perífisis u otro tipo de filamentos himeniales.
- Caracteres derivados de las esporas, especialmente formación de la pared.
- Características de picnidios.
- Características químicas de las sustancias liquénicas.

Estructura del talo y forma de crecimiento,

- Rasgos ecológicos
- Caracteres biogeográficos

#### **1.2.12.1. Clasificación de los Líquenes**



El Código Internacional de Nomenclatura Botánica indica que los nombres asignados a los líquenes corresponden al micobionte. Por esta razón, se priorizan los caracteres derivados del hongo, que debe clasificarse dentro del grupo adecuado según sus similitudes con otros hongos, ya sean liquenizados o no. Los hongos liquenizados son muy frecuentes entre los Ascomycota, pero son mucho menos comunes en los Basidiomycota.

### ***1.2.13. Líquenes en Perú***

Un elemento fundamental para un estudio como este es el conocimiento taxonómico de los organismos involucrados. En el caso de Perú, el inventario elaborado por Tassilo Feuerer incluye 231 especies de líquenes, basándose en material recolectado por 26 colectores y en la revisión de entre 10 y 50 publicaciones relevantes, de un total aproximado de 75 existentes. Pero la mayoría de estas publicaciones son de carácter taxonómico con reportes ocasionales y no contienen claves ni descripciones para los taxones. (Brodo, 2002).

En los reportes provenientes de países vecinos como Ecuador, Colombia, Brasil, Bolivia y Chile es posible constatar que existe una gran diversidad de especies, de las cuales es muy probable que muchas se encuentran también en nuestro país, ya que Perú comparte algunos de sus ecosistemas con los países vecinos. (Brodo, 2002).

El inconveniente radica en que, debido a la falta de especialistas y registros precisos de las identificaciones, la información disponible sobre este tema es escasa. Hasta ahora, el conocimiento sobre las especies que causan impactos negativos en los materiales líticos ha sido bastante limitado. Con respecto a los líquenes de la zona alto andina de Perú existe aún menos información, afortunadamente muchas especies están distribuidas ampliamente en los Andes de Sudamérica y también ocurren en zonas menos elevadas del hemisferio Norte, de modo que se pueda utilizar otras publicaciones como referencia para su identificación, mencionado por (Brodo, 2002).

## CAPITULO II

### AREA DE ESTUDIO

#### 2.1 UBICACIÓN POLITICA

A través de la Resolución Suprema N° 050-2003-ED, emitida el 1 de octubre de 2001, y la Resolución Nacional N° 512 del mismo año, se declaró oficialmente como Parque Arqueológico de Choquequirao a un área de 522.878.30 has con un perímetro de 367.09 ml. El Parque Arqueológico de Choquequirao está situado entre los departamentos de Cusco, específicamente en la provincia de La Convención (distritos de Santa Teresa y Vilcabamba) y la provincia de Anta (distrito de Mollepata), así como en el departamento de Apurímac, en la provincia de Abancay (distritos de San Pedro de Cachora y Huanipaca). Este parque constituye una unidad político-administrativa clave para la gestión de los recursos culturales y abarca zonas arqueológicas que corresponden a distintos períodos históricos, se sitúa en la cordillera oriental del Sur del Perú, conocida localmente como cordillera de “Vilcabamba”. La zona arqueológica de Choquequirao, propiamente dicha, está compuesta por diversos conjuntos arqueológicos, presenta sitios monumentales y no monumentales relacionados entre sí, lo cuales se hallan distribuidos entre el abra de Capuliyoq y el abra de Cerro Victoria, cerca de los poblados de Cachora y Yanama. Ubicado a 3105 m.s.n.m (Echevarría et al, 2019)

- Región : Cusco
- Provincia : La Convención
- Distrito : Santa Teresa
- C. Campesina : Yanama
- Sectores : X Paqchayoq y XI Paraqtepata (subsector H)

### Limites

- Norte: con los distritos de Kimbiri, Echarate, Santa Ana y Maranura.
- Sur: con los distritos de Huanipaca, San Pedro de Cachora, Curahuasi (Apurímac), Mollepata y Limatambo (Anta)
- Este: con los distritos de Huayopata, Machupicchu y Ollantaytambo
- Oeste: con los distritos de Chungui y Pacobamba del departamento de Apurímac.

### 2.1.1 Coordenadas Geográfica

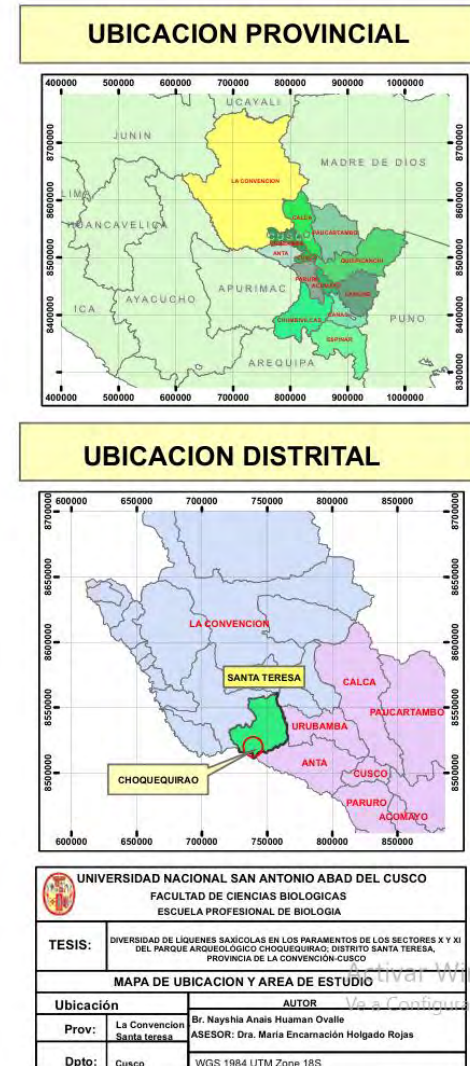
**Tabla 2**

*Ubicación geográfica de los sectores X Paqchayoq y XI Paraqtepata*

Región	Provincia	Distrito	Sector	Zona	Longitud (Y)	Latitud (X)	Altitud m.s.n.m
Cusco	La Convención	Santa Teresa	X Paraqtepata	18L	731168.15	8518122.59	2700
			XI Paqchayoq (H)		730836.33	8518033.23	2500

Figura 32

Mapa de ubicación del área de estudio



## 2.2 ACCESIBILIDAD

Se accede al Conjunto Arqueológico de Choquequirao por seis rutas. La ruta usada con mayor frecuencia inicia en el centro poblado de San Pedro de Cachora, en la provincia de Abancay, se ingresa mediante una trocha carrozable que parte del Kilómetro 151 de la carretera asfaltada Cusco- Abancay; continua por el Abra Capuliyoc donde inicia el camino de herradura, pasando por diferentes caseríos como Cocamasana y Chiquisca, hasta llegar a la Playa Rosalinas (Rio Apurímac), donde comienza la subida hacia Santa Rosa Baja y Alta, Marampata, Sunchupata, pasando el Rio Chunchumayo para finalmente llegar a los Sectores X Paraqtepatá y XI Paqchayoq del Parque Arqueológico de Choquequirao.

**Tabla 3**

*Rutas de acceso*

<b>Ruta</b>	<b>Zona</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tiempo</b>
1	Cusco-San Pedro de Cachora (Abancay)-Capuliyoc-Playa Rosalinas-Marampata-Choquequirao	31.80km	11h
2	Cusco Huancalle (Vilcabamba)- Yanama- Choquequirao	70 km	28h.20'
3	Cusco-Huanipaca (Abancay)-Tambobamba-C.C Kiuñalla-Caserío San Ignacio- Choquequirao.	64km	14h 30'
4	Cusco- Mollepata-Salkantay-Yanama- Choquequirao.	135.5km	40h 50'
5	Cusco- Machupicchu- Choquequirao	82.99 km	34h 20'
6	Cusco- Santa Teresa-Yanama- Choquequirao	76.54km	28h 40'

## 2.3 CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

### 2.3.1 Geografía

El Parque arqueológico de Choquequirao geográficamente está situada en la vertiente oriental de la cordillera de Vilcabamba, a una altitud aproximada de 3050m.s.n.m., en una zona de transición ecológica entre los Andes y la Amazonia. Esta ubicación le atribuye un entorno geográfico complejo y diverso, caracterizado por una topografía abrupta con profundos cañones (como el Rio Apurímac) y una densa cobertura vegetal.

El paisaje de Choquequirao es notorio por sus pendientes pronunciadas, terrazas naturales y microclimas, que resulta de la interacción entre la altitud, la orientación solar y la humedad que proviene de la selva alta. Esta diversidad ecológica, permitió adaptar las prácticas agrícolas mediante la construcción de andenes y sistemas hidráulicos complejos, a los antiguos habitantes. La geografía del sitio no solo fue aprovechada para el desarrollo productivo, sino también con fines simbólicos y ceremoniales, ya que el diseño arquitectónico se integra armónicamente con el entorno natural, reflejando la cosmovisión andina sobre el equilibrio entre el ser humano y la naturaleza.

### Sectores o conjuntos arqueológicos

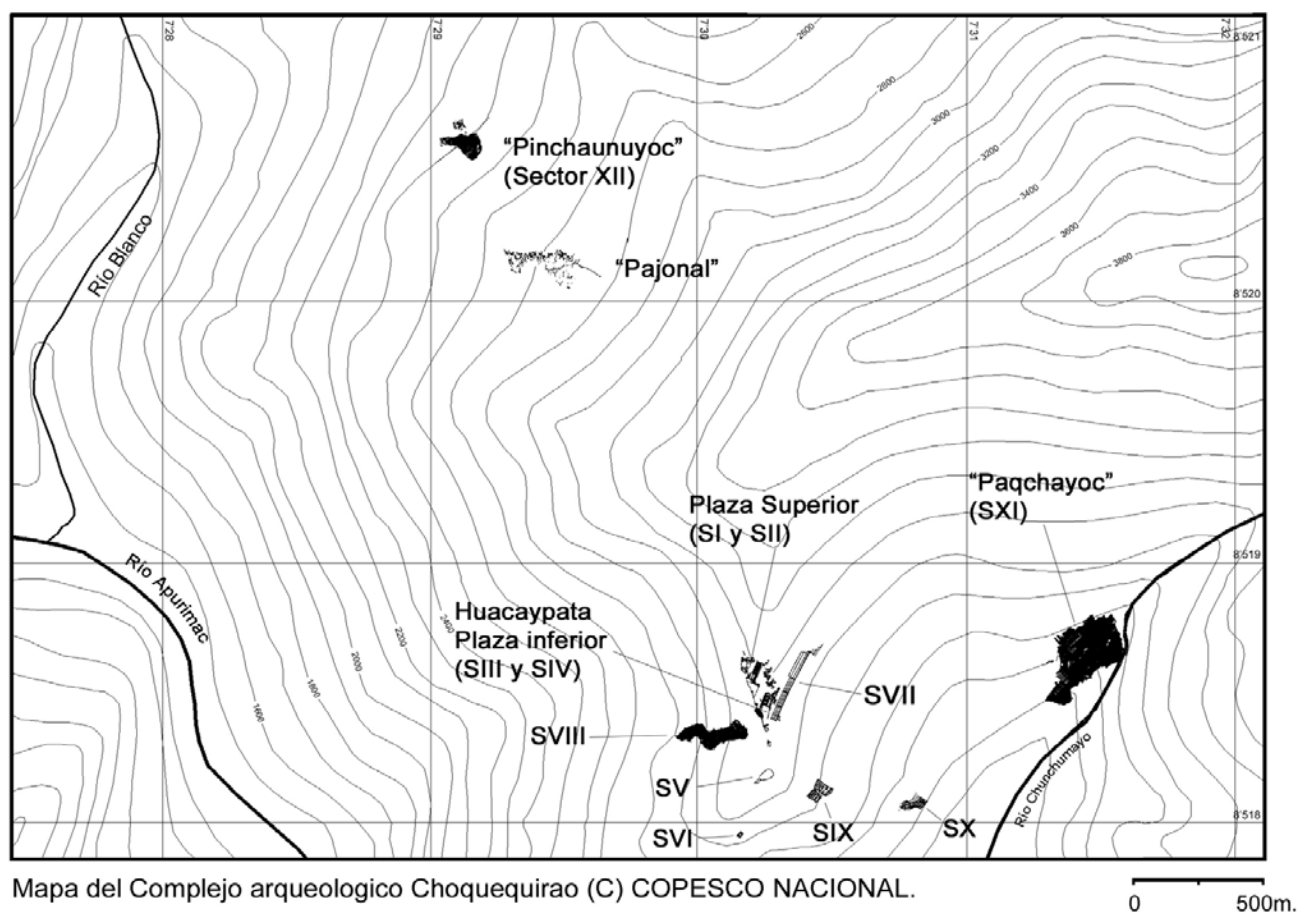
Según las intervenciones realizadas por el Proyecto Especial Regional Plan COPESCO, muestran un conjunto arqueológico conformado por diversos sectores, cuya organización espacial responde a la dualidad del Hanan y del Urin, integrados a la naturaleza y la topografía de la zona. donde destacan recintos destinados a templos, administración, viviendas, talleres, depósitos o *qolqa*, así también hay andenes de cultivo de función estructural con canales, fuentes, escalinatas y otros que hacen del monumento uno de los principales atractivos turísticos de la región.

Todas las estructuras arquitectónicas han sido ejecutadas en mampostería de piedra, en algunos casos ligeramente canteados y pulidos, asentados con mortero de tierra arcillosa en aparejo horizontal, vertical y oblicuo. Los elementos pétreos del cual están compuestos los muros, en general, fueron extraídos de las diferentes canteras de la zona y corresponden a rocas metamórficas denominadas esquisto micásico. (Jimenez & Salas, 2020)

### Figura 33

*Sectorización de las principales áreas arqueológicas de Choquequirao. Basado en COPESCO.*

*(Echevarría et al, 2019)*





### Sector X: P'araqtepata

Ubicado en una pendiente menos empinada del flanco oriental, al tener una orientación este y una inclinación moderada, recibe mayor radiación solar matutina de forma directa. La estructura más abierta y menos sombreada favorece la iluminación sostenida en horas tempranas del día. El diseño de la estructura y arquitectura es más simple y centrado a la agricultura (Echevarría, & Alccacontor, 2019).

Este sector presenta un sistema de andenes de cultivo conformado por 18 terrazas distribuidas en cuatro columnas, dos escaleras que las comunican. Asimismo, tiene conductos de agua que desembocan en una fuente situada en el área central.

Un detalle particular que llama la atención es que los sistemas de andenes fueron contruidos mediante manufactura fina, que son muy diferente a los otros sistemas de andenerías en toda la zona arqueológica. En la actualidad todos los andenes están restaurados. (Echevarría, & Alccacontor, 2019)

### Figura 34

*Sistema de andenes de Paraqtepata*





## **Sector XI: Paqchayoq**

Se extiende sobre una ladera mucho más empinada, también del flanco oriental, pero con profundos cortes de terreno y estructura en terrazas verticales. La pendiente pronunciada y presencia de estructuras elevadas o fuentes genera sombras prolongadas entre terrazas, especialmente en la parte baja. Aunque reciba sol matutino, tiene zonas con menor exposición directa, especialmente porque existen obstáculos topográficos cercanos.

Al este del conjunto arqueológico de Choquequirao, en la ladera del cerro que lleva el mismo nombre y en la margen derecha del río Chunchumayo se encuentra el conjunto arqueológico de Paqchayoq. Este está compuesto por una infraestructura agrícola que incluye terrazas de cultivo distribuidas en nueve subsectores constructivos diferenciados. Todo el sistema de andenes está conectado mediante escalinatas y caminos peatonales, y cuenta con canales de agua diseñados de manera destacada, lo que evidencia un manejo experto de la ingeniería agrícola y del recurso hídrico en una zona de terreno accidentado. Uno de los recintos importantes es la edificación llamada “Casa del arariwa” o “Casa del inca provincial” ubicada en la parte central de los andenes, conformada por un templo, fuentes de agua y el espacio destinado a la vivienda, probablemente esta casa había sido utilizada de carácter ritual, sobre todo en épocas de siembra y cosecha (Samanez y Zapata 2003). Este recinto tiene una arquitectura impresionante, diseño muy logrado y detalles originales (lajas voladas en los techos). Se dice también que el sacerdote era responsable del cuidado de los campos de cultivo, (Jimenez & Salas, 2020) Paqchayoq es un impresionante proyecto de infraestructura multifuncional agrícola, ceremonial y residencial, incluye espacios para vivienda y actividades rituales lo que sugiere una función más compleja, el sistema hidráulico y más elaborado con fuentes y canales ceremoniales. (Echevarría & Alccacontor, 2019).

El subsector H fue el área de interés, al ser un espacio casi prístino, aun sin el proceso de restauración. Cuenta con un total de 71 andenes. Este sector este compuesto por dos secciones, la primera sección denominado como H1 que tiene un total de 42 andenes, con una longitud de 18 metros. La segunda sección es H2 conformado por 29 andenes.

### **Figura 35**

*Andenes de Paqchayoq en proceso de restauración*



#### **2.3.2 Geodinámica**

El complejo arqueológico de Choquequirao registra problemas de deslizamientos por consecuencias de las lluvias, pendientes abruptas y diferentes sistemas de fracturas, así como la apertura y ampliación de accesos hacia el conjunto arqueológico y otros sectores (COPESCO,2004, como se cita en Ingemet.gob.pe, s/f).

A continuación, se presenta en el siguiente cuadro los diferentes fenómenos geodinámicos:

**Tabla 4**

*Resumen de Fenómenos Geodinámicos en las zonas de estudio. (COPESCO, 2013, como se cita en Jimenez & Salas, 2020, p. 41)*

Tramo	Descripción
Paraqtepata	<p>Afectado por el deslizamiento antiguo. Conformado por micas-esquistos intercaladas con gneis, las cuales están fracturadas y diaclasadas. Los buzamientos son casi verticales con pendientes abruptas.</p> <p>Los andenes se encuentran ubicados entre la falla inversa y otra falla dextral. Los buzamientos de fracturas están proclives al talud, lo cual favorece el desprendimiento de rocas. Hacia la margen izquierda de los andenes, se encuentra un farallón producto de las fallas, con fracturas verticales en el basamento rocoso.</p>
Paqchayoq	<p>Los taludes son abruptos a muy abruptos lo que ha provocado deslizamientos y huaycos. El sitio arqueológico fue afectado por el huayco. El riesgo es latente, ya que existe material de transporte en la parte superior de la quebrada.</p>

### **2.3.3 Hidrología**

En el Parque Arqueológico de Choquequirao se encuentran nevados importantes como el Choquetacarpó, Sacsarayoc, Padreyoc y Qorihuayrachina que aún mantienen nieves perpetuas. El drenaje de las aguas provenientes de las cumbres es importante para el mantenimiento de los

ecosistemas y la formación de diversas microcuencas de peculiares características. (Jimenez & Salas, 2020).

El sistema hidrológico, para los sectores X Paraqtepata y XI Paqchayoc está conformado por el río Chunchumayo. que desemboca en el río Apurímac. En la época inca, las aguas fueron captadas mediante canales abiertos para ser utilizados en la agricultura, consumo y otros.

**Figura 36**

*Rio Chunchumayo*



**Figura 37**

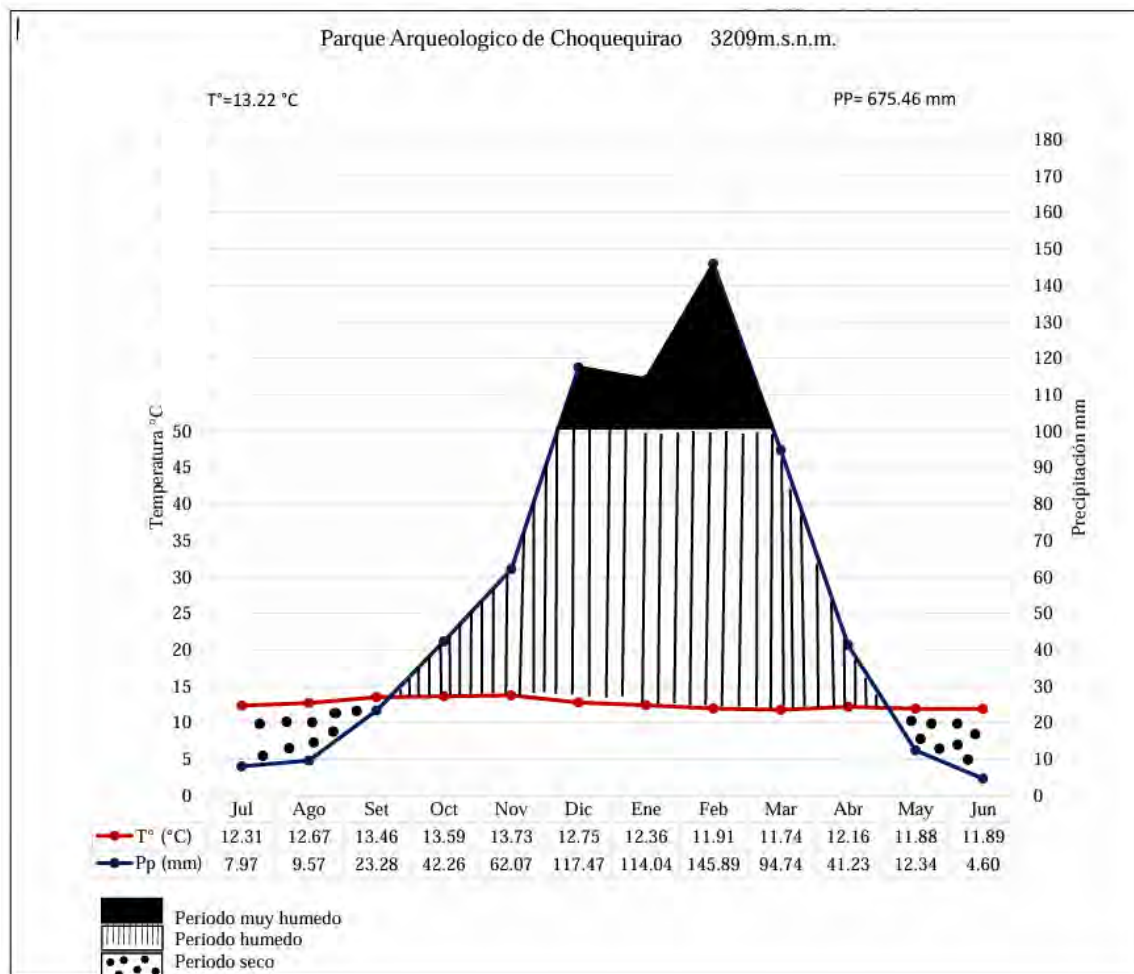
*Rio Apurimac*



### 2.3.5 Clima

El clima del Parque Arqueológico de Choquequirao se obtuvo a partir de los registros de la página NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources, durante el periodo 2010-2024, ubicado a 3209m.s.n.m., presenta una temperatura promedio anual que varía entre 11.74°C en los meses más fríos (marzo) y 13.73°C en los meses más cálidos (noviembre).

La precipitación muestra una marcada estacionalidad, la temporada de lluvias se da entre diciembre y marzo, con valores máximos de 145.89 en febrero y 94.74 en marzo.

**Figura 38***Climatodiagrama del parque arqueológico de Choquequirao*

La figura 38 de climatodiagrama del parque arqueológico de Choquequirao señala tres periodos bien definidos. El periodo seco de mayo a septiembre. El periodo húmedo de octubre a abril y el periodo muy húmedo de diciembre a marzo.

### **2.3.6 Zonas de vida**

De acuerdo con el “Mapa Ecológico del Perú” (ONERN, 1976) y considerando las principales características de distribución geográfica, clima, suelo, vegetación y uso de la tierra, se han identificado 2 zonas de vida para los sectores de Paraqtepatá y Paqchayoq

#### **2.3.6.2 Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MBS).**

Geográficamente, esta zona se localiza en los valles interandinos de su sección media, entre los 1,800 y 3,000 metros sobre el nivel del mar. Según el diagrama de Holdridge, la evapotranspiración potencial anual promedio varía entre la mitad y una cantidad equivalente al promedio anual de precipitación total, lo que sitúa a esta zona de vida dentro de la provincia de humedad denominada Humedad. El relieve predominante es mayormente inclinado, con pocas áreas de terreno plano, la mayoría de las cuales se encuentran en las laderas de los valles interandinos.

La vegetación natural está conformada por un bosque siempre verde, con árboles altos, que conviven con otras formas de vida natural como trepadoras, Bromelias y musgos que recubren los árboles.

### **2.3.7. Flora**

Está conformada por una gran variedad de plantas arbóreas, arbustivas, herbáceas, epifitas y trepadoras, pertenecientes a las familias como: Orchidaceae, Bromeliaceae, Melastomataceae, Asteraceae, Lauraceae y Rubiaceae. La presencia de especies endémicas y relictas, como las del género *Polylepis* y diversas orquídeas, otorga a este territorio un valor ecológico, científico y conservacionista significativo. Así mismo la flora de este parque constituye un componente esencial del paisaje natural y cultural, ya que contribuye con el equilibrio ecológico del área y reforzando su importancia como patrimonio biológico y arqueológico del sur andino peruano.

### 2.3.8. Fauna

La fauna es diversa gracias a la variedad de microclimas y altitudes presentes en la región.

Algunos de los animales que se encuentran en Choquequirao incluyen los grupos de:

#### **Mamíferos**

- Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*): especie emblemática de los Andes, categorizado Vulnerable (VU) Según la IUCN y la legislación peruana (MINAGRI,2014).
- Ocelote (*Leopardus pardalis*): se encuentra en el Apéndice I del CITES.
- Venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*): habita en áreas más abiertas.
- Puma (*Puma concolor*): un depredador que ocupa áreas extensas de los Andes.
- Zorro colorado (*Lycalopex culpaeus*): se encuentra en el Apéndice II del CITES.

#### **Aves:**

- Cóndor andino (*Vultur gryphus*): a menudo visto volando sobre los cañones de la región. Se encuentra En peligro critico (EN) de acuerdo al DS N° 004-2014-MINAGRI.
- Variedad de picaflores y pequeñas aves de colores iridiscentes y de vuelo rápido.
- Trogones y tucanes andinos: aves de colores vivos que habitan las zonas boscosas.

#### **Reptiles y anfibios**

- Lagartijas y algunas especies de serpientes propias de los Andes.
- Diversas ranas que se encuentran en los bosques húmedos de las laderas.

#### **Insectos**

Conformada por 400 especies distribuidas en 135 familias, siendo los más representativos los órdenes: Lepidóptera, Coleóptera, Díptera e Himenóptera. (Ochoa 2022).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 MATERIALES

##### *3.1.1. Material biológico*

- Líquenes saxícolas

##### *3.1.2. Materiales de campo*

- Cuadrante de 1m<sup>2</sup>
- GPS
- Cámara fotográfica
- Bolsas de papel
- Libreta de campo
- Lapiceros y Lápices
- Plumones marcadores
- Lupa de 30X
- Espátula

##### *3.1.3. Materiales de gabinete*

- Estereoscopio
- Microscopio electrónico
- Clave de identificación de líquenes
- Literatura especializada
- Porta y cubre objetos



- Agua y gotero
- Bisturí
- Estiletes
- Placas Petri
- Goteros
- Agua destilada
- Hidróxido de potasio al 10% (Prueba K)
- Lejía comercial sin diluir (Prueba C)
- Lugol

#### **3.1.4. Área de procesamiento**

Laboratorio de Micología Aplicada de la Escuela Profesional de Biología.

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo, porque se determina y analizan la riqueza, abundancia de especies de líquenes saxícolas con herramientas estadísticas y métricas ecológicas para analizar los datos en el tiempo.

### 3.2.2. Para la determinación de las especies y biotipos

#### 3.2.2.1. Fase de campo

##### Muestreo por conglomerados

El muestreo por conglomerados se realizó de acuerdo a Scheaffer et al (1987) tomando en cuenta el mínimo de población (10%) para ambos sectores, mediante la siguiente formula:

Paraqtepata	Paqchayoq
$n=26\%*54= 14$	$n=20\%*71= 14$

Donde:

$n=$  % de conglomerados\*muestreo total de conglomerados

##### Selección de los puntos de muestreo

Según los criterios de inclusión y exclusión (solo paramentos), se eligieron 14 muros arqueológicos, para la evaluación correspondiente, teniendo como universo los 54 y 71 muros de ambos sectores. muros posibles de ser elegidos.

##### Evaluación en los muros arqueológicos seleccionados

Se aplicó el método modificado de Mostacedo & Fredericksen (2000), a través de cuadrantes de 1m<sup>2</sup>, el cuadrante fue colocado en la parte media de los muros arqueológicos, con

el objetivo de registrar las especies que colonizan la parte superior e inferior de los muros. Seguidamente se realizó el conteo de todos los individuos de cada especie presentes en los líticos de los paramentos.

**Figura 39**

*Instalación del cuadrante en el sector de Paraqtepata*



**Figura 40**

*Muestreo por el método de cuadrante (Mostacedo & Fredericksen, 2000) en el sector de Paqchayoc*



### **Recolección de muestras**

Se colectaron las muestras líquénicas de la mayoría de especies registradas, de los diferentes biotipos: folioso, fruticuloso, gelatinoso y escamoso de los paramentos, considerando en lo posible que todos los especímenes colectados tuvieran sus estructuras fértiles, se empleó técnicas no destructivas, considerando el valor cultural que presentan los muros arqueológicos. Se realizó la colecta humedeciendo el talo líquénico con agua, extrayendo cuidadosamente de forma manual. En caso de los líquenes de biotipo crustoso, se tomaron datos insitu de las características macroscópicas, haciendo uso de una lupa de 30X, se colectó algunos fragmentos del talo o fueron colectadas alrededor del sector. para su posterior identificación, así mismo se tomaron fotografías.

### **Preservación de muestras colectadas**

Las muestras colectadas fueron secadas al ambiente, evitando cualquier proceso de humectación, seguidamente fueron almacenadas en bolsas de papel debidamente rotuladas para su traslado a gabinete.

#### **3.2.2.2. Fase de gabinete**

En esta fase se realizó la identificación de las muestras líquénicas colectadas y con todos los datos obtenidos en campo se procedió a realizar los cálculos correspondientes, así como: la composición de especies, identificación de los biotipos y el tratamiento estadístico.

### **Determinación de la composición de especies de líquenes saxícolas**

La determinación taxonómica se realizó en los laboratorios de Micología Aplicada-CIPHAM de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Con la ayuda de los equipos de gabinete como estereoscopio y microscopio, se examinaron y documentaron todas las características morfológicas, considerando aspectos como la forma de crecimiento del talo, su tamaño, forma, la distribución de los cuerpos fructíferos, los órganos de fijación, la aireación y los mecanismos de reproducción. También se realizaron cortes finos para luego ser observadas utilizando microscopio con aumentos de 10X, 40X y 100 X, se utilizó la plantilla de registro datos propuesta por Moreno et al (2007).

Además, se aplicaron pruebas químicas, como las que menciona Brodo et al. (2001); (Barreno & Pérez, 2003), Moreno et al (2007), Orange et al. (20019); Nash III et al. (2002)., de KOH, C, I, KC, observándose los cambios de color en el estereoscopio, tomando como prueba positiva (+) a la variación de color y negativo cuando no sufría ningún cambio.

De acuerdo a las características y datos observados de cada muestra se procedió a las revisiones de claves taxonómicas, se emplearon guías, claves y descripciones disponibles en la

literatura especializada, Gomez & Gomez (2017), Brodo (2003), Aragon (2010), Campos et al. (2008), Amo de Paz & Burgaz (2009), Moreno & Hernandez (2007) (Perez C. Lopez M-a & Lopez M-a E. 2003; Whirt V. et al 2004; Lücking, R.; Sipman H J. M. & Umaña L. (2006); Brodo I., Durand S. & S.Sharnotl (2001), (Sipman H. (2005); Barreno E. & Perez O. S.; (2003)) (Purvis, W.;(2000). También fueron revisados los ejemplares de líquenes depositados en el Centro de investigación y Producción de hongos alimenticios y medicinales- CIPHAM, consultas en herbarios virtuales como: Consorcio de herbarios de líquenes, Italic 8.0 y asimismo se consultó con especialistas de la facultad de Ciencias Biológicas-UNSAAC.

### **3.2.3. Para determinar la diversidad**

#### **3.2.3.1. Abundancia Relativa (Ab %)**

Permite identificar aquellas que por escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en número de especies, distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (Magurran, 1998).

La abundancia relativa se calcula como la proporción de especies respecto al total de los individuos registrados en campo (moreno et al.,2011).

$$Ab\% = \frac{ni}{N} \times 100$$

Donde:

Ab %: Abundancia relativa

ni: Número de individuos de la iésima especie

N: número de individuos totales en la muestra.

#### **3.2.3.2. Cobertura**

Para calcular el porcentaje de cobertura se utilizó el método de los cuadrantes. La división del cuadrante en 100 sub-cuadrantes cada uno de 100 cm<sup>2</sup> permite estimar visualmente con precisión dos índices de base: número de especies (riqueza específica) y porcentaje de cobertura vegetal de cada especie observada (Kent & Coker, 1992).

Para las líneas de intercepción, la cobertura relativa por especie se calcula por la siguiente fórmula:

$$CR = (Ie/It) \times 100$$

Donde:

CR = Cobertura relativa por especie

Ie = Sumatoria de intercepción de cada especie

It= Sumatoria de intercepción de todas las especies

### **3.2.3.3.Diversidad alfa**

Se utilizó índices de riqueza específica, índices de dominancia e índices de equidad. (Moreno, 2001).

#### **Índices de riqueza**

Dentro de este índice evaluamos los siguientes:

##### ***Riqueza específica (S)***

Es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en medir el número de especies, sin tomar en cuenta el valor o importancia de las mismas. (Moreno, 2001).

##### ***Índice de Margalef (Dmg)***

Es un índice que mide la riqueza de una zona específica, basado en la relación entre la distribución de los individuos y el tamaño total de la muestra. Valores inferiores a 2 son considerados como baja diversidad y valores superiores a 5 como alta diversidad. (Moreno, 2001).

$$D_{mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S: número de especies

N: número total de individuos

#### **Índices de dominancia**

Estos índices representan parámetros que se oponen al concepto de uniformidad dentro de la comunidad. Toman en cuenta a las especies con mayor valor de importancia sin tomar en cuenta la contribución del resto de las especies. (Moreno, 2001).

### ***Índice de Simpson***

Este índice indica la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar de una muestra pertenezcan a la misma especie, y está fuertemente condicionado por la prevalencia de las especies más dominantes. El índice de Simpson calcula la diversidad alfa en una determinada zona de estudio (Moreno, 2001). Está definida:

$$\lambda' = \sum_{i=1}^i p_i^2 \qquad I = \sum p_i^2$$

Donde:

Pi = abundancia proporcional proporción de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. (Moreno, 2001).

El rango de valores del índice de Simpson va desde 0 (baja diversidad de especies), aun máximo de  $(1 - 1/s)$  donde “s” es el número de especies. Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno, 2001).

***Índice de Simpson 1-D (o 1-D):*** Representa la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una comunidad pertenezcan a especies diferentes. Se calcula como  $1 - D$ .

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

El valor del índice también oscila de 0 a 1, donde 0 indica dominio máximo y 1 indica diversidad máxima. También se conoce como índice de diversidad. Según Lande, 1996, manifiesta que su valor es inverso a la equidad (citado en Moreno, 2001).

### **Índice de equidad**

Algunos de los índices de diversidad más conocidos se basan principalmente en el concepto de equidad y, por lo tanto, se analizan en esta sección. (Moreno, 2001).



### ***Índice de Shannon – Wiener ( $H'$ )***

Este índice refleja la uniformidad en los valores de importancia entre todas las especies de la muestra y mide el nivel promedio de incertidumbre al intentar predecir a qué especie pertenecerá un individuo seleccionado al azar de una colección. Adquiere valores de cero cuando hay una sola especie y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995, citados por Moreno, 2001). Calcula la diversidad alfa para una determinada zona de estudio y está definida:

$$H' = \sum_{i=1}^i p_i \log(p_i) \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

Ni: número de individuos de la especie i.

N: número total de individuos

Pi: Proporción del número de individuos de la especie y con respecto al total ( $n_i/N$ ).

S: riqueza de especies

### ***Curva de rango abundancia***

Las curvas de rango abundancia, grafican el valor “pi” de cada especie y el rango de dicha especie, con valores menores de la variable “pi”, disminuye directamente (Carmona- Galindo, V.D. 2013)

Entre más elevado sea la riqueza y/o la equitatividad de especies, la curva de rango-abundancia se aproxima a un pendiente plano ( $m=0$ ). Entre más pobre la riqueza y/o equitatividad de especies (es decir, entre más dominancia por pocas especies existe en un hábitad) más empinado se vuelve la pendiente de la curva rango- abundancia ( $m<0$ ) (Carmona-Galindo, V.D. 2013).

### 3.2.3.4. Diversidad beta

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). Es una medida de la variación de especies entre diferentes tipos de comunidades o hábitats y, por tanto, corresponde a la proximidad espacial de diferentes comunidades y hábitats. (Halffter G., 2005).

la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.) (Magurran, 1988; Wilson y Shmida, 1984; citados en Moreno, 2001).

#### Índices de similitud

Los coeficientes de similitud se han empleado ampliamente especialmente para comparar comunidades con otros atributos similares (Diversidad beta). Además, es útil para comparar las comunidades de vegetación de micro sitios distintos (Moreno, 2001).

Expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras (Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995; Pielou, 1975; citados en Moreno, 2001). Sin embargo, a partir de un valor de similitud ( $s$ ) se puede calcular fácilmente la disimilitud ( $d$ ) entre las muestras:  $d=1-s$  (Magurran, 1988). Estos índices pueden obtenerse con base en datos cualitativos o cuantitativos directamente o a través de métodos de ordenación o clasificación de las comunidades (Baev & Penev, 1995).

***Índice de Morisita- Horn (I M-H)***

El índice de Morisita indica el grado de similitud entre dos muestras considerando tanto la composición de especies como su abundancia. El índice de coincidencia de Morisita emplea la estructura poblacional para determinar la similitud entre zonas (Moreno, 2001).

Se define como la probabilidad que dos individuos extraídos de cada población sean las mismas (Moreno, 2001).

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a n_i * b n_j)}{(d a + d b) a N * b N}$$

Donde:

**$a n_i$** : Número de individuos de la especie A

**$b n_j$** : Número de individuos de especie B

da:  $\sum a n_i^2 / a N^2$

db:  $\sum b n_j^2 / b N^2$

aN: Número de individuos en el sitio A

bN: Número de individuos en el sitio B

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 DETERMINACIÓN DE ESPECIES DE LÍQUENES SAXÍCOLAS PRESENTES EN LOS PARAMENTOS DE LOS SECTORES X Y XI DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO DE CHOQUEQUIRAO

De la evaluación de los dos sectores X y XI ubicados en la margen derecha del Río Chunchumayo se registró un total de 50 especies de líquenes saxícolas distribuidas en 7 Ordenes y 13 Familias y 26 géneros. Los órdenes con mayor número de especies fueron: Lecanorales con 25 especies, Caliciales con 11 especies y Peltigerales con 8 especies. Las familias con mayor número de especies fueron: PARMELIACEAE con 19 especies, PHYSCIACEAE con 9 especies y LOBARIACEAE con 6 especies.

##### *4.1.1 Composición de los líquenes saxícolas de los sectores X y XI del Parque Arqueológico de Choquequirao*

El registro de líquenes saxícolas presentes en los Sectores X Paraqtepata y XI Paqchayoq fue de 8409 individuos, donde 4606 corresponden al sector X Paraqtepata y 3803 individuos corresponde al sector XI Paqchayoq. (Tabla 5, Figura 54 y 55).

Tabla 5

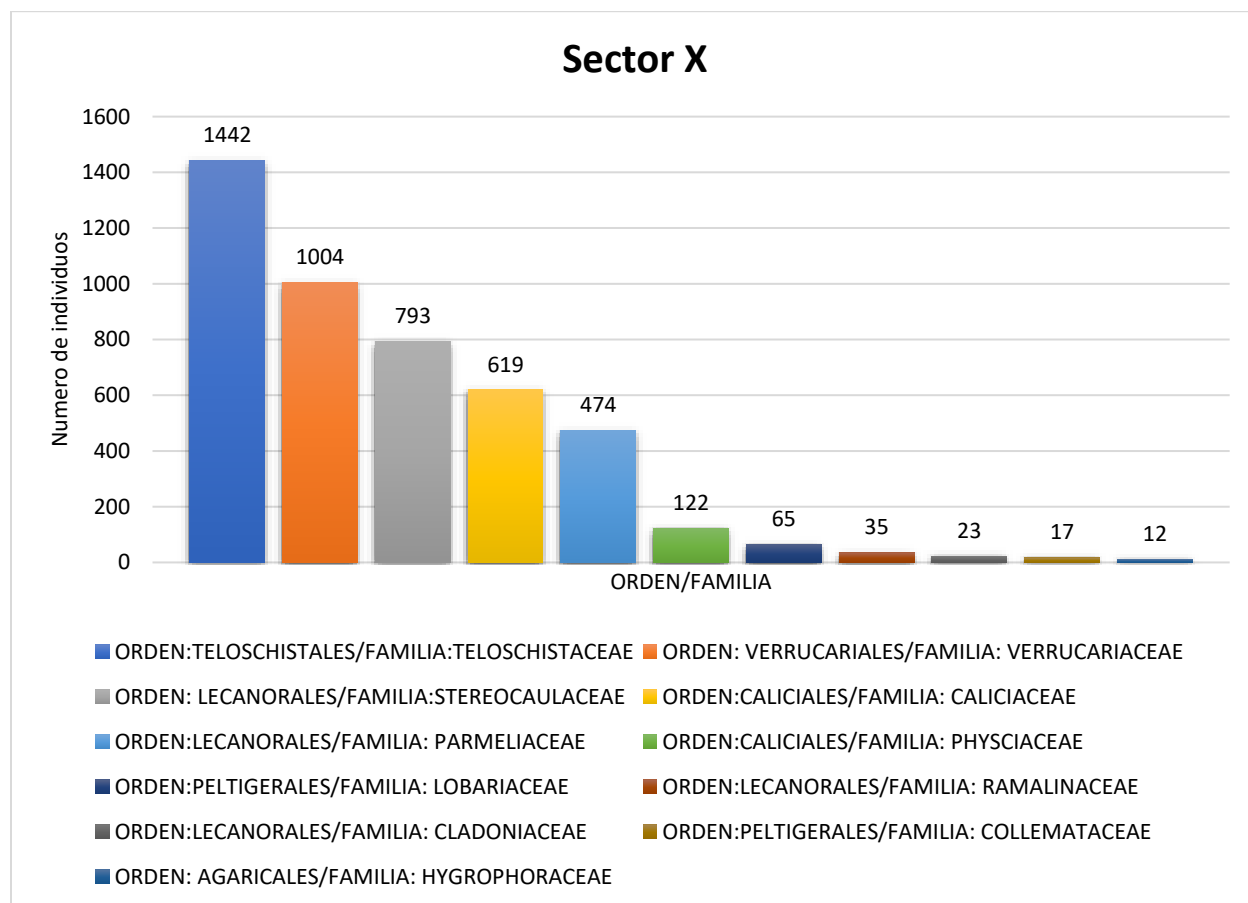
Número de individuos presentes en los Sectores X y XI

Nº	Orden	Familia	Especie	Sector X	Sector XI	Nº De Ind
1	AGARICALES	HYGROPHORACEAE	<i>Cora pavonia</i> (Weber & D. Mohr) Fr.	12	-	12
2		CALICIACEAE	<i>Buellia aethalea</i> (Ach.)	277	280	557
3			<i>Buellia stellulata</i> (Taylor) Mudd	342	404	746
4			<i>Anaptychia leucomela</i> (L.) A. Massal.	13	12	25
5			<i>Anaptychia setifera</i> (Mereschk.) Rasanen	17	10	27
6			<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	11	13	24
7	CALICIALES		<i>Heterodermia</i> sp	22	-	22
8		PHYSCIACEAE	<i>Heterodermia</i> sp1	-	7	7
9			<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevisan	17	7	24
10			<i>Phaeophyscia</i> sp	13	10	23
11			<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	18	-	18
12			<i>Physcia</i> sp1	11	4	15
13		CLADONIACEAE	<i>Cladonia</i> sp	23	0	23
14		LECANORACEAE	<i>Lecanora</i> sp	-	169	169
15			<i>Lecanora</i> sp1	-	189	189
16			<i>Everniastrum</i> sp Hale ex Sipman	13	6	19
17			<i>Everniastrum</i> sp1	12	-	12
18			<i>Everniastrum</i> sp2	11	-	11
19	LECANORALES		<i>Flavoparmelia sooredians</i> (Nyl.) Hale	47	6	53
20		PARMELIACEAE	<i>Flavopunctelia</i> sp	23	-	23
21			<i>Flavopunctelia</i> sp1	11	-	11
22			<i>Parmelia</i> sp	28	4	32
23			<i>Parmelia</i> sp1	15	7	22
24			<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	51	4	55
25			<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	52	3	55

26			<i>Parmotrema sp</i>	14	-	14
27			<i>Parmotrema sp1</i>	21	5	26
28			<i>Usnea barbata (L.) Weber ex F.H. Wigg</i>	19	4	23
29			<i>Usnea intermedia</i>	12	0	12
30			<i>Usnea subfloridana Stirt</i>	14	3	17
31			<i>Xanthoparmelia conspersa (Ehrh ex Ach)</i>	25	-	25
32			<i>Xanthoparmelia hypomeleana (Hale) Hale, E.</i>	27	-	27
33			<i>Xanthoparmelia incerta.(Kurok yFilson) Elix y J. Johnst</i>	33	25	58
34			<i>Xanthoparmelia sp</i>	46	5	51
35		RAMALINACEAE	<i>Ramalina celastri (Spreng.) A. Massal.</i>	35	7	42
36		STEREOCAULACEAE	<i>Lepraria finkii (B. de Lesd.) R. Harris</i>	299	422	721
37			<i>Lepraria incana (L.) Ach.</i>	494	353	847
38	LECIDEALES	LECIDACEAE	<i>Lecidea sp. Hale</i>	-	418	418
39		COLLEMATACEAE	<i>Collema sp</i>	8	-	8
40			<i>Leptogium sp</i>	9	4	13
41		LOBARIACEAE	<i>Pseudocyphellaria aurata (Ach.) Vain.</i>	18	3	21
42	PELTIGERALES		<i>Pseudocyphellaria clathrata (De Not.) Malme</i>	6	-	6
43			<i>Sticta sp</i>	15	1	16
44			<i>Sticta sp1</i>	7	-	7
45			<i>Sticta sp2</i>	9	-	9
46			<i>Sticta sp3</i>	10	-	10
47			<i>Caloplaca sp</i>	252	256	508
48	TELOSCHISTALES	TELOSCHISTACEAE	<i>Polyscauliona stellatta (Wetmore y Karnefelt)</i>	1147	474	1621
49			<i>Teloschistes flavicans (Sw.) Norman</i>	43	6	49
50	VERRUCARIALES	VERRUCARIACEAE	<i>Verrucaria nigrescens Pers</i>	1004	682	1686
<b>Total 7 ordenes 13 familias 50 especies</b>				<b>4606</b>	<b>3803</b>	<b>8409</b>

**Figura 41**

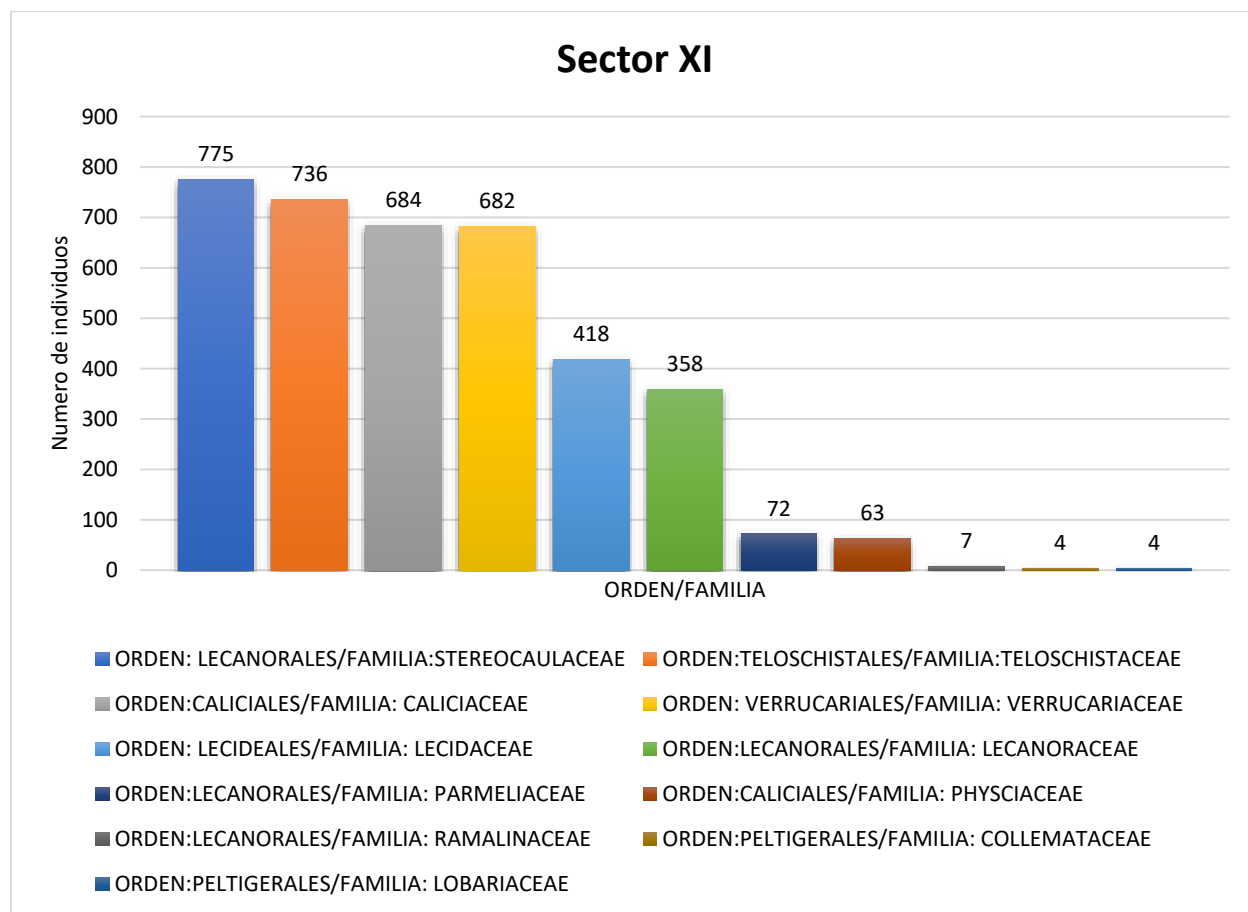
*Orden y número de individuos por familia del Sector X Paraqtepata*



En el sector X Paraqtepata, los órdenes con mayor número de individuos fueron: Teloschistales con la familia Teloschistaceae con 1442 individuos, Verrucariales con la familia Verrucariaceae con 1004 individuos y Lecanorales con la familia Stereocaulaceae con 793 individuos.

**Figura 42**

*Orden y número de individuos por familia del Sector XI Paqchayoq*



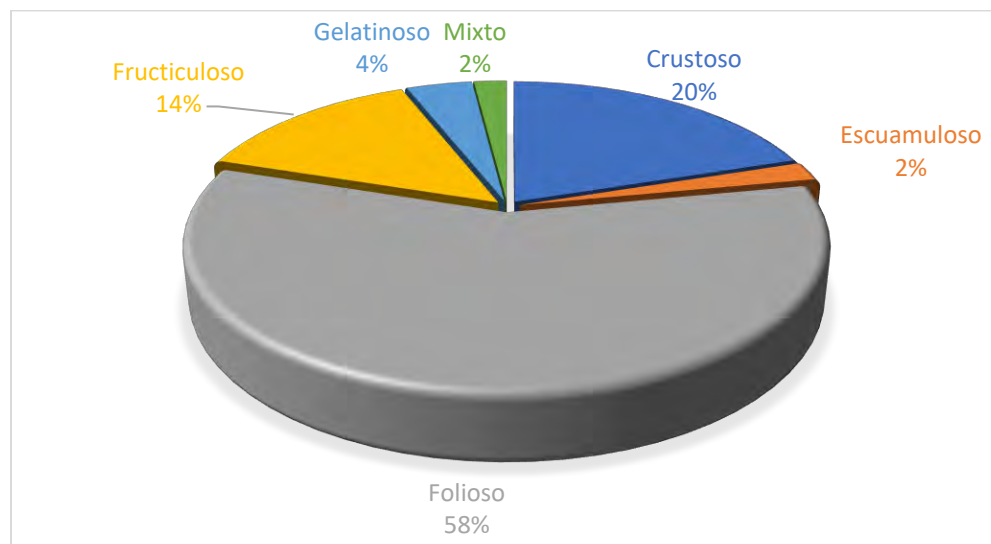
Para el sector XI Paqchayoq se registró 33 especies de líquenes saxícolas siendo los órdenes con mayor número de individuos: Lecanorales con la familia Stereocaulaceae con 775 individuos, seguidamente Teloschistales con la familia Teloschistaceae con 736 individuos y Caliciales con la familia Caliciaceae con 684 individuos.



## 4.2 IDENTIFICACION DE LOS LIQUENES SAXICOLAS POR BIOTIPO

**Figura 43**

*Distribución porcentual de los biotipos de líquenes saxícolas*



La figura 44 muestra el porcentaje de biotipos presentes en los sectores X y XI, se registraron 50 especies de líquenes saxícolas con un número total de 8409 individuos, los cuales pertenecen de acuerdo al crecimiento del talo en 6 biotipos, destacando los más abundantes los líquenes foliosos que representan un 58% con 29 especies, seguida del biotipo crustoso 20% con 10 especies, fructiculoso 14% con 7 especies, gelatinoso 4% con 2 especies, mixto (1 especie) y escuamuloso (1 especie) con un porcentaje de 2%.

### ***Líquenes Escuamulosos***

Familia: HYGROPHORACEAE

Género: Cora

Se caracteriza por tener un talo folioso sésil en forma de rosetas o laminas, la superficie del talo es de color verde oliva, pero se vuelve grisácea cuando está seca, la superficie inferior es clara y a veces con áreas blancas, pueden llegar a medir hasta 20 cm. Se encuentra zonas húmedas.

Especie: *Cora pavonia* (Weber & D. Mohr) Fr.



### ***Líquenes Foliosos***

Familia: PHYSCIACEAE

Género: *Heterodermia*

Líquenes foliáceos, con lóbulos estrechos, corticados, talo de crecimiento ascendente u horizontal poco adherido al sustrato, con cilios marginales o laminares a veces presentes, sin corteza inferior cara ventral generalmente blanca. Apotecios con bordes talinos. Las paredes de las esporas son gruesas. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 52)

Especie: *Heterodermia obscurata*



Especie: *Heterodermia speciosa*



Especie: *Heterodermia sp*



Especie: *Heterodermia spl*



Familia: PHYSCIACEAE

Género: *Phaeophyscia*

Se caracteriza por un talo folioso, medula blanca o roja anaranjada, corteza paraplectenquimatosa, apotecios lecanorinos con ascosporas de tipo *Physcia*, conidios elipsoides y falta de atranorina. Comprende unas 50 especies en todo el mundo. (Liu D, 2019)

Especie: *Phaeophyscia* sp



Familia: PHYSCIACEAE

Género: *Physcia*

Talo foliáceo generalmente adherido al sustrato; lóbulos angostos e irregulares, talo de color grisáceo, cara ventral lisa, pseudocifelas presentes o ausentes, rizinas ausentes o cortas y esparcidas, de amplia distribución. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 73)

Especie: *Physcia adscendens*



Especie: *Physcia* sp



Familia: PARMELIACEAE

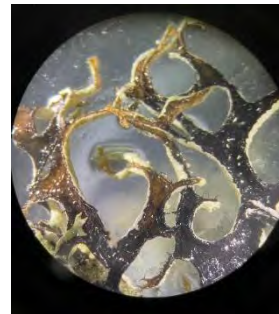
Género: *Everniastrum* Hale ex Sipman

Líquenes foliáceos, corticolas de talo aplanado, acanalados y de ramificación dicotómica. Corteza superior pálida, variablemente isidiada, con o sin cilios marginales, corteza inferior marrón hasta negra, con o sin rizinas. Apotecios poco frecuentes, esporas elipsoidales. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 52) (Moreno & Hernandez, 2007, p. 48)

Especie: *Everniastrum sp*



Especie: *Everniastrum sp1*



Especie: *Everniastrum sp2*



Familia: PARMELIACEAE

Género: *Flavoparmelia*

Talo folioso verde usnico, verde amarillento o gris pálido, arrugado en las zonas más longevas; sobre los árboles o rocas musgosas. Conocidos como “líquenes de escudo verde” los lóbulos son anchos, arrugados y superpuestos, de tamaño mediano a grande, la cara inferior



generalmente más oscura negra o marrón, en algunas especies se pueden encontrar soralios. Con rizinas, tienen una distribución cosmopolita. Reacción K- contiene ácido usnico en la corteza. El fotobionte Trebouxia.

Especie: *Flavoparmelia soledians* (Nyl.) Hale



Familia: PARMELIACEAE

Género: Flavopunctelia

Se caracterizan por presentar pseudocifelas en la cara superior, la cara superior es de color verde amarillenta, ácido usnico en la corteza y picnidiosporas bifusiformes (Alvarez & Guzman, 2009), se encuentran comúnmente en la corteza de los árboles y las rocas en regiones templadas y tropicales. Como característica distintiva tienen la presencia de pequeños isidios en forma de puntos en la superficie, lo que contribuye a su textura única y facilita su reproducción. Son indicadores de salud ecológica. (Rycenga, s.f.)

Especie: *Flavopunctelia* sp



Especie: *Flavopunctelia* spl



Familia: PARMELIACEAE

Género: *Parmelia*

Líquenes foliáceos que crecen sobre la corteza. Su talo presenta un color verde claro en estado húmedo y cambia a tonos blanco grisáceo, marrón o amarillento cuando está seco, con lóbulos bien formados en forma de roseta, y se adhiere al sustrato de manera débil mediante rizinas. Rizinas presentes hasta el margen del talo, manchas blancas (pseudocifelas) presentes en la corteza superior. Esporas hialinas. Fotobionte *Protococcus*. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 63)

Especie: *Parmelia sp*



Especie: *Parmelia spl*



Familia: PARMELIACEAE

Género: *Parmotrema*

Líquenes corticolas, foliáceos, talo de lóbulos anchos y apicalmente rotundos. Corteza inferior desnuda y lisa en una zona más o menos amplia a lo largo del margen. Cilios marginales ocasionales. Cuando están presente los apotecios son numerosos y bordes latinos. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 65)

Especie: *Parmotrema crinitum*Especie: *Parmotrema reticulatum*Especie: *Parmotrema sp*Especie: *Parmotrema spl*

Familia: PARMELIACEAE

Género: Xanthoparmelia

Líquenes saxícolas, foliáceos talos de color verde amarillo, lóbulos estrechos, con apéndices ligeramente hundidos. Presentan ácido usnico. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 84).

Especie: *Xanthoparmelia conspersa*Especie: *Xanthoparmelia hypomeleana*

Especie: *Xanthoparmelia incerta*.



Especie: *Xanthoparmelia sp*

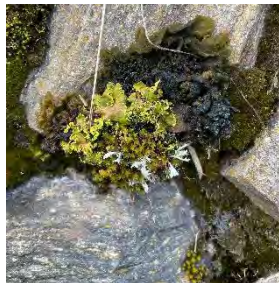


Familia: LOBARIACEAE

Género: *Pseudocyphellaria* Vain.

Líquenes foliáceos, corticolas con talo de lobulos anchos y con bordes que se tornan amarillos. cuando esta hidratado el talo es verde pálido y parduzco cuando este seco. Presenta pseudocifelas y tomento en la corteza inferior, esporas marrones. Ficobiontes Nostoc y Palmella. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 71)

Especie: *Pseudocyphellaria aurata*



Especie: *Pseudocyphellaria clathrata*



Familia: LOBARIACEAE

Género: *Sticta* (Schreb.) Ach.

Líquenes foliosos se reconocen fácilmente ya que es el único genero con cifelas en la corteza inferior, los apotecios cuando están presentes, abundantes y generalmente ubicados en el margen del talo, esporas hialinas, el ficobionte Protococo o Nostoc. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 78)



Especie: *Sticta sp*



Especie: *Sticta sp1*



Especie: *Sticta sp2*



Especie: *Sticta sp3*



### ***Líquenes Fruticulosos***

Familia: PHYSCIACEAE

Género: *Anaptychia* Corso.

Líquenes fruticulosos, aplanados, de color gris, marrón amarillento o pardo; corteza superior compuesta por hifas compactas dispuestas longitudinalmente, totalmente desnudo en algunas especies, pero otras especies están cubiertas total a casi cubierto por pruinas, apotecios marginales rizinas presentes. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 24)

Especie: *Anaptychia leucomela* (L.) A. Massal.



Especie: *Anaptychia setifera* (Mereschk.) Rasanen



Familia: PARMELIACEAE

Género: *Usnea*

Liquenes fruticulosos, talo de color verdoso amarillento cuando se encuentra húmedo y cuando esta deshidratado es de color marrón amarillento. El talo es colgante y cuenta con un cordón central, mostrando una clara tendencia a tener una base que le permite fijarse al sustrato. No presenta soredios ni isidios. Cuando los apotecios están presentes, se localizan en los extremos de las ramas. Las esporas son hialinas. Ficobionte Prococcus. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 82)

Especie: *Usnea barbata*



Especie: *Usnea intermedia*



Especie: *Usnea subfloridana* Stirt



Familia: RAMALINACEAE

Género: Ramalina

Líquenes fruticulosos saxícolas, terrícolas y ocasionalmente muscícolas; talo de color gris verdusco cuando está húmedo, Cuando está seco, presenta un color pardo y tiene ramas erectas o péndulas aplanadas que se ramifican desde una base estrecha. Los apotecios marginales, de color amarillo a gris, se encuentran distribuidos a lo largo de las ramas. Además, están presentes las pseudocifelas y las esporas son hialinas. Ficobionte Protococcus. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 74)

Especie: *Ramalina celastri* (Spreng.) A. Massal.



Familia: TELOSCHISTACEAE

Género: Teloschistes Normando

Líquenes fruticulosos, corticolas, talo muy ramificado, erecto a postrado, color anaranjado, rojizo, con abundantes soracios de color amarillo pruinosos, después de que los soredios se desprenden forman pequeños agujeros en la superficie. Los apotecios son del mismo color del talo, esporas hialinas. Ficobionte Protococo. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 74)

Especie: *Teloschistes flavicans* (Sw.) Norman



### ***Líquenes Crustosos***

Familia: STEREOCAULACEAE

Género: *Lepraria*

Hongo liquenizado con talo pulverulento y homomero, normalmente se encuentra en zonas secas y con baja luminosidad (Peksa y Skaloud, 2011). Crecen en diferentes sustratos, incluyendo rocas, suelo, corteza de árboles y superficies artificiales como concreto, una particularidad destacada es la falta de una estructura de talo específica, generando en su lugar parches dispersos y pulverulentos que pueden tener un tono verdoso, gris blanquecino. Se encuentra a menudo en ambientes sombreados y húmedos, juega un papel en el ciclo de los nutrientes y la formación del suelo. (Rycenga, s.f.)

Especie: *Lepraria finkii*



Especie: *Lepraria incana* (L.) Ach.



Familia: LECIDEACEAE

Género: *Lecidea* Ah.

Líquenes crustáceos saxícolas de talo verde pálido hasta blanco, con grietas, presentan apotecios dispersos, sésiles y lecideínicos con los márgenes pronunciados. Los ascos contienen 8 esporas hialinas, el ápice del asco con una pequeña tapa, picnidios presentes, globosos y sésiles tiene como fícobionte *Protococcus*. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 56)

Especie: *Lecidea* sp



Familia: TELOSCHISTACEAE

Género: *Polycaulionia*

Se caracteriza por tener talos foliáceos, subfruticulosos y crustosos, sus talos son redondeados y dicotómicos, con pseudocifelas en algunas especies. el color del talo varia, pudiendo ser amarillo, naranja o incluso rojizo con o sin pruina. Pueden tener lóbulos alargados que se adhieren al sustrato o formar agregaciones densas. Los apotecios pueden estar en los extremos de las ramas o a lo largo de ellas. Esporas elipsoides o con tabique muy fino.



Especie: *Polycauliona stellatta* (Wetmore y Karnefelt)



Familia: TELOSCHISTACEAE

Género: Caloplaca

Liquen crustáceo con talos de color gris a blanco y apotecios de color amarillo a naranja, contienen el pigmento gris sedifolia que cambia a violeta con hidróxido de potasio. Suelen presentar soredios, isidios como estructuras reproductivas, el fitobionte es el alga verde del género *Treouxia*. Su distribución es cosmopolita.

Especie: *Caloplaca* sp



Familia: LECANORACEAE

Género: Lecanora

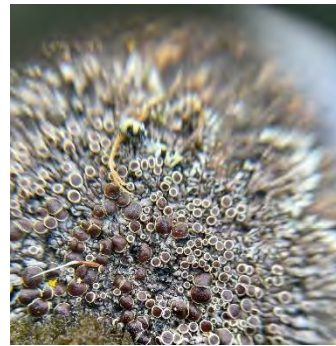
Liquen costroso, adnado, areolado, prótalo marrón negruzco, blanco a gris blanquecino o no visible. Superficie blanca o varios tonos de gris, amarillo o marrón, soredios ausentes o presentes, isidios y cefalodios ausentes. Medula: generalmente blanca; apotecios inmersos o

sésiles. Margen: generalmente contiene células algales. Fotobionte el primario, un alga verde trebouxia y el secundario ausente. Ascós: clavados de 8 esporas, Ascosporas: simples hialinas. Conidiomas: picnidiales con paredes hialinas. Conidios: simples, hialinos, baciliformes. Metabolitos secundarios: Atranorina o ácidos usnicos o xantonas, depsidos, depsidonas y terpenoides.

Especie: *Lecanora sp*



Especie: *Lecanora spl*



Familia: VERRUCARIACEAE

Género: Verrucaria

Liquen crustáceo, suelen ser de color negro mate y pueden asemejarse a una mancha de aceite, prefieren las rocas y superficies húmedas. Pueden formar manchas en forma de roseta que se fusionan.

Especie: *Verrucaria nigrescens Pers*



Familia: CALICIACEAE

Género: Buellia

Líquenes conocidos por sus manchas circulares oscuras negras o marrones, se encuentra en diferentes sustratos como en rocas, corteza o suelo. Se adaptan a diversos climas, algunas especies se encuentran en regiones con altos niveles de contaminación, demostrando su resistencia. Talo crustoso, continuo a disperso, rimoso, areolado, prótalo frecuentemente presente usualmente oscuro, raramente no pigmentado, a menudo formando solo un contorno negro delgado que delimita el borde del talo. Superficie no pigmentada (blanco pálido a gris oscuro) o pigmentada (marrón pálido a marrón oscuro, amarillo pálido o verde amarillento) pruinoso. Ascoma: apotecial, inmerso a sésil, disco: raramente cóncava, usualmente plana, ascomas hialinas cuando son inmaduras. Metabolitos secundarios: atranorina y ácido norstictico.

Especie: *Buellia aethalea* (Ach.)

Especie: *Buellia stellulata* (Taylor) Mudd



### ***Líquen Gelatinoso***

Familia: COLLEMATACEAE

Género: Collema F.H.Wigg

Talo gelatinoso cuando este húmedo, pulposo de color pardo a negro o verde oscuro, talo homomero, comúnmente en rocas o junto con musgo a altitudes superiores a 1000 m.s.n.m. los



apotecios de color rojizo y borde talino. Ficobionte *Nostoc* presente en cadenas dentro de matrices gelatinosas. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 44)

Especie: *Collema sp*



Género: *Leptogium* (Ach.) Gris

Líquenes foliosos gelatinosos cuando están húmedos, uniestratificado, de color azulado hasta castaño, de superficie brillante. Los apotecios están subinmersos, ascosporas transversales septadas, tienen como ficobionte a *Nostoc*. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 57)

Especie: *Leptogium sp*



*Liquen Mixto*

Familia: CLADONIACEAE

Género: *Cladonia* Hill, ex Browne

Líquenes de talo mixto, con el talo primario escuamuloso, corticado, persistente hasta evanescente; los podecios huecos no ramificados o con ramificación irregular, rara vez cladinoide; común escifado, con escuamulos podeciales presentes y frecuentemente con soledios presentes, las esporas hialinas no septadas. (Moreno & Hernandez, 2007, p. 38)

Especie: *Cladonia* sp



### 4.3 ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA RELATIVA A NIVEL DE ORDEN, FAMILIA Y ESPECIE

#### 4.3.1 Abundancia relativa de Ordenes

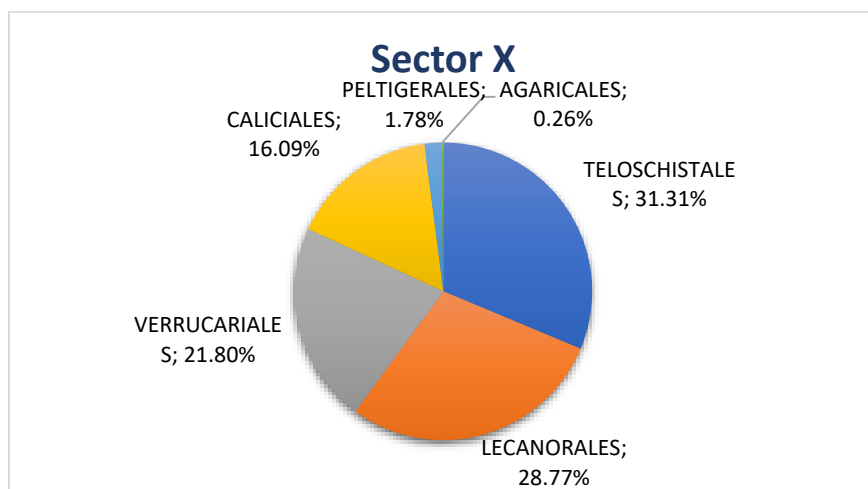
**Tabla 6**

*Abundancia relativa de los Órdenes del sector X Paraqtepata*

Orden	Abundancia	Abundancia relativa%
TELOSCHISTALES	1442	31.31%
LECANORALES	1325	28.77%
VERRUCARIALES	1004	21.80%
CALICIALES	741	16.09%
PELTIGERALES	82	1.78%
AGARICALES	12	0.26%
<b>Total</b>	<b>4606</b>	<b>100%</b>

**Figura 44**

*Abundancia relativa de Ordenes de líquenes saxícolas del sector X.*



En la figura 44, se muestra el resultado de la abundancia relativa de ordenes presentes en el sector X Paraqtepata, siendo el Orden Teloschistales con un valor de 31.31% (1442 individuos),

seguido del orden Lecanorales con 28.77% (1325individuos), Verrucariales con 21.80% (1074 individuos), Caliciales 16.09% (741 individuos), Peltigerales 1.78% y Agaricales 0.26%.

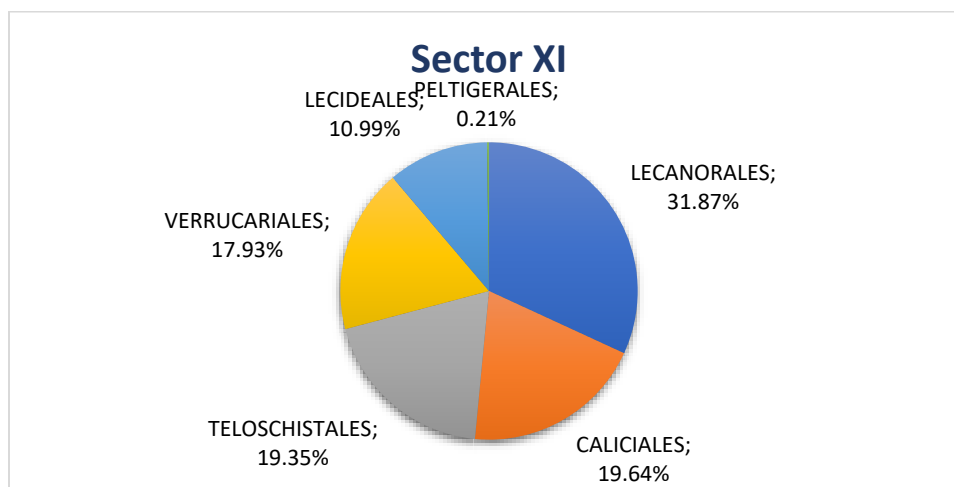
**Tabla 7**

*Abundancia relativa de los Órdenes del sector XI Paqchayoq*

Orden	Abundancia	Abundancia relativa%
LECANORALES	1212	31.87%
CALICIALES	747	19.64%
TELOSCHISTALES	736	19.35%
VERRUCARIALES	682	17.93%
LECIDEALES	418	10.99%
PELTIGERALES	8	0.21%
<b>Total</b>	<b>3803</b>	<b>100%</b>

**Figura 45**

*Abundancia relativa de Ordenes de líquenes saxícolas del sector XI.*



En la figura 45 y la tabla 7 muestran los resultados de la abundancia relativa respecto a los órdenes presentes en el sector XI Paqchayoq, el orden con mayores porcentajes es Lecanorales con un valor de 31.87% (1212individuos), seguido de Caliciales con 13.64% (747 individuos), Teloschistales 19.35% (736 individuos), Verrucariales 17.93% (682 individuos), Lecideales 10.99% (418 individuos) y Peltigerales 0.21%.

### 4.3.2 Abundancia relativa de las Familias

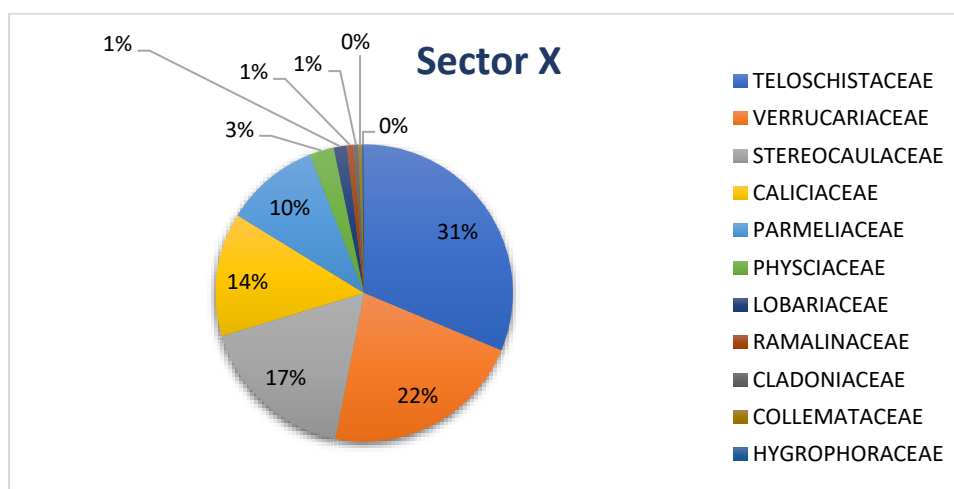
**Tabla 8**

*Abundancias relativas de las familias del sector X Paraqtepata*

Familia	Abundancia	Abundancia relativa %
TELOSCHISTACEAE	1442	31.31%
VERRUCARIACEAE	1004	21.80%
STEREOCAULACEAE	793	17.22%
CALICIACEAE	619	13.44%
PARMELIACEAE	474	10.29%
PHYSICIACEAE	122	2.65%
LOBARIACEAE	65	1.41%
RAMALINACEAE	35	0.76%
CLADONIACEAE	23	0.50%
COLLEMATACEAE	17	0.37%
HYGROPHORACEAE	12	0.26%
<b>Total</b>	<b>4606</b>	<b>100%</b>

**Figura 46**

*Abundancia relativa de familias de líquenes saxícolas del sector X Paraqtepata.*



De acuerdo a la tabla 8 y Figura 46, se muestra la abundancia relativa por familia, siendo las familias más abundantes en el sector X Paraqtepata, Teloschistaceae con un valor de 31.31% (1442 ind), seguido de Verrucariaceae 21.80% (1004 ind) y Stereocaulaceae 17.22% (793 ind).

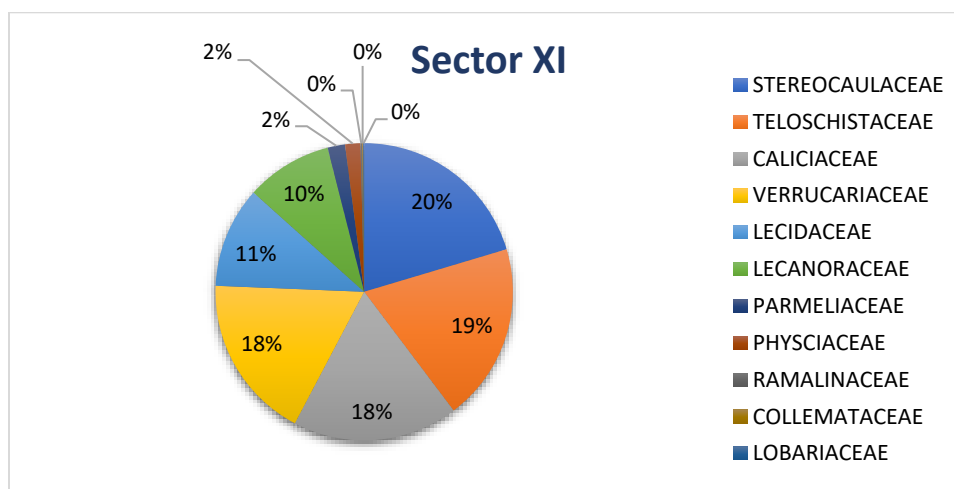
**Tabla 9**

*Abundancias relativas de las familias del sector XI Paqchayoq*

Familia	Abundancia	Abundancia relativa %
STEREOCAULACEAE	775	20.38%
TELOSCHISTACEAE	736	19.35%
CALICIACEAE	684	17.99%
VERRUCARIACEAE	682	17.93%
LECIDACEAE	418	10.99%
LECANORACEAE	358	9.41%
PARMELIACEAE	72	1.89%
PHYSICIACEAE	63	1.66%
RAMALINACEAE	7	0.18%
COLLEMATACEAE	4	0.11%
LOBARIACEAE	4	0.11%
<b>Total</b>	<b>3803</b>	<b>100%</b>

**Figura 47**

*Abundancia relativa de familias de líquenes saxícolas del sector XI Paqchayoq.*



De acuerdo a la tabla 9 y Figura 47, se muestran las familias más abundantes en el sector XI, siendo las familias más abundantes Stereocaulaceae con un valor de 20.38% (775ind), seguido de Teloschistaceae 19.35% (736ind), Caliciaceae 17.99% (684 ind) y Verrucariaceae 17.93% (682 ind).

### 4.3.3. Abundancias relativas de especies por sectores

#### 4.3.3.1 Sector X Paraqtepata

El número de individuos registrados en el sector X Paraqtepata llegan a un total de 4606, que están agrupados en 46 especies, 11 familias y 6 Ordenes. las especies más abundantes son: *Polycauliona stellatta* (Teloschistaceae), seguida de *Verrucaria nigrescens* (Verrucariaceae) y las especies menos abundantes son: *Sticta sp2*, *Leptogium sp*, *Collema sp*, *Sticta sply* *Pseudocyphellaria clathrata*.

**Tabla 10**

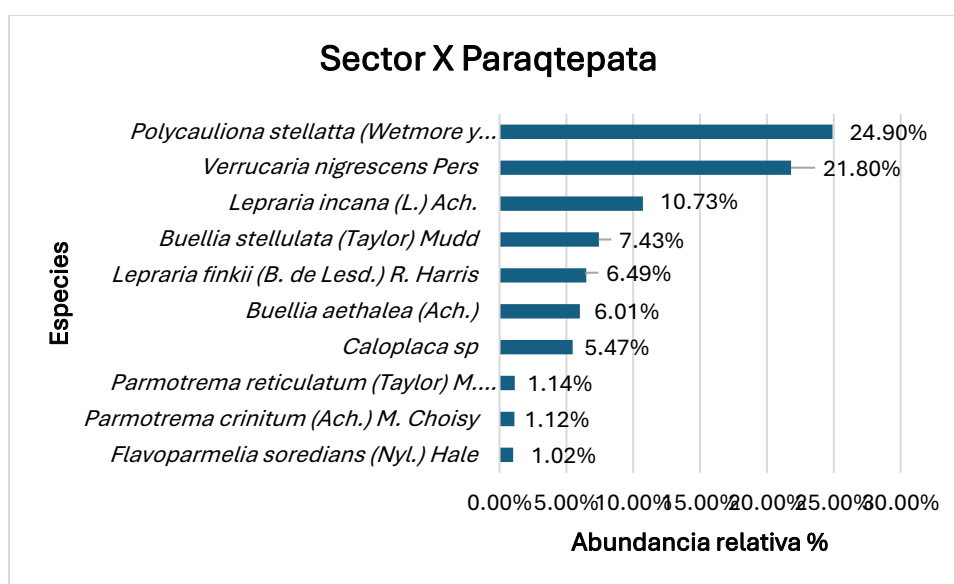
*Abundancia de especies de líquenes saxícolas del sector X Paraqtepata*

Nº	Especies	Abundancia	Abundancia Relativa%
1	<i>Polycauliona stellatta</i> (Wetmore y Karnefelt)	1147	24.90%
2	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers	1004	21.80%
3	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	494	10.73%
4	<i>Buellia stellulata</i> (Taylor) Mudd	342	7.43%
5	<i>Lepraria finkii</i> (B. de Lesd.) R. Harris	299	6.49%
6	<i>Buellia aethalea</i> (Ach.)	277	6.01%
7	<i>Caloplaca sp</i>	252	5.47%
8	<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	52	1.14%
9	<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	51	1.12%
10	<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale	47	1.02%
11	<i>Xanthoparmelia sp</i>	46	1.00%
12	<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman	43	0.93%
13	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.	35	0.76%
14	<i>Xanthoparmelia incerta</i> . (Kurok y Filson) Elix y J. Johnst	33	0.72%
15	<i>Parmelia sp</i>	28	0.61%
16	<i>Xanthoparmelia hypomeleana</i> (Hale) Hale, E.	27	0.59%
17	<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh ex Ach)	25	0.54%
18	<i>Cladonia sp</i>	23	0.50%
19	<i>Flavopunctelia sp</i>	23	0.50%
20	<i>Heterodermia sp</i>	22	0.48%
21	<i>Parmotrema spl</i>	21	0.46%
22	<i>Usnea barbata</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg	19	0.41%
23	<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	18	0.39%
24	<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.	18	0.39%

25	<i>Anaptychia setifera</i> (Mereschk.) Rasanen	17	0.37%
26	<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevisan	17	0.37%
27	<i>Parmelia</i> sp1	15	0.33%
28	<i>Sticta</i> sp	15	0.33%
29	<i>Parmotrema</i> sp	14	0.30%
30	<i>Usnea subfloridana</i> Stirt	14	0.30%
31	<i>Anaptychia leucomela</i> (L.) A. Massal.	13	0.28%
32	<i>Everniastrum</i> sp Hale ex Sipman	13	0.28%
33	<i>Phaeophyscia</i> sp	13	0.28%
34	<i>Cora pavonia</i> (Weber & D. Mohr) Fr.	12	0.26%
35	<i>Everniastrum</i> sp1	12	0.26%
36	<i>Usnea intermedia</i>	12	0.26%
37	<i>Everniastrum</i> sp2	11	0.24%
38	<i>Flavopunctelia</i> sp1	11	0.24%
39	<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	11	0.24%
40	<i>Physcia</i> sp1	11	0.24%
41	<i>Sticta</i> sp3	10	0.22%
42	<i>Leptogium</i> sp	9	0.20%
43	<i>Sticta</i> sp2	9	0.20%
44	<i>Collema</i> sp	8	0.17%
45	<i>Sticta</i> sp1	7	0.15%
46	<i>Pseudocyphellaria clathrata</i> (De Not.) Malme	6	0.13%
<b>Total</b>		<b>4606</b>	<b>100%</b>

Figura 48

Abundancia relativa de especies del Sector X Paraqtepata





De acuerdo a la figura 48, se muestran las 10 primeras especies con mayor abundancia relativa presente en el sector X Paraqtepatá como son: *Polycauliona stellatta* con un valor de 24.90% (1147 individuos), seguido por la especie *Verrucaria nigrescens* con un valor de 21.80 % (1004 individuos), *Lepraria incana* con un valor de 10.73% (494 individuos). *Buellia stellulata* con un valor de 7.43% (342 individuos), *Lepraria finkii* (B. de Lesd.) R. Harris con un valor de 6.49% (299 individuos), *Buellia aethalea* (Ach.) con un valor de 6.01% (277 individuos), *Caloplaca* sp con un valor de 5.47% (252 individuos), *Parmotrema reticulatum* (Taylor) M. Choisy con un valor de 1.14% (52 individuos), *Parmotrema crinitum* (Ach.) M. Choisy con un valor de 1.12% (51 individuos) y *Flavoparmelia solediana* (Nyl.) Hale con un valor de 1.02% con 47 individuos.

#### 4.3.3.2 Sector X Paqchayoq

El número de individuos registrados en el sector XI Paqchayoq llegan a un total de 3803, que están agrupados en 33 especies, 10 familias y 6 Ordenes.

**Tabla 11**

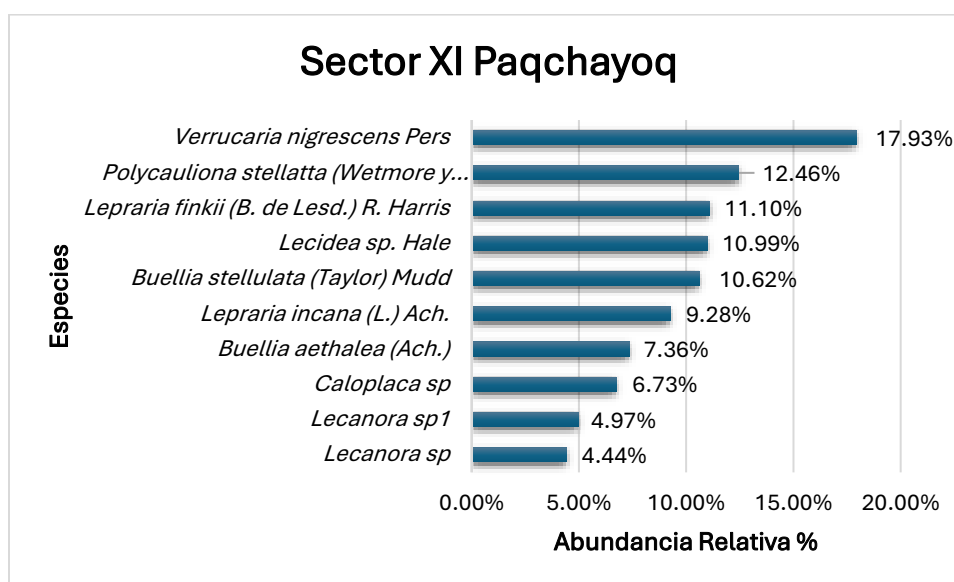
*Abundancia relativa de las especies de líquenes saxícolas del sector X Paqchayoq*

Nº	Especies	Abundancia	Abundancia relativa %
1	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers	682	17.93%
2	<i>Polycauliona stellatta</i> (Wetmore y Karnefelt)	474	12.46%
3	<i>Lepraria finkii</i> (B. de Lesd.) R. Harris	422	11.10%
4	<i>Lecidea</i> sp. Hale	418	10.99%
5	<i>Buellia stellulata</i> (Taylor) Mudd	404	10.62%
6	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	353	9.28%
7	<i>Buellia aethalea</i> (Ach.)	280	7.36%
8	<i>Caloplaca</i> sp	256	6.73%
9	<i>Lecanora</i> sp1	189	4.97%
10	<i>Lecanora</i> sp	169	4.44%
11	<i>Xanthoparmelia incerta</i> . (Kurok y Filson) Elix y J. Johnst	25	0.66%
12	<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	13	0.34%
13	<i>Anaptychia leucomela</i> (L.) A. Massal.	12	0.32%

14	<i>Anaptychia setifera</i> (Mereschk.) Rasanen	10	0.26%
15	<i>Phaeophyscia</i> sp	10	0.26%
16	<i>Heterodermia</i> sp1	7	0.18%
17	<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevisan	7	0.18%
18	<i>Parmelia</i> sp1	7	0.18%
19	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.	7	0.18%
20	<i>Everniastrum</i> sp Hale ex Sipman	6	0.16%
21	<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale	6	0.16%
22	<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman	6	0.16%
23	<i>Parmotrema</i> sp1	5	0.13%
24	<i>Xanthoparmelia</i> sp	5	0.13%
25	<i>Leptogium</i> sp	4	0.11%
26	<i>Parmelia</i> sp	4	0.11%
27	<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	4	0.11%
28	<i>Physcia</i> sp1	4	0.11%
29	<i>Usnea barbata</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg	4	0.11%
30	<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	3	0.08%
31	<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.	3	0.08%
32	<i>Usnea subfloridana</i> Stirt	3	0.08%
33	<i>Sticta</i> sp	1	0.03%
<b>Total</b>		<b>3803</b>	<b>100%</b>

Figura 49

Abundancia relativa del sector XI Paqchayoq



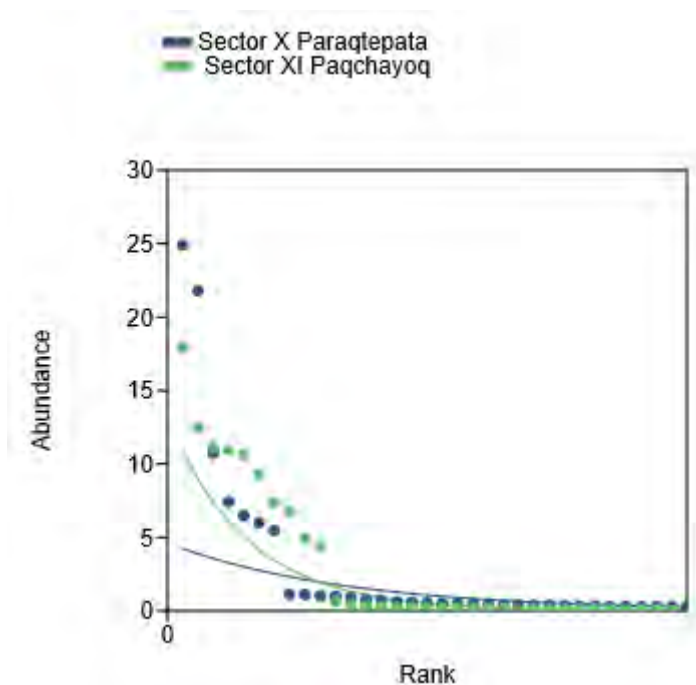
En la figura 49, se muestra las 10 primeras especies con mayor abundancia relativa en el sector XI Paqchayoq las cuales son: *Verrucaria nigrescens* con un valor de 17.93% (682

individuos), seguido por la especie *Polycauliona stellatta* con un valor de 12.46% (474 individuos), *Lepraria finkii* con un valor de 11.10% (422 individuos), *Lecidea sp* con un valor de 10.99% (418 individuos), *Buellia stellulata* con un valor de 10.62% (404 individuos), *Lepraria incana* con un valor de 9.28% (353 individuos) *Buellia aethalea* (Ach.) con un valor de 7.36% (280 individuos), *Caloplaca sp* con un valor de 6.73% (256 individuos), *Lecanora sp1* con un valor de 4.97% (189 individuos) y *Lecanora sp* con un valor de 4.44% (169 individuos).

### Curva de rango-abundancia

**Figura 50**

*Curva de rango abundancia de los sectores X y XI*



De acuerdo con la figura 50, el eje horizontal representa el rango de especies ordenadas de la más a la menos abundante, el eje vertical muestra la abundancia de cada especie. Se puede ver que en ambos sectores unas pocas especies dominan, mientras que la mayoría son poco abundantes. Se observa también que ambos sectores parecen tener una cantidad similar de abundantes.

especies, porque las curvas se extienden hasta un rango similar. La curva del sector XI Paqchayoq tiene una pendiente menos pronunciada que el sector X Paraqtepata, lo que indica que hay mayor equidad en la distribución de abundancias de sus especies.

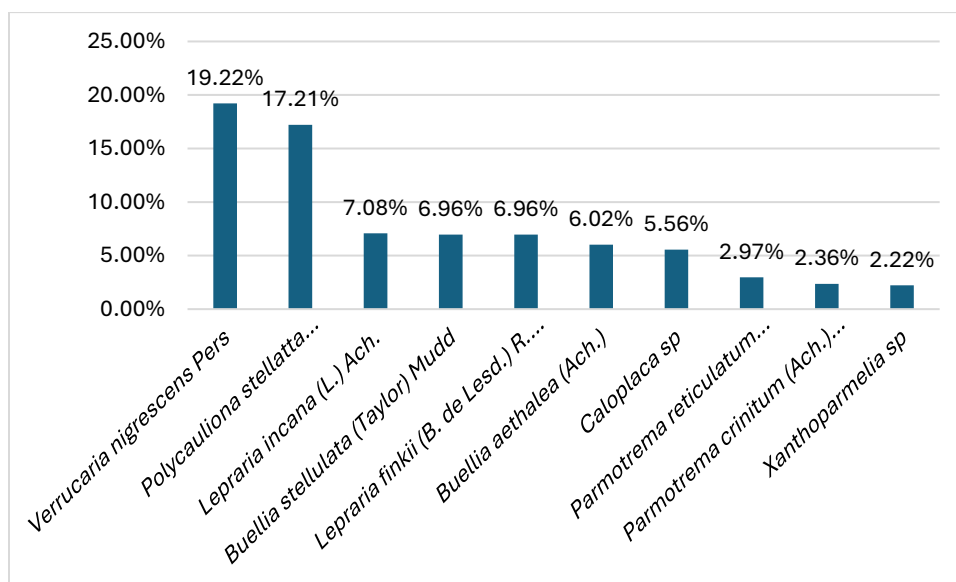
En el sector X Paraqtepata hay una o 2 especies muy dominantes (*Polycauliona stellatta* y *Verrucaria nigrescens*) se muestra una alta abundancia inicial y muchas especies con abundancias bajas, lo que indica una alta dominancia y menor equidad.

En el sector XI Paqchayoq se observa que también tiene especies dominantes pero la abundancia esta más distribuida.

#### 4.3.4. Cobertura de especies

**Figura 51**

*Cobertura relativa de las especies de líquenes saxícolas más dominantes del sector X Paraqtepata*



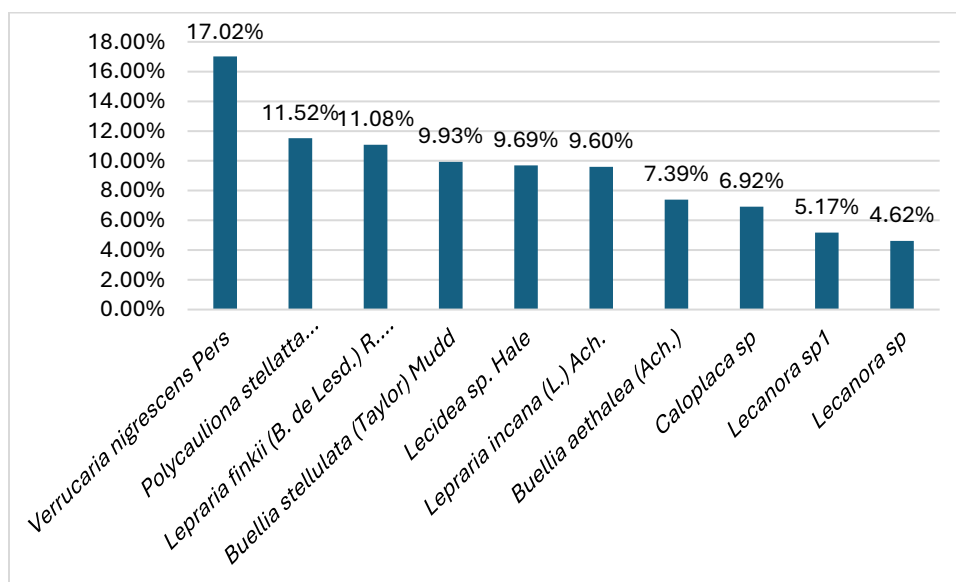
La figura 51 muestra la cobertura de las diez especies más dominantes en el sector X Paraqtepata, la especie *Verrucaria nigrescens* Pers presento mayor cobertura en los paramentos

del sector X Paraqtepatá, llegando a cubrir el 19.22% de la superficie de los muros, seguidos de *Polycaulonia stellata* (Wetmore y Karnefelt) con 17.21%, *Lepraria incana* con 7.08%, *Buellia stellulata* (6.96%), *Lepraria finkii* (6.96%), *Buellia aethalea* (6.02%), *Caloplaca sp* (5.56%), *Parmotrema reticulatum* (2.97%), *Parmotrema crinitum* (2.36%) y *Xanthoparmelia sp* con 2.22%. las siete primeras especies poseen una característica ecológica en común, el crecimiento del talo es de forma crustosa, mientras que *Parmotrema reticulatum*, *Parmotrema crinitum* y *Xanthoparmelia sp*. Son del tipo folioso. Todas estas especies se encuentran en los paramentos con orientación al suroeste.

### Figura 52

*Cobertura relativa de las especies de líquenes saxícolas más dominantes del sector XI*

*Paqchayoq*



La figura 52, muestra la cobertura de las diez especies más dominantes en el sector XI Paqchayoq, la especie *Verrucaria nigrescens Pers* también presento mayor cobertura en los paramentos del sector X llegando a cubrir el 17.02% de la superficie de los muros, seguidos de *Polycaulonia stellata* (Wetmore y Karnefelt) con 11.52%, *Lepraria finkii* (11.08%), *Buellia*

*stellulata* (9.93%), *Lecidea sp* (9.69%), *Lepraria incana* (9.60%), *Buellia aethalea* (7.39%), *Caloplaca sp* (6.92%), *Lecanora sp1* (5.17%) y *Lecanora sp2* (4.62%). las diez especies poseen el crecimiento del talo del tipo crustoso; todas estas especies se encuentran en los paramentos con orientación al suroeste.

## 4.4. ESTIMACION DE LA DIVERSIDAD ALFA Y BETA

Tabla 12

Composición taxonómica de líquenes saxícolas del sector X Paraqtepata

Nº	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Puntos de muestreo del sector X Paraqtepata														Total
				Paraq01	Paraq02	Paraq03	Paraq04	Paraq05	Paraq06	Paraq07	Paraq08	Paraq09	Paraq10	Paraq11	Paraq12	Paraq13	Paraq14	
1	AGARICALS	HYGROPHORACEAE	<i>Cora pavonia</i> (Weber & D. Mohr) Fr.	0	2	0	1	0	2	0	3	0	1	0	2	0	1	12
2		CALICIACEAE	<i>Buellia aethalea</i> (Ach.)	39	29	31	17	10	14	18	25	9	19	18	8	28	12	277
3			<i>Buellia stellulata</i> (Taylor) Mudd	57	39	29	15	9	12	35	20	2	31	50	0	33	10	342
4			<i>Anaptychia leucomela</i> (L.) A. Massal.	2	0	0	0	3	0	4	0	1	0	0	0	2	1	13
5			<i>Anaptychia setifera</i> (Mereschk.) Rasanen	2	1	0	2	0	2	3	2	2	1	2	0	0	0	17
6	CALICIALES	PHYSCIACEAE	<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	3	0	3	11
7			<i>Heterodermia</i> sp	1	2	1	1	3	0	2	2	2	0	3	2	1	2	22
8			<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevisan	0	1	2	8	0	0	2	0	1	1	0	1	0	1	17
9			<i>Phaeophyscia</i> sp	2	1	0	1	0	1	0	3	2	0	2	0	0	1	13
10			<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	4	2	1	0	3	0	2	0	0	1	0	1	3	1	18
11	LECANORALES	CLADONIACEAE	<i>Physcia</i> sp1	0	3	0	2	0	0	1	0	1	2	0	0	1	1	11
12			<i>Cladonia</i> sp	0	6	0	5	1	0	2	1	0	0	2	0	4	2	23
13		PARMELIACEAE	<i>Everniastrum</i> sp Hale ex Sipman	2	0	3	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0	1	13

14		<i>Everniastrum sp1</i>	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	2	0	3	2	12
15		<i>Everniastrum sp2</i>	1	0	0	2	0	0	2	1	0	3	1	0	1	0	11
16		<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale	2	8	1	4	1	7	0	9	4	5	0	0	4	2	47
17		<i>Flavopunctelia sp</i>	1	3	0	1	2	5	1	2	3	1	2	0	0	2	23
18		<i>Flavopunctelia sp1</i>	0	1	0	0	1	2	0	0	2	2	0	2	0	1	11
19		<i>Parmelia sp</i>	0	1	3	0	2	6	2	0	3	2	0	0	5	4	28
20		<i>Parmelia sp1</i>	0	3	0	0	1	2	0	3	2	0	2	1	0	1	15
21		<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	3	2	5	3	1	3	6	2	8	2	0	5	2	9	51
22		<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	1	6	5	9	2	0	5	2	3	0	5	0	6	8	52
23		<i>Parmotrema sp</i>	0	0	3	0	0	2	0	0	3	1	0	4	1	0	14
24		<i>Parmotrema sp1</i>	0	0	2	0	3	0	0	3	0	0	2	0	2	9	21
25		<i>Usnea barbata</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg	0	3	2	0	2	1	0	4	1	2	0	2	0	2	19
26		<i>Usnea intermedia</i>	1	0	0	1	0	0	2	0	0	2	2	0	2	2	12
27		<i>Usnea subfloridana</i> Stirt	0	2	1	0	1	2	1	0	0	3	1	0	1	2	14
28		<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh ex Ach)	1	2	0	1	1	2	3	1	2	3	0	7	0	2	25
29		<i>Xanthoparmelia hypomeleana</i> (Hale) Hale, E.	4	1	8	2	1	0	2	0	4	1	2	0	2	0	27
30		<i>Xanthoparmelia</i> <i>incerta</i> .(Kurok yFilson) Elix y J. Johnst	0	8	5	0	4	2	0	0	3	0	2	5	1	3	33
31		<i>Xanthoparmelia sp</i>	13	8	1	17	1	0	3	2	1	0	0	0	0	0	46
32	RAMALIN ACEAE	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.	2	1	3	5	2	0	3	3	0	0	5	5	4	2	35
33	STEREOC AULACEA	<i>Lepraria finkii</i> (B. de Lesd.) R. Harris	25	31	18	22	20	12	22	35	16	8	5	28	51	6	299
34	E	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	66	212	25	14	92	0	13	11	5	21	0	15	20	0	494
35	COLLEM	<i>Collema sp</i>	0	1	0	1	0	0	2	0	0	1	0	3	0	0	8
36	ATACEAE	<i>Leptogium sp</i>	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	2	3	0	0	9





**Tabla 13**

*Composición taxonómica de líquenes saxícolas del sector XI Paqchayog*

[illegible]

18			<i>Parmotrema spl</i>	0	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	5					
19			<i>Usnea barbata (L.) Weber ex F.H. Wigg</i>	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1		0	4					
20			<i>Usnea subfloridana Stirt</i>	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3					
21			<i>Xanthoparmelia incerta.(Kurok yFilson) Elix y J. Johnst</i>	3	2	1	1	3	0	2	1	3	7	0	0	2	25					
22			<i>Xanthoparmelia sp</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	5					
23		RAMALINACEAE	<i>Ramalina celastri (Spreng.) A. Massal.</i>	0	0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	2	0	7					
24		STEREOC AULACEAE	<i>Lepraria finkii (B. de Lesd.) R. Harris</i>	11	21	25	45	12	27	36	45	48	29	35	21	31	422					
25		E	<i>Lepraria incana (L.) Ach.</i>	13	19	26	32	12	11	25	38	24	26	35	25	29	353					
26	LECIDEALES	LECIDACEAE	<i>Lecidea sp. Hale</i>	11	10	8	9	8	120	20	25	17	25	56	25	38	418					
27	PELTIGERALES	COLLEMATACEAE	<i>Leptogium sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	4					
		LOBARIACEAE	<i>Pseudocyphellaria aurata (Ach.) Vain.</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3					
			<i>Sticta sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1					
30			<i>Caloplaca sp</i>	12	24	39	26	26	12	6	12	9	15	21	23	15	256					
31	TELOSCHISTALES	TELOSCHISTACEAE	<i>Polycauliona stellatta (Wetmore y Karnefelt)</i>	26	25	15	27	12	18	27	50	25	29	139	24	35	474					
32			<i>Teloschistes flavicans (Sw.) Norman</i>	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	6					
33	VERRUCARIALES	VERRUCARIACEAE	<i>Verrucaria nigrescens Pers</i>	46	70	19	35	26	38	56	65	125	59	37	25	39	682					
6 ordenes				11 familias	33 especies			186	249	192	228	208	307	296	397	301	259	398	211	275	296	3803

#### 4.4.1 Diversidad Alfa

##### 4.4.1.1. Índices de riqueza

##### Riqueza específica (S)

**Tabla 14**

*Riqueza de especies de los sectores X y XI*

	<b>Sector X Paraqtepata</b>	<b>Sector XI Paqchayoq</b>
<b>Riqueza de especies (S)</b>	46	33

La tabla 14 muestra la riqueza específica de los sectores X y XI, el sector X Paraqtepata presenta mayor riqueza con 46 especies identificadas y el sector XI Paqchayoq tiene 33 especies.

**Tabla 15**

*Riqueza específica de los puntos de muestreo de los sectores X y XI*

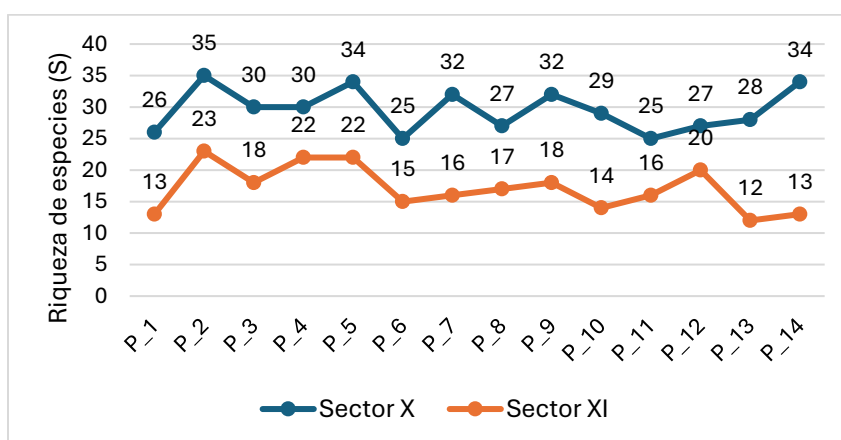
<b>Sector X Paraqtepata</b>		<b>Sector XI Paqchayoq</b>	
<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Riqueza de especies (S)</b>	<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Riqueza de especies (S)</b>
Paraq01	26	Paqch01	13
Paraq02	35	Paqch02	23
Paraq03	30	Paqch03	18
Paraq04	30	Paqch04	22
Paraq05	34	Paqch05	22
Paraq06	25	Paqch06	15
Paraq07	32	Paqch07	16
Paraq08	27	Paqch08	17
Paraq09	32	Paqch09	18
Paraq10	29	Paqch10	14
Paraq11	25	Paqch11	16
Paraq12	27	Paqch12	20
Paraq13	28	Paqch13	12
Paraq14	34	Paqch14	13

De acuerdo a la tabla 15, se observa en el sector X Paraqtepata, los puntos con mayor riqueza especifican son: Paraq02 con 35 especies, seguida de Paraq05 y Paraq14 con 34 especies y el menor número de riqueza con 25 especies están en los puntos Paraq06 y Paraq11.

Para el sector XI Paqchayoq los puntos con mayor riqueza son: Paqch02 con 23 especies, seguido de los puntos Paqch04 y paqch05 con 22 especies, mientras que el Paqch13 tiene la menor riqueza con 12 especies.

### Figura 53

*Riqueza de especies de los Sectores X y XI*



De acuerdo a la Figura 53 se observa que el sector X Paraqtepata muestra una mayor riqueza de especies en sus puntos de muestreo respecto a los puntos de muestreo del sector XI Paqchayoq.

### *Índice de Margalef Dmg*

El Índice de Margalef es una medida de la riqueza específica que tiene en cuenta el número total de especies y el número total de individuos. A mayor valor del índice, mayor es la diversidad específica del ecosistema, mide la biodiversidad de una muestra, considerando como ecosistemas con baja diversidad a los valores inferiores a 2, y los valores por encima de 5 hacen referencia a ecosistemas con alta diversidad.

**Tabla 16***Índice de Margalef de los sectores X y XI*

	<b>Sector X Paraqtepata</b>	<b>Sector XI Paqchayoq</b>
<b>Índice de Margalef</b>	5.335	3.882

Los resultados obtenidos en la tabla 16, el Sector X Paraqtepata obtuvo un índice de 5.335, lo que indica una alta riqueza de especies de líquenes saxícolas, este valor sugiere que este sector alberga una comunidad liquénica relativamente diversa, con un número considerable de especies en relación con los individuos muestreados. El Sector XI Paqchayoq, por su parte, alcanzó un índice de 3.882, lo que representa una menor diversidad específica en comparación con Paraqtepata.

**Tabla 17***Índice de Margalef de los puntos de muestreo de los sectores X y XI*

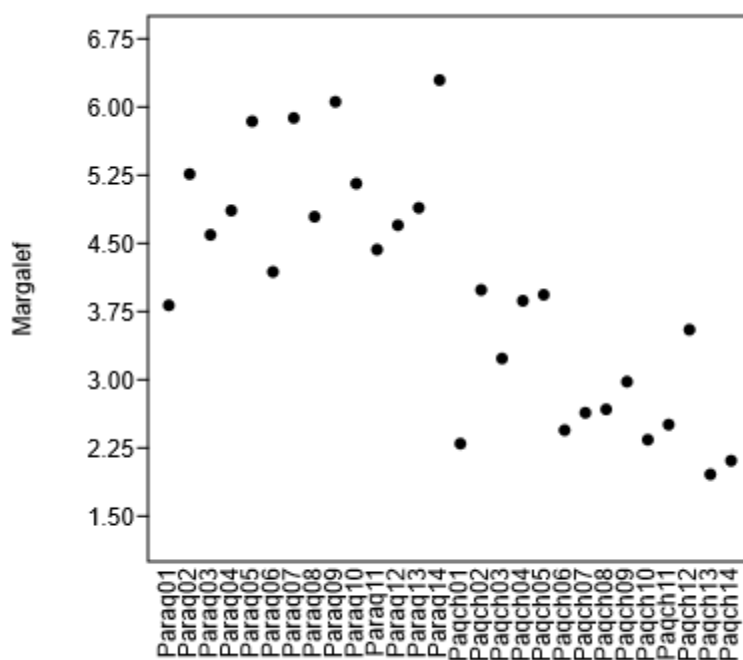
<b>Sector X Paraqtepata</b>		<b>Sector XI Paqchayoq</b>	
<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Índice de Margalef</b>	<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Índice de Margalef</b>
Paraq01	3.819	Paqch01	2.296
Paraq02	5.262	Paqch02	3.987
Paraq03	4.593	Paqch03	3.233
Paraq04	4.861	Paqch04	3.868
Paraq05	5.842	Paqch05	3.934
Paraq06	4.186	Paqch06	2.445
Paraq07	5.879	Paqch07	2.636
Paraq08	4.793	Paqch08	2.674
Paraq09	6.057	Paqch09	2.979
Paraq10	5.157	Paqch10	2.339
Paraq11	4.431	Paqch11	2.506
Paraq12	4.699	Paqch12	3.55
Paraq13	4.89	Paqch13	1.958
Paraq14	6.296	Paqch14	2.109

En la tabla 17, se muestra los resultados de acuerdo al Índice de Margalef, donde muestra para el sector X Paraqtepata valores superiores a 5 en los puntos Paraq14, Paraq09, Paraq07, Paraq05, Paraq02 y Paraq10, eso quiere decir que estos puntos muestreo presentan alta diversidad. Sin embargo, los demás puntos de muestreo de dicho sector se encuentran en un rango de diversidad media obteniendo valores mayores a 2.

Para el sector XI Paqchayoq los resultados de los puntos de muestreo se encuentran en el rango de diversidad media ya que muestran valores mayores a 2 y menores a 5, siendo el punto Paqch13 el único con diversidad baja.

**Figura 54**

*Índice de Margalef de los sectores X y XI*

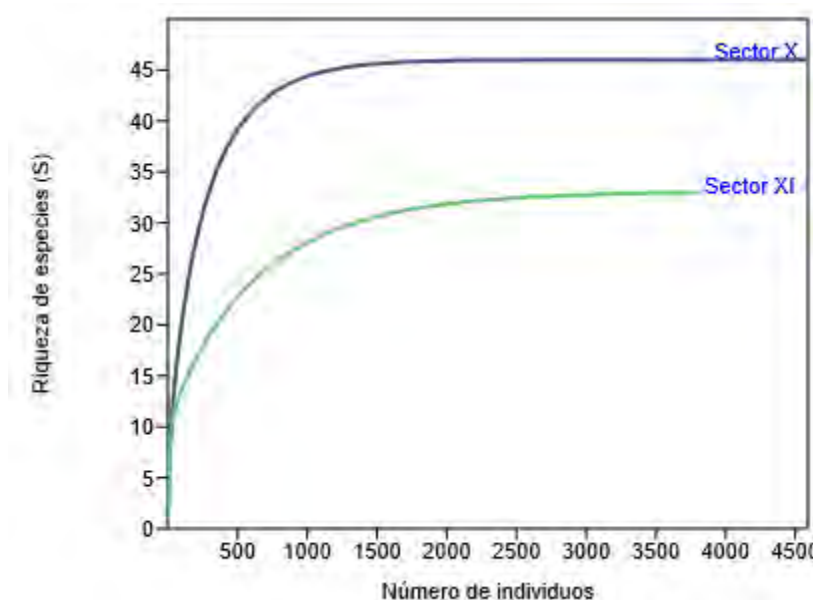


La Figura 54, muestra que los puntos de muestreo del Sector X Paraqtepata presentan una diversidad alta en comparación a los puntos del Sector XI Paqchayoq que nos indica de una diversidad media.

### *Curva de rarefacción*

**Figura 55**

*Curva de rarefacción de los sectores X y XI*



La figura 55, muestra la Curva de rarefacción para los sectores X Paraqtepata y el sector XI Paqchayoq comparando la riqueza de especies entre estos 2 sectores, tomando en cuenta el número de individuos muestreados. El sector X Paraqtepata muestra una mayor riqueza de especies mayor que el sector XI Paqchayoq, donde la curva se estabiliza alrededor de 46 especies cuando se muestran aproximadamente 1500 individuos, esto nos indica que se ha capturado la mayoría de la diversidad de especies en este sector. Mientras que el sector XI Paqchayoq tiene una riqueza menor, alcanzando un máximo de 33 especies, también muestra una tendencia a estabilizarse, aunque más lenta que el sector X; la pendiente se hace constante indicando que aún podría encontrarse algunas especies nuevas si se realiza más muestreos.

#### **4.4.1.2. Índices de dominancia**



### Índice de Simpson\_1-D

**Tabla 18**

*Índice de Simpson\_1-D de los sectores X y XI*

	<b>Sector X Paraqtepata</b>	<b>Sector XI Paqchayoq</b>
<b>Dominance_D</b>	0.1382	0.1063
<b>índice de Simpson_1-D</b>	0.8618	0.8937

En cuanto al índice de Simpson\_1-D, se registró un valor de 0.8937 en el sector XI Paqchayoq, un resultado levemente superior al sector X Paraqtepata que muestra un valor de 0.8618, lo que indica que, aunque Paqchayoq tiene menor riqueza específica, posee una distribución más equitativa de las especies; quiere decir que dos individuos tomados al azar probablemente sean diferentes. Respecto a la dominancia, ambos sectores poseen valores cercanos a 0, lo que nos indica que existe alta dominancia de especies de líquenes saxícolas en ambos sectores.

**Tabla 19**

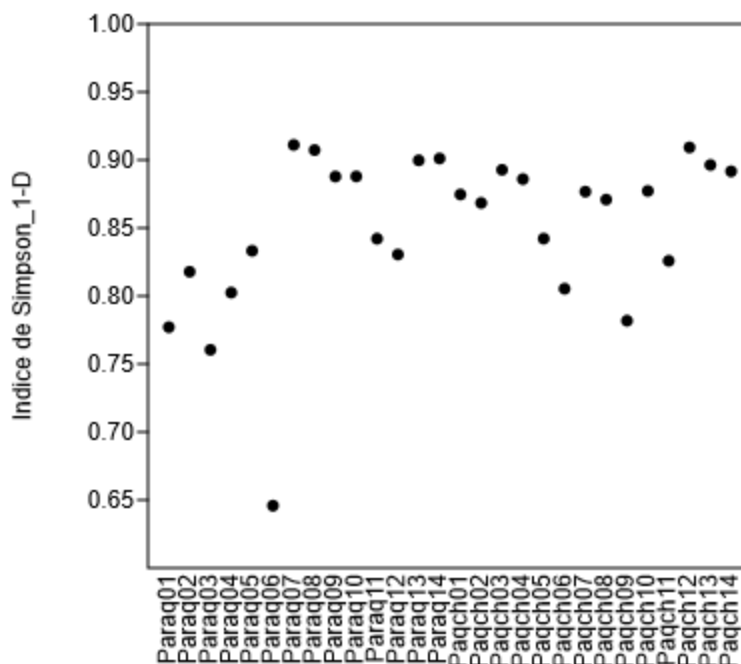
*Diversidad de Simpson de los sectores X y XI del Parque Arqueológico de Choquequirao*

<b>Sector X Paraqtepata</b>		<b>Sector XI Paqchayoq</b>	
<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Índice de Simpson_1- D</b>	<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Índice de Simpson_1- D</b>
Paraq01	0.777	Paqch01	0.8746
Paraq02	0.8178	Paqch02	0.8684
Paraq03	0.7604	Paqch03	0.8928
Paraq04	0.8025	Paqch04	0.8859
Paraq05	0.8332	Paqch05	0.8422
Paraq06	0.6458	Paqch06	0.8053
Paraq07	0.9111	Paqch07	0.8767
Paraq08	0.9073	Paqch08	0.8709
Paraq09	0.8878	Paqch09	0.7818
Paraq10	0.8879	Paqch10	0.8772

Paraq11	0.8421	Paqch11	0.8259
Paraq12	0.8305	Paqch12	0.9092
Paraq13	0.8998	Paqch13	0.8963
Paraq14	0.9011	Paqch14	0.8916

**Figura 56**

*Índice de Simpson 1-D de los sectores X y XI*



De acuerdo a la figura 56, que muestra los resultados del índice de Simpson\_1-D, donde los valores cercanos a 1, indican alta diversidad y dominancia repartida entre múltiples especies. Para el sector X Paraqtepatá se observa el punto Paraq07 con mayor diversidad con 0.9111, y en el sector XI Paqchayoq el punto Paqch12 tiene un valor de 0.9092, estos resultados nos indican que la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de diferentes especies. se puede interpretar también con un valor alto, es decir que la diversidad de líquenes saxícolas evaluados en ambos sectores es alta que a su vez existe dominancia de especies en los puntos de muestreo.

#### 4.4.1.3. Índices de Equidad

## Índice de Shannon – Wiener ( $H'$ )

**Tabla 20**

*Índice de Shannon Wiener ( $H'$ ) de los sectores X y XI*

	<b>Sector X Paraqtepata</b>	<b>Sector XI Paqchayoq</b>
<b>Índice de Shannon Wiener (<math>H'</math>)</b>	2.524	2.43

El índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) fue mayor en el Sector X Paraqtepata ( $H' = 2.524$ ) que en el Sector XI Paqchayoq ( $H' = 2.43$ ). Este resultado sugiere que el Sector X presenta una comunidad de líquenes saxícolas más diversa, ya sea por una mayor riqueza de especies, una distribución más equitativa de los individuos entre las especies. Aunque la diferencia no es extrema, puede ser indicativa de variaciones microambientales, como el grado de exposición solar, humedad relativa o influencia antropogénica entre ambos sectores.

**Tabla 21**

*Índice de Shannon-Wiener de los puntos de muestreo de los sectores X y XI*

<b>Sector X Paraqtepata</b>		<b>Sector XI Paqchayoq</b>	
<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Índice de Shannon Wiener (<math>H'</math>)</b>	<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Índice de Shannon Wiener (<math>H'</math>)</b>
Paraq01	1.923	Paqch01	2.273
Paraq02	2.22	Paqch02	2.417
Paraq03	1.992	Paqch03	2.439
Paraq04	2.217	Paqch04	2.451
Paraq05	2.387	Paqch05	2.337
Paraq06	1.828	Paqch06	2.077
Paraq07	2.875	Paqch07	2.282
Paraq08	2.708	Paqch08	2.25
Paraq09	2.81	Paqch09	2.015
Paraq10	2.593	Paqch10	2.267
Paraq11	2.336	Paqch11	2.11
Paraq12	2.338	Paqch12	2.551

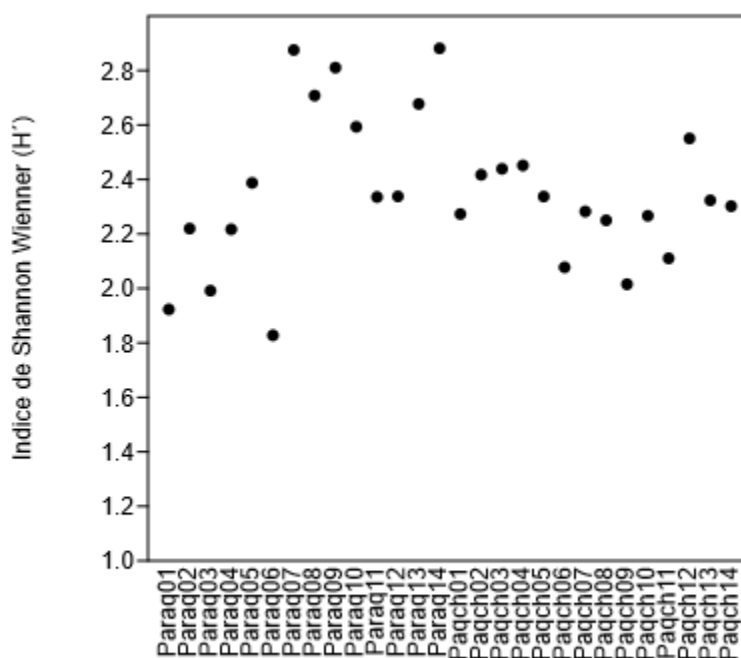
Paraq13	2.677	Paqch13	2.323
Paraq14	2.881	Paqch14	2.302

De acuerdo a la tabla 21, en el sector de Paraqtepata los puntos de muestreo tienen valores que están en el rango de 2 a 3, indicando que la diversidad se encuentra en equilibrio, a excepción de los puntos Paraq01, Paraq03 y Paraq06 que presentan valores menores a 2, lo que nos indica que la diversidad es poca.

En el sector XI Paqchayoq, todos los puntos de muestreo evaluados muestran valores superiores a 2, eso quiere decir que la diversidad en estos puntos se encuentra en equilibrio.

**Figura 57**

*Índice de equidad de Shannon Wiener de los sectores X y XI*



Como se muestra en la figura de 57, el Índice de Shannon Wiener nos muestra valores mayores a 2 y cercanos a 3 en ambos sectores evaluados, indicando que la diversidad de especies en estos sectores está en equilibrio.

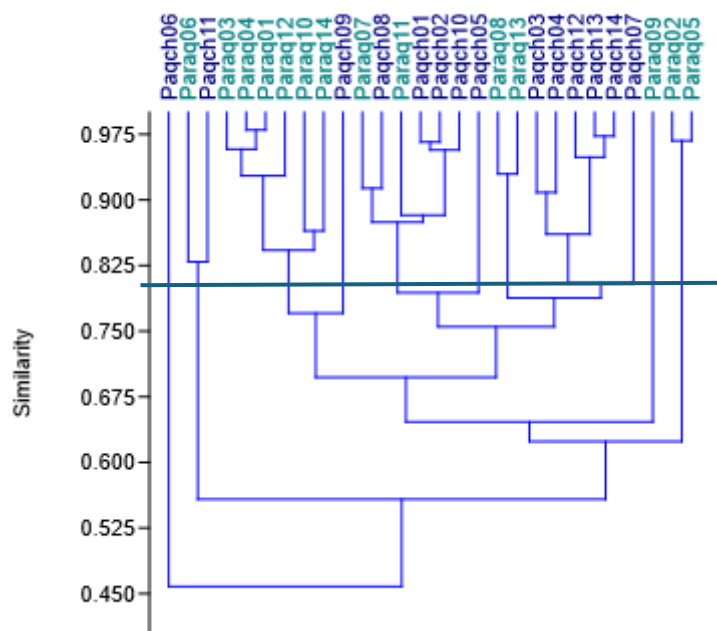
#### 4.4.2 Diversidad Beta

##### 4.4.2.1. Índice de Similitud

- Índice de Morisita

**Figura 58**

*Dendrograma de los puntos de muestreo de los sectores X y XI*



El dendrograma generado a partir del índice de similitud de Morisita evidencia una clara estructuración de las parcelas en función de la composición de especies. Se observa una alta similitud entre varios puntos de muestreo de ambos sectores, con agrupamientos que superan el 90 % de similitud, indicando una composición líquénica muy homogénea en ciertos puntos de muestreo del área de estudio.

Según la figura 58 se hacen muchos agrupamientos a niveles de similitud superiores al 90% lo que nos indica que los puntos de muestreo de ambos sectores tienen una composición similar. Las ramas más separadas indican mayor disimilitud.

El punto Paraq06 tiene una similitud del 83% con el punto Paqch11. También se puede observar que los puntos de Paraqtepata (paraq03, paraq04, paraq01, paraq12, paraq10 y paraq14) tienen una similitud del 76% con el punto paqch09, el punto paraq07 tiene una similitud del 91% con el punto paqch08; el punto paraq11 tiene una similitud del 85% con los puntos del sector paqchayoq (paqch1, paqch02, paqch10 y paqch05). Esta estructura en forma de árbol nos permite ver como las parcelas se agrupan primero en parejas, luego en trios, etc formando clústeres jerárquicos. Siendo el paqch06 el punto con mayor disimilitud (45%) con respecto a los demás puntos de muestreo.

## DISCUSION

El presente estudio determino la diversidad de líquenes saxícolas en 2 sectores del Parque arqueológico de Choquequirao, el sector X Paraqtepta, uno de los sectores ya restaurados y centrados a la agricultura con una pendiente moderada, Al tener una orientación este y una inclinación moderada, recibe mayor radiación solar matutina, la estructura más abierta y menos sombreada favorece la iluminación sostenida en horas tempranas del día. El sector XI Paqchayoq, subsector H que no fue intervenido hasta el momento de la extracción de datos y ubicado en la ladera más empinada, el número de especies halladas durante el estudio fueron de 46 especies y 4606 individuos en el sector X Paraqtepta, el cual es mayor al reporte que realizo Molina et al. (2022) en el monumento arqueológico de Pawkarkancha SH de Machupicchu, quienes registraron 44 especies, este resultado es superior al registro en el sector XI Paqchayoq que se registró 33 especies y 3803 individuos menor a la del sector X; por otro lado Huallparimachi, (2016) registro 53 especies en los recintos del SH de Machupicchu, siendo un resultado mayor a los obtenidos en los sectores X y XI.

Los paramentos de los sectores X y XI del parque arqueológico de Choquequirao albergan una composición de líquenes saxícolas variada, siendo las familias Parmeliaceae, Physciaceae, Lobariaceae y Teloschistaceae las que presentan más especies, resultados que se comparan con lo expuesto por Molina et al, (2022) quienes reportan a las familias Parmeliaceae, Caliciaceae, Lecanoraceae y Physciaceae como las más ricas en géneros y especies. Los resultados de este estudio tambien coinciden con Ramirez et al (2020), ellos registraron las familias Lecanoraceae, Parmeliaceae y Teloschistaceae como las familias con mayor número de géneros de la liquenobiota saxicola del nevdo Pastoruri- Ancash. De igual manera Huallparimachi(2016) menciona a la familia Parmeliaceae como la más rica en especies, seguido de Teloschistaceae y Lecanoraceae.

Por otro lado, también Arestegui (2012) quien realizó el estudio de líquenes y sus efectos adversos en Wiñaywayna-SHM, reportó también a la familia Parmeliaceae con 13 géneros, seguida de Physciaceae y Teloschistaceae con 3 géneros cada una.

Las especies más abundantes y de mayor dominancia en el sector X Paraqtepatá fueron las de biotipos crustosos, *Polycauliona stellata* con un valor de 24.90%, *Verrucaria nigrescens* con 21.80%, *Lepraria incana* con 10.73%, *Buellia stellulata* con 7.43%, *Lepraria finkii* con 6.49%, *Buellia aethalea* con 6.01% y *Caloplaca sp* con 5.47%. mientras que en el sector XI Paqchayoq las especies más abundantes fueron *Verrucaria nigrescens* con 17.93%, *Polycauliona stellata* con 12.46%, *Lepraria finkii* con 11.10%, *Lecidea sp.* Con 10.99%, y *Buellia stellulata* con 10.62%, especies también del biotipo crustoso; resultados que se asemejan a los que reportó Molina et al (2022) menciona especies abundantes del biotipo crustoso como *P. stellata*, 48%, *V. nigrescens* 7.2% y *Buellia sp.* 1, *B. aethalea* (Ach.) Th. Fr. (4.4%) y *B. stellulata* (2.9%). Por otro lado, Huallparimachi (2016) también menciona a las especies más dominantes como *Caloplaca sp*, *Lecanora sp* y *Lecidea sp* que también pertenecen al biotipo crustoso. Cruz et al, (2000) realizaron un estudio de diversidad de líquenes saxícolas de la Peña Perritos en México, reportó las siguientes especies: *Caloplaca saxícola*, *Lecidea sp*, *Lepraria finkii*, *Lepraria incana*, *Peltigera collina*, *Physcia halei* y *Xanthoria sorediata*, especies de biotipo crustoso. Gamarra (2022) quien realiza la formulación del método para mitigar el deterioro de los líticos del sitio arqueológico Tarawasi-Limatambo-Anta, se basó en la presencia de la especie *Caloplaca sp*; también está el trabajo realizado por Marino (2016) quien determina la diversidad de líquenes saxícolas en tres sitios arqueológicos de Cajamarca, entre la lista de especies reportadas está la especie *Caloplaca sp*, *Lecanora sp*, *Lecidea sp* y *Physcia sp*, entre otras, donde *Caloplaca sp* muestra ser la especie más dominante en el sitio arqueológico Santa Polonia. Según los biotipos encontrados en ambos



sectores se tiene con mayor porcentaje a los foliosos representando el 58% (29 especies), seguido del biotipo crustoso 20% (10 especies) y fruticuloso son 14% (7 especies), estos resultados coinciden con Molina et al (2022) quienes determinaron al biotipo folioso como los más abundantes con un porcentaje de 61% (27 especies) seguido de los crustosos 32% (14 especies) y fruticuloso con 7% (3 especies). Por otro lado, Ramirez et al (2020) mencionaron a biotipo crustáceo como los más dominantes obteniendo un valor de 61%, seguido de los foliosos (32%) y fruticulosos (7%).

De las especies registradas en el sector X Paraqtepta *Polycaulonia stellata* es claramente la especie más abundante representando el 24.90%, seguida de *Verrucaria nigrescens* con el 21.80% y *Lepraria incana* con 10.73%, este sector tiene una orientación al suroeste pero con mayor incidencia de luz, Molina(2022) también reporta a la especie *Polycaulonia stellata* como la más abundante representando el 48.55% con una orientación al sureste y noreste, seguida de *Buellia* sp, y *Verrucaria nigrescens* con 7,2% cada una. mientras que en el sector XI Paqchayoq que tiene menos incidencia de luz, y más sombra por los árboles, se muestran las especies más abundantes como *Verrucaria nigrescens* representando un valor de 17.93%, seguida de *Polycaulonia stellata* con 12,46% y *Lepraria finkii* con 11.10 %.

En el sector X Paraqtepta las especies con mayor cobertura y del biotipo crustoso son: *Verrucaria nigrescens* con un porcentaje de 19.22%, seguida de *Polycaulonia stellata* con 17.21% y del biotipo folioso como *Parmotrema reticulatum* (2.97%), *Parmotrema crinitum* (2.36%) y *Xanthoparmelia* sp (2.22%). Mientras que el sector XI Paqchayoq está dominado por especies del biotipo crustoso con las especies *Verrucaria nigrescens* con el 17.02%, seguida de *Polycaulonia stellata* con 11.52%, *Lepraria finkii* (11.08%), *Buellia stellulata* (9.93%), *Lecidea* sp, *Lepraria incana*, *Buellia aethalea*, *Caloplaca* sp y *Lecanora* sp. Estos resultados son similares a los que

menciona Molina, et al. (2022), donde las especies con mayor cobertura y de biotipo crustoso son: *P. stellata* cubriendo el 28.03%, seguida de *V. nigrescens* con 8.50%, *B. aethalea* (7.98%), *B. sp*(6.09%), *Lecanora sp*(5.32%), *Dimelaena sp1*(4.21%), *B. stellulata*(3.29%) y *Lecidella sp* (3.08%) y las especies del biotipo folioso como *Hyperphyscia sp1*(6.25%) y *X. hypopsila* (5.19%).

El índice de riqueza de Margalef es mayor en el sector X Paraqtepata con un valor de 5.33 que hace referencia a una alta diversidad, a diferencia del sector XI Paqchayoq que tiene una diversidad media con un valor de 3.88; estos resultados son superiores a los estimó Huallparimachi, (2016) en los recintos del SHMachupicchu, que obtuvo valores de 1.028 a 3.31, que muestran una diversidad baja y media entre sus puntos de muestreo.

El índice de Simpson (1-D), una medida complementaria de diversidad que pondera tanto la riqueza como la equitatividad en la distribución de las especies, mostró resultados contrastantes con respecto al índice de Margalef. En este caso, el sector XI Paqchayoq presentó un valor levemente superior (0.8937) en comparación con el sector X Paraqtepata (0.8618), lo que indica que, aunque Paqchayoq tiene menor riqueza específica (como reveló el índice de Margalef), posee una distribución más equitativa de las especies presentes.

El índice de Simpson (1-D) varía entre 0 y 1, donde valores cercanos a 1 indican alta diversidad y dominancia repartida entre múltiples especies. En este contexto, el valor más alto en Paqchayoq sugiere que ninguna especie domina ampliamente la comunidad, es decir, existe una mayor equitatividad entre los líquenes saxícolas que colonizan sus líticos. Esto podría reflejar una comunidad más homogénea y posiblemente más madura en términos ecológicos, a pesar de su menor riqueza.

Por el contrario, aunque Paraqtepata presentó mayor número de especies (índice de Margalef), su menor valor en el índice de Simpson sugiere que algunas especies podrían estar

dominando el sustrato, reduciendo la equidad en la comunidad. Este fenómeno es común en zonas con condiciones microambientales específicas que favorecen el crecimiento rápido o la colonización agresiva por parte de ciertos taxones líquénicos. en este caso estaría influenciado por la dominancia de *Polyscaulonia stellata* (Sector X) y *Verrucaria nigrescens* (sector XI). según los resultados de Molina, (2022) también muestra una dominancia alta entre sus puntos de muestreo, resultado que es afectado por la dominancia de *Buellia sp1* (300 ind) y *Polyscaulonia stellata*(300 ind). por otro lado, tambien Huallparimachi, (2016) obtiene valores que indican una alta dominancia.

El índice shannon en los dos sectores presentaron una diversidad normal con 2.524 (sector X) y 2.43(sector XI) indicando que estos en estos sectores la diversidad está en equilibrio sugiere una mayor complejidad estructural y ecológica de la comunidad de líquenes saxícolas en el sector X, resultados que son ligeramente mayores a los que obtuvo Molina, (2022) en tres de sus cuadrantes (2.366, 2.111 y 2.091). Huallparimachi, (2016) también obtiene valores de una diversidad media en los recintos del SH Machupicchu. Además, estudios como los de Giordani et al. (2012) y Purvis & Halls (1996) señalan que la diversidad de líquenes puede verse influenciada por factores como la orientación de los muros, la porosidad del sustrato, la humedad relativa y la exposición solar. La diferencia observada entre los sectores podría explicarse por variaciones en estos factores ecológicos y arquitectónicos.

De acuerdo al índice beta de morisita los valores son parecidos en ambos sectores ya que es un índice muy susceptible a la abundancia. el índice de similitud de Morisita revela una marcada estructuración entre las parcelas en función de la composición de especies de líquenes. Se identifican agrupamientos con niveles de similitud superiores al 90 %, lo cual indica una alta homogeneidad en ciertos puntos de muestreo del área de estudio.

## CONCLUSIONES

1. En los sectores X y XI se registró un total de 8409 individuos, distribuidos en 7 órdenes, 13 familias, 26 géneros y 50 especies. De las cuales 4606 individuos corresponden al sector X Paraqtepata y 3803 al sector XI Paqchayoq. Los órdenes con mayor número de especies fueron: Lecanorales(25 especies), Caliciales (11 especies) y Peltigerales (8); las familias con más especies fueron: Parmeliaceae (19), Physciaceae (9) y Lobariaceae (6).
2. Se identificaron 6 biotipos, siendo los más abundantes los líquenes foliosos (60%) en ambos sectores, seguido de crustosos con un 18%, fruticulosos con 14%; y los que se presentan en menor porcentaje los mixtos (2%) con la especie *Cladonia sp* , gelatinosos (4%) con las especies *Collema sp* y *Leptogium sp* y escuamulosos (2%) con la especie *Cora pavonia*.
3. De acuerdo a la diversidad alfa, Paraqtepata destaca por su mayor riqueza específica, mientras que Paqchayoq presenta una estructura comunitaria más equilibrada, lo que resalta la complejidad del análisis ecológico en sitios arqueológicos. Estas diferentes subrayan la importancia de considerar múltiples índices de diversidad al evaluar la dinámica de líquenes saxícolas en contextos patrimoniales. Sobre la diversidad beta podemos concluir que ambos sectores muestran una similitud en su composición, el análisis de similitud utilizando el índice de Morisita permitió identificar una estructuración clara en la composición de las comunidades de líquenes saxícolas.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda más estudios sobre la presencia de líquenes saxícolas en los paramentos de los sitios arqueológicos, para promover un protocolo en el proceso de restauración y no se vean afectados ambas partes.
- Se sugiere monitoreos del crecimiento poblacional de los líquenes saxícolas en los paramentos arqueológicos.
- Se recomienda este estudio como base para la investigación de especies patológicas en arqueología, y como parte del registro de diversidad biológica en el Parque arqueológico de Choquequirao.

## BIBLIOGRAFIA

Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 45(174):122-135, enero-marzo de 2021.

doi:<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1224>

Adrias, G. (1935). Líquenes del Valle de México. Tesis. Maestría en Ciencias Biológicas.

Universidad Nacional Autónoma de México

Ahmadjian, V. (1993). "The lichen symbiosis". J. Wiley & Sons, Inc. New York

Alexopoulus, C., (1985). Introduccion a la Micologia. Ed Omega S.A. Barcelona- España.

Álvarez, I., & Guzmán-Dávalos, L. (2009). Flavopunctelia y Punctelia (Ascomycetes

liquenizados) de Nueva Galicia, México. Revista mexicana de micología: órgano oficial de la Sociedad Mexicana de Micología, 29, 15–29.

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000100004)

[31802009000100004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000100004)

Angulo Valdeiglesia, L. (2017). Choquequirao: Ciencia, 49-64.

Apaza H, J. y. (2014). Choquequirao y los tejidos para los dioses y señores inka. Arqueologia y Sociedad, Nro. 27, 409-434.

Apaza H, J., & Gallegos G, H. (2014). Choquequirao y los tejidos para los dioses y señores inka. Arqueologia y Sociedad, Nro 27, 409-434.

Aquino, Daniel E., Varinia Matute, Walda Renée Salazar, Adriana L. Segura Y Giovanni, V., (2009). El Misterio del Manto Verde: Identificando La Cobertura Vegetal de la Arquitectura Prehispánica. En XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en

- Guatemala, 2008 (Editado Por J.P. Laporte, B. Arroyo Y H. Mejía), Pp.377-395. Museo Nacional De Arqueología y Etnología, Guatemala (Versión Digital).
- Armstrong, R.A., Welch, A.R. (2007). Competition in lichen communities. *Symbiosis* 43: 1-12.
- Auguste Choisy, (2003), *El arte de construir en Roma*", Madrid, Ed. Reverté
- Barreno, E. (1998). Hongos simbios. *Botanica. España*. McGraw-Hill. 309-335 pg.
- Barreno, E., & Perez, S., (2003). Liqueenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias. Recuperado el 26 de mayo de 2025, de <https://es.scribd.com/document/393195970/Introduccion-a-La-Micologia-C-Alexopoulos-C-Mims-Omega-1985-OCR>
- Barreno, E., & Rico, V. J. (1984). Sobre La Biología De Los Líquenes. I. Anatomía, Morfología Y Estructuras Vegetativas. *Canales de Biología*, (1), 161–195. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/70291>
- Barreto, D. & Esquivel, H., (2020). Diversidad, ditribucion y riqueza de liquenes en las zonas verdes de la ciudad de Ibagué. *Bol. Cient. Mushist. Nat. U. de las caldas*, 24(2):25-39. <https://doi.org/10.17151/bccm.2020.24.2.2>.
- Benavente García, J. P., Cazorla Palomino, M. Y., Moreno Herrera, M., Montufar Florez, J., Gobierno Regional Cusco, Ochoa, J. A., Cahuana Valderrama, N., Baiker, J. R., Monteagudo, A., Zegarra, R. F., Arriaga, M. V., Chaparro Auza, J. C., Zolorzano Aitara, J. P. N., Zambrano, H. M., Baiker, J. R., Huamán, E. D. B., Barriga Salas, N. A., Bustamante Navarrete, A. A., Zúñiga Rivas, D., Cahuana Valderrama, N. (2022).

- Biodiversidad Del Área De Conservación Regional Choquequirao (Saúl E. Ponce Valdivia, Ed.).
- Brodo, Irwin & Sharnoff, Sylvia & Sharnoff, Stephen. (2002). Lichens of North America. Blue Jay. 60. 10.29173/bluejay5827.
- Carballal, R., Rowe, J., & Casares- Porcel, M. (2006). INTRODUCCION A LOS LIQUENES.
- Cardós, J.L.H., Martínez, I., Calvo, V., Aragón, G. (2016). Epiphyte communities in Mediterranean fragmented forests: Importance of the fragment size and the surrounding matrix. *Landscape Ecology* 31: 1975-1995.
- Carmona-Galindo, Victor D. and Carmona, Tizziana V., "La Diversidad de los Análisis de Diversidad La Diversidad de los Analisis de Diversidad [The Diversity of Diversity Analyses]" (2013). *Biology Faculty Works*. 28.  
[https://digitalcommons.lmu.edu/bio\\_fac/28](https://digitalcommons.lmu.edu/bio_fac/28)
- Chaparro de Valencia M. 2002. Hongos liquenizados. 220 paginas
- Chaparro, M. & Aguirre, J. (2002). Hongos Liquenizados. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Colección Textos. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Cruz D., J. Mauricio M. Herrera C., Martha Lucas G., Cesar Nolasco R., Y Alina Uribe G. (2000). Estudio de la Diversidad de Líquenes Saxícolas de la Peña de Perritos (La Marquesa, Edo. De México). Carrera de Biología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México 54090, México Versión Final: febrero 28, 2000
- Diederich, D. Ertz, C. Gueidan, K. Hansen, R. C. Harris, K. Hosaka, Y. W. Lim, B.



E. Arnold, J. Miadlikowska, J. Spatafora, D. Johnson, S. Hambleton, M. Crockett,

Echevarría López, G.-T., Monrroy Quiñones, L., & Alccacontor Pumayalli, E. (2019). Guía arqueológica de Choquequirao, Cuzco- Perú. Lima.

Echevarría, Gori-Tumi; Monrroy, L., & Alccacontor, E., (2019). Guía arqueológica de Choquequirao, Cuzco-Perú. Revista Haucaypata, investigaciones arqueológicas del Tahuantinsuyo, Año 8 Nro. 14: 90-116.

Echeverría, J. (2011). Glosario de arqueología y temas adyacentes. Quito- Ecuador: Ediecuatorial.

Fanning, E.F., Ely, J.S., Lumbsch, H.T., Keller, H.W. (2007). Vertical distribution of lichen growth forms in tree canopies of Great Smoky Mountains National Park. Southeast. Nat. Special Issue 1: 83-88.

Ferro, N. (2019). Diversidad de líquenes en el sector Monterosa de Huamanpata del distrito de Huayopata, Provincia de la Convención-Cusco. Seminario de Investigación. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Facultad de Ciencias, Escuela Profesional de Biología.

Gamio, G., & Luis, J. (2022). Formulación del método bioquímico para mitigar el deterioro lítico de los efectos producidos por la Caloplaca sp. Caso: Sitio arqueológico Tarawasi-Limatambo-Anata- periodo 1999-2018. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Hale, M. (1974). The Biology of Lichens. 2da Edición. Edward Arnold Ltd

- Hawksworth D., Iturriaga T. y Crespo A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Rev. Iberoam. Mic.* 22, 71–82.
- Hawksworth, D. L. 1988. The variety of fungal-algal symbioses, their evolutionary significance, and the nature of lichens. *Bot. J. Linn. Soc.* 96: 3 – 20
- Hawksworth, D. L. 2000. Freshwater and marine lichen-forming fungi. *Fungal Diversity*, 5, 1- 7.
- Hibbett, T. Y. James, E. Baloch, M. Grube, V. Reeb, V. Hofstetter, C. Schoch, A.
- Honegger, R. (2008). Mycobionts. En: Nash III, T. H. (ed.) *Lichen Biology*. New York: Cambridge University Press.
- Huallparimachi, G., (2021). Estudio de la biota liquénica en los parámetros de los recintos de la ciudad inka del Santuario Histórico de Machupicchu. Tesis para optar el título profesional de biólogo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Huereca, A., Salcedo-Martínez, S. M., Alvarado, M. A., & Moreno-Limón, S. (2018). Los líquenes: definición, características, importancia y usos potenciales. *Biología y Sociedad*, 1(1), 17–27. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9108399>
- Ingemet, s/f. (S/f-e). Gob.pe. Recuperado el 27 de mayo de 2025, de <https://app.ingemet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG14-050.pdf>
- Jimenez Manrique, M. T., & Salas Recharte, P. (2020). Biodiversidad del parque arqueológico de Choquequirao. Cusco.

- Jiménez-Valverde, Alberto Hortal, Joaquín (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos (2003) Artículo.Revista ibérica de aracnología Núm. 8 Pág. 151-161
- Johansson, V., Snäll, T., Johansson, P., Ranius, T. (2010). Detection probability and abundance estimation of epiphytic lichens based on height-limited surveys. *Journal of Vegetation Science* 21: 332-341.
- Judkevich, M., Medina, W., & Salas, R. (2005). Hongos liquenizados. Recuperado el 26 de Mayo de 2025 de [https://exa.unne.edu.ar/carreras/docs/HONGOS\\_%20LIQUENIZADOS.pdf](https://exa.unne.edu.ar/carreras/docs/HONGOS_%20LIQUENIZADOS.pdf)
- Kappen L. (1994). "The lichen, a mutualistic system- some mainly ecophysiological aspects. Cryptogamic". *Botany* 4: 193-202. 5 fig. 2 tab.
- Kappen, L. 1973: Respuesta a ambientes extremos. - En: V. Ahmadjian y M. E. Hale (eds.): *The Lichens* . Academic Press, Nueva York y Londres, págs. 311-380. [Lista RLL n.º 88 / Rec. n.º 9793]
- Kent, M. & P. Coker (1992). *Vegetation description and analysis. A practical approach*. Wiley, Nueva York. 363 p.
- Kornerup, A., y Wanscher, J. H. (1978). *Methuen Handbook of Colour*. 3ra Edición. Eyre Methuen de Londres.
- Kumar, R., y Kumar , A. V. (1999). *Biodeterioration of stone in tropical environments*. Los Angeles:Getty Conservation Institute.: An overview.

Lesica, P., McCune, B., Cooper, S.V., Hong, W.S. (1991). Differences in lichen and bryophyte communities between oldgrowth and managed second growth forests in Swan Valley, Montana. *Canadian Journal of Botany* 69: 1745-1755.

Li, S., Liu, W.Y., Li, D.W., Song, L., Shi, X.M., Lu, H.Z. (2015). Species richness and vertical stratification of epiphytic lichens in subtropical primary and secondary forests in southwest China. *Fungal Ecology* 17: 30-40.

Life: Progress, Classification,

Líquenes escudo verde (género *Flavoparmelia*) . (s/f). iNaturalista Ecuador. Recuperado el 30 de abril de 2025, de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/117951-Flavoparmelia>

Líquenes y contaminación «Artículos Educativos ». (2021, junio 10). Museo Nacional de Costa Rica. <https://www.museocostarica.go.cr/divulgacion/articulos-educativos/liquenes-y-contaminacion/>

Liu D, Hur JS. Revision of the Lichen Genus *Phaeophyscia* and Allied *Atranorin* Absent Taxa (*Physciaceae*) in South Korea. *Microorganisms*. (2019) Aug 6;7(8):242. doi: 10.3390/microorganisms7080242. PMID: 31390815; PMCID: PMC6723189.

Lücking, R. & E. Rivas Plata 2008. Clave y Guía Ilustrada Para Géneros de *Graphidaceae*. *GLALIA*, 1, 1 - 41.

Lücking, R., E. Rivas Plata, J. L. Chaves, L. Umaña & H. Sipman 2009b. How many tropical lichens are there... really? *Bibliotheca Lichenologica*, 100, 399 - 418.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

- Mamani Condori, J. (2012). Lichenobiota Epifita Del Bosque Nublado-Reserva De Biósfera Del Manu Kosñipata-Cusco. Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco.
- Marino, E., (2016). Determinación de la diversidad de líquenes saxícolas de tres sitios arqueológicos de Cajamarca. Tesis para optar el título de maestría. Universidad Nacional de Cajamarca- Escuela de Post Grado.
- Matheny, H. Nishida, D. Pfister, J. Rogers, A. Rossman, I. Schmitt, H. Sipman, J.
- Matteucci, D., & Colma, A., (1982). Metodología para el estudio de la vegetación Publisher: The General Secretariat of the Organization of American States Editor: Eva V. Chesneau ISBN: 0 8270 1611 5. January 1982
- Minga, N., (2016). Aportes de la Agroecología campesina: Casos en la Sierra Sur del Ecuador. Leisa revista de agroecología: 36-46, 2016
- Molina et al. (2022). Biota líquénica en el monumento arqueológico de Pawkarkancha Santuario Histórico de Machupicchu Rev. Q'EUÑA 13(1): 25- 36.
- Moncada, B. & Lücking, R. (2021). Introducción a la Biología y Taxonomía de los Líquenes Colombianos – Una Guía para Reconocer su Biodiversidad e Importancia
- Moning, C., Werth, S., Dziock, F., Bässler, C., Bradtka, J., Hothorn, T., Müller, J. (2009). Lichen diversity in temperate montane forests is influenced by forest structure more than climate. Forest Ecology and Management 258: 745-75.
- Moreno, C., (2001). Métodos para medir la biodiversidad.

- Moreno, C., Barragán, E., & Pavón N., (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1249-1261, 2011
- Moreno, Efraín & Sánchez, A. & Hernández, Jesús. (2007). *Guía Ilustrada de líquenes de Venezuela*.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual De Métodos Básicos De Muestreo Y Análisis En Ecología Vegetal*. Santa Cruz De La Sierra - Bolivia, Bolivia: El País
- Nascimbene, J., Marini, L., Motta, R., Nimis, P.L. (2009). Influence of tree age, tree size and Crown structure on lichen communities in mature Alpine spruce forests. *Biodiversity and Conservation* 18: 1509-1522.
- Nash III, T. H. 2008. Introduction. En: Nash III, T. H. (ed.) *Lichen Biology*. New York: Cambridge University Press.
- Ochoa, J. (2022). *Choquequirao, Biodiversidad del Área de Conservación Regional*. Gobierno Regional Cusco.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales L., (1976). *Mapa ecológico del Perú: guía explicativa*. Lima: ONERN.
- Ortiz De Orué, H. (2020). Estimación De Los Beneficios Sociales Reportados Por La Conservación Y El Turismo En El Área Natural De Choquequirao. *Letras Verdes Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales*, 27, 167–188.
- <https://doi.org/10.17141/Letrasverdes.27.2020.3921>

- Peksa, O., Škaloud, P. (2011). Do photobionts influence the ecology of lichens? A case study of environmental preferences in symbiotic green alga *Asterochloris* (Trebouxiophyceae). *Mol. Ecol.* 20: 3936 – 3948.
- Pinho, P., Bergamini, A., Carvalho, P., Branquinho, C., Stofer, S., Scheidegger, C., Máguas, C. (2012). Lichen functional groups as ecological indicators of the effects of land-use in Mediterranean ecosystems. *Ecological Indicators* 15: 36-42.
- Proyecto Especial Plan Copesco. (1986-2008). Gob.pe. Recuperado el 27 de mayo de 2025, de <https://www.gob.pe/peplancopesco>
- 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
- R. Shoemaker, G. H. Sung, R. Lücking, T. Lumbsch, K. O'Donnell, M. Binder, P.
- Ramírez A., & Valencia N. (2020). Liquenobiota Saxícola Del Nevado Pastoruri (Áncash, Perú). *Revista Peruana De Biología* 27(2): 543 - 552 (noviembre 2020). Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.15381/Rpb.V27i4.19205](http://Dx.Doi.Org/10.15381/Rpb.V27i4.19205)
- Ramirez, A., & Cano, A., (2005). Líquenes de Pueblo Libre, una localidad andina en la Cordillera Negra (Huaylas, Ancash, Perú). *Revista peruana de biología*, ISSN 1727-9933, Vol. 12, N°. 3, 2005, pags. 383-396. 12. 10.15381/rpb.v12i3.2414.
- Ramos, D., (2012). Diversidad y Distribución de líquenes en el Parque Nacional Cerros de Amotape tumbes- Perú Setiembre -diciembre, 2009. Tesis para optar el Título de Biólogo.

- Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Escuela Profesional y Académica de Biología.
- Ramos, D., (2014). Lista de especies de líquenes y hongos liquenícolas del Perú. *Glalia. Revista electrónica Del Grupo Latinoamericano De Liquenólogos*, Vol. 6(2), 1  
49. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/glalia/article/view/44088>
- Rather, Luqman & Jameel, Salman & Ali, Showkat & Bhat, Khursheed & Yusuf, Mohd. (2018). Lichen Derived Natural Colorants: History, Extraction, and Applications. Handbook of Renewable Materials for Coloration and Finishing. 103-114.  
10.1002/9781119407850.ch6.
- Robert, M. (1993). Role du facteur biologique Barcelona – España.
- Rodriguez, J. M., Estrabou, C., & Quiroga, G. (2012). El género *Heterodermia* (Lecanorales - Physciaceae) en el centro norte de Argentina. *Acta botanica Brasilica*, 26(4), 1000–1005.  
<https://doi.org/10.1590/s0102-33062012000400030>.
- Ryan, B. D., Nash III, T. H., y Herrera, M. A. (1996). Catalog of the Lichens of México.  
<http://lichen.la.asu.edu/sonoran.desert/chekmex.html>
- Rycenga, J. (s/f). *Flavopunctelia* . Imagen Hongo. Recuperado el 30 de abril de 2025, de  
<https://picturemushroom.com/es/wiki/Flavopunctelia.html>
- Scagel, R., Bandorani, J., Rouse G., (1980). El reino vegetal. Ediciones Omega S.A.
- Scheaffer, R. L., Mendenhall, W., y Ott, L. (1987). Elementos de muestreo. Mexico: Iberoamericano.
- SERFOR (2018). Libro rojo de fauna silvestre amenazada del Perú. Lima. Perú.



- Soto E. Y Bolaños. A.C. (2010). Diversidad De Líquenes Cortícolas En El Bosque Subandino De La Finca Zíngara (Cali, Valle Del Cauca). May 2011; Revista De Ciencias 14:37-44.
- Soto Medina, E., Díaz, D., & Montaña, J. (2021). Biogeografía y riqueza de los líquenes de Colombia: Biogeografía y riqueza de líquenes en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* , 45 (174), 122–135.  
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1224>
- Soto-Correa, J.C., Puebla, L.G., Concostrina- Zubiri, L., Gomez-Romero, M., Cambron-Sandoval, V.H. (2021). Variación De La Abundancia De Dos Líquenes Saxícolas En Función De La Aridez Estado De Querétaro. *Materia, Ciencia Y Nanociencia*. Vol. 4, N°2, diciembre 2021.
- Stone, J. Sugiyama, R. Yahr & R. Vilgalys (2004). Assembling the Fungal Tree of
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Resolución administrativa de SERFOR



#### RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Que, conforme a los objetivos, métodos y técnicas detallados en el plan de investigación presentado, así como los plazos establecidos en el cronograma del proyecto, analizados en el informe técnico INFTEC N° D000185-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CUSCO de fecha 19 de julio de 2024, es pertinente otorgar la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre a la señora Nayshia Anais Huaman Ovalle identificada con DNI N° 72505021, como investigadora principal para la ejecución del proyecto "Diversidad de líquenes saxícolas en los paramentos de los sectores X y XI del Parque Arqueológico Choquequirao, distrito Santa Teresa, provincia La Convención - Cusco".

Que, de conformidad a lo dispuesto en la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre; la Ley N° 27444; el Texto Único Ordenado de la Ley del Procedimiento Administrativo General, Ley N° 27444; el Decreto Supremo N° 007-2013- MINAGRI, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, modificado mediante Decreto Supremo N° 016-2014- MINAGRI, en la cual incorpora a las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre como Órganos desconcentrados de actuación local del SERFOR; y la Resolución De Dirección Ejecutiva N° D000160-2024-MIDAGRI-SERFOR-DE;

#### SE RESUELVE:

**Artículo 1°.-** Otorgar la autorización con fines de investigación científica de fauna silvestre fuera de Áreas Naturales Protegidas y dentro de territorio de comunidades, a la administrada Nayshia Anais Huaman Ovalle identificada con documento nacional de identidad N° 72505021, para la realización de la investigación científica titulada: "Diversidad de líquenes saxícolas en los paramentos de los sectores X y XI del Parque Arqueológico Choquequirao, distrito Santa Teresa, provincia La Convención - Cusco", en la que participará como investigadora principal, en virtud de las consideraciones antes expuestas, correspondiéndole el Código de Autorización N° 08-CUS-AUT-IFL-2024-005.

**Artículo 2°.-** La investigación científica autorizada contempla evaluar la diversidad de líquenes saxícolas presentes en los paramentos de los sectores X y XI del Parque Arqueológico Choquequirao; la determinación taxonómica, identificar los biotipos de líquenes y el análisis de diversidad y riqueza. Y con el detalle de la colecta según la tabla 2 del anexo 3.

**Artículo 3°.-** El desarrollo de la investigación científica autorizada se circunscribe al Parque Arqueológico Choquequirao Sectores X y XI, distrito Santa Teresa provincia La Convención y departamento Cusco, de acuerdo con las coordenadas referenciales detalladas en la Tabla 1 del Anexo 2 adjunto.

**Artículo 4°.-** En mérito a la autorización que precede, la titular se encuentra sujeta al cumplimiento del cronograma de trabajo del plan de investigación aprobado, por el periodo comprendido de **doce (12) meses**, contados a partir de la notificación de la presente Resolución.

**Artículo 5°.-** Autorizar a título personal la presente investigación científica, ya que la administrada no ha presentado equipo de investigadores.

**Artículo 6°.-** La titular, investigadora principal de la autorización tiene las siguientes obligaciones:

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, cuya validez dispuso por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 070-2010-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: Q620DFD

Investigación  
en el



## RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

- a) No extraer especímenes, ni muestras biológicas de flora silvestre no autorizadas, no ceder los mismos a terceros, ni utilizarlos para fines distintos a lo autorizado.
- b) No contactar ni ingresar a los territorios comunales sin contar con la autorización de las autoridades comunales correspondientes.
- c) Retirar todo el material empleado para la ejecución del presente estudio una vez terminado el trabajo de campo y levantamiento de información biológica.
- d) En caso corresponda, depositar el material colectado en una institución científica nacional depositaria de material biológico, así como entregar a la ATFFS Cusco la constancia de dicho depósito. En casos debidamente justificados, y siempre que el material colectado no constituya holotipos ni ejemplares únicos, el depósito podrá realizar en una institución distinta a la mencionada para ello se requiere la autorización del SERFOR.
- e) Solo en el caso que por razones científicas acotadas se requiere enviar al extranjero parte del material colectado, el interesado deberá gestionar el correspondiente permiso de exportación ante la Dirección General Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, así como pasar el control respectivo. Los ejemplares únicos de los grupos taxonómicos colectados y holotipos solo podrán exportado en calidad de préstamo.
- f) Entregar a la ATFFS Cusco una (01) copia del informe final en idioma español (incluyendo versión digital) como resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y/o slides que pueda ser utilizadas para difusión. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- g) El informe final deberá contener una lista taxonómica de las especies objeto de la presente autorización de colecta, en formato MS Excel. Esta lista deberá contar con sus respectivas coordenadas UTM (datum WGS84) incluyendo la zona (17, 18, 19). Asimismo, incluir los datos de colecta de cada espécimen. El informe final que debe ser usado se encuentra en el anexo 1 de la presente resolución.
- h) El plazo de cumplimiento de lo señalado en el literal d) y g) no deberá ser mayor a los seis (06) meses al vencimiento de la presente autorización.
- i) Solicitar anticipadamente a la ATFFS Cusco y dentro del plazo de vigencia de la resolución, cualquier cambio en las características de la investigación aprobada, que demanden la modificación de la presente resolución.
- j) Indicar el número de la resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.

**Artículo 7°.** – Exhortar a la titular de la presente autorización, cumplir en estricto con las disposiciones legales en materia forestal y de fauna silvestre, caso contrario se procederá a instaurar procedimiento administrativo sancionador.

**Artículo 8°.** – La titular deberá implementar todas las medidas de seguridad y eliminación de impactos que se pueda producir por las actividades propias de la fase de campo, como toma de datos, tratamiento y transporte de muestras, transporte de equipos, personal, entre otros.

**Artículo 9°.** – Los derechos otorgados a través de la presente autorización, no eximen a su titular de contar con la autorización respectiva para el ingreso a territorios de comunidades nativas o comunidades campesinas, ANP, predios privados ni áreas comprendidas en títulos habilitantes, por lo que es responsabilidad de la titular obtener las citadas autorizaciones.

**Artículo 10°.** – La Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Cusco del SERFOR, no se responsabiliza por accidentes o daños sufridos por la solicitante y su equipo durante la ejecución del proyecto; asimismo, se reserva el derecho de demandar al proyecto de





## RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

investigación, los cambios a que hubiese lugar en los casos en se dicten nuevas disposiciones legales o se formulen ajustes sobre la presente autorización.

**Artículo 11°.-** Informar que el incumplimiento de los compromisos adquiridos podrá ser causal para denegar futuras autorizaciones a nivel institucional.

**Artículo 12°.-** Notificar la presente resolución y el informe técnico INFTEC N° D000185-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CUSCO de fecha 19 de julio de 2024, a la administrada Nayshia Anaís Huaman Ovalle identificada con documento nacional de identidad N° 72505021 en su domicilio señalado sito en **Picchu La Rinconada Q-2, distrito, provincia y departamento Cusco**, para su conocimiento y fines. Contra la presente resolución, es posible la interposición de los recursos impugnativos previstos en el TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, en el plazo de quince (15) días hábiles más el término de la distancia (en caso corresponda), contados a partir del día siguiente de notificada la presente.

**Artículo 13°.-** Remitir la presente resolución y el INFTEC N° D000185-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CUSCO de fecha 19 de julio de 2024 a la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre, para su correspondiente registro; así como, a la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre.

**Artículo 14°.-** Disponer la publicación de la presente Resolución en el Portal Web del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: [www.gob.pe/serfor](http://www.gob.pe/serfor)


Regístrese y comuníquese

Documento firmado digitalmente


**EDWIN MALDONADO NINA**  
ADMINISTRADOR TECNICO  
ATFFS – CUSCO

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de la D.S. 072-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser comprobadas a través de la siguiente dirección web: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: Q620DFD

**Anexo 2 Solicitud de depósito de muestras al Herbario Vargas Cuz:**



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana




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

**HERBARIO VARGAS CUZ**

**CONSTANCIA DE DEPOSITO N° 002-2025-HVC-FCB-UNSAAC**

El que suscribe, director del Herbario Vargas CUZ, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, **M. Sc. Wilian Nazario Cárdenas Enriquez**, emite la presente Constancia de Depósito de Material Biológico, a la **Bach. Nayshia Anaís Huamán Ovalle**, identificada con Código Universitario N° 131662, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, correspondiente al plan de tesis intitulada **"DIVERSIDAD DE LÍQUENES SAXÍCOLAS EN LOS PARAMENTOS DE LOS SECTORES X Y XI DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO CHOQUEQUIRAO; DISTRITO SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION-CUSCO"** con **RESOLUCIÓN No. D-39 -2024-FCB/UNSAAC** y con N° Expediente **842301**. Se deposita un total de treinta y tres (33) colecciones de líquenes. La colecta de dichas muestras fue autorizada por la **RA N° D000204-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CUSCO** y Código de Autorización **N° 08-CUS-AUT-IFL-2024-005**. La lista de colecciones de líquenes, depositadas al Herbario Vargas CUZ, se adjunta a continuación:

N°	FAMILIA	ESPECIE	Cantidad
1	PARMELIACEAE	<i>Xanthoparmelia hypomeleana</i> (Hale) Hale, E.	1
2	PARMELIACEAE	<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	1
3	PARMELIACEAE	<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh ex Ach)	1
4	LOBARIACEAE	<i>Sticta</i> sp2	1
5	PARMELIACEAE	<i>Everniastrum</i> sp1	1
6	PARMELIACEAE	<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	1
7	PARMELIACEAE	<i>Usnea intermedia</i>	1
8	PARMELIACEAE	<i>Parmotrema</i> sp1	1
9	PARMELIACEAE	<i>Everniastrum</i> sp2	1
10	PARMELIACEAE	<i>Everniastrum</i> sp Hale ex Sipman	1
11	PARMELIACEAE	<i>Parmotrema</i> sp1	1
12	TELOSCHISTACEAE	<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman	1
13	PHYSICIACEAE	<i>Heterodermia</i> sp1	1
14	PARMELIACEAE	<i>Parmotrema</i> sp	1
15	RAMALINACEAE	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.	1
16	PARMELIACEAE	<i>Usnea subfloridana</i> Stirt	1
17	PHYSICIACEAE	<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevisan	1
18	PHYSICIACEAE	<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	1
19	PHYSICIACEAE	<i>Heterodermia</i> sp	1
20	PHYSICIACEAE	<i>Anaptychia leucomela</i> (L.) A. Massal.	1
21	PHYSICIACEAE	<i>Anaptychia setifera</i> (Mereschk.) Rasanen	1
22	HYGROPHORACEAE	<i>Cora pavonia</i> (Weber & D. Mohr) Fr.	1
23	CLADONIAEAE	<i>Cladonia</i> sp	1
24	PARMELIACEAE	<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	1
25	PARMELIACEAE	<i>Usnea barbata</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg	1
26	COLLEMAEAE	<i>Collema</i> sp	1
27	LOBARIACEAE	<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.	1



Firma: \_\_\_\_\_

CR: \_\_\_\_\_

4212-2025-0001

Módulo: \_\_\_\_\_

Fecha: 20/05/2025 21:22:26-0500



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana



N°	FAMILIA	ESPECIE	Cantidad
28	LOBARIACEAE	<i>Pseudocyphellaria clathrata</i> (De Not.) Malme	1
29	LOBARIACEAE	<i>Sticta</i> sp1	1
30	LOBARIACEAE	<i>Sticta</i> sp	1
31	LOBARIACEAE	<i>Sticta</i> sp3	1
32	PARMELIACEAE	<i>Flavopunctelia</i> sp1	1
33	PARMELIACEAE	<i>Flavopunctelia</i> sp	1
		<b>Total</b>	<b>33</b>

Se expide la presente constancia, a petición formal de la interesada para los fines que viera por conveniente.

Cusco, 08 de agosto del 2025




Firmado digitalmente por:  
CHAMA MOSCOSO Víctor FIR  
40129267 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 09/08/2025 21:32:44-0500

Blgo. Víctor Chama Moscoso  
Curador del Herbario Vargas CUZ

  
M. Sc. Wilian N. Cáceres Enriquez  
Director del Herbario Vargas CUZ

## Anexo 3 Plantilla de registro de datos

<b>PLANILLA DE REGISTRO DE DATOS</b>																			
Ejemplar N°:		Colector:		N° del Colector:															
Fecha:		Localidad:																	
Altitud:	Latitud:	Longitud:	Humedad:	Temperatura:															
<b>TIPO DE LIQUEN DE ACUERDO A:</b>																			
El sustrato:	cortícola <input type="checkbox"/>	litológica <input type="checkbox"/>	musciícola <input type="checkbox"/>	saxícola <input type="checkbox"/>	terrícola <input type="checkbox"/>														
El talo:	crustáceo <input type="checkbox"/>	foliáceo <input type="checkbox"/>	fruticulosos <input type="checkbox"/>	gelatinoso <input type="checkbox"/>	mixto <input type="checkbox"/>														
El hábito:	erguido <input type="checkbox"/>	erecto <input type="checkbox"/>	patente <input type="checkbox"/>	suberecto <input type="checkbox"/>	trepador <input type="checkbox"/>														
Textura del talo:	pulverulento <input type="checkbox"/>	escumoso <input type="checkbox"/>	primoso <input type="checkbox"/>	liso <input type="checkbox"/>	otro <input type="checkbox"/>														
Forma del talo:	cilíndrico <input type="checkbox"/>	aplanado <input type="checkbox"/>	otro <input type="checkbox"/>																
Borde del talo:	lobulillo <input type="checkbox"/>	entero <input type="checkbox"/>	irregular <input type="checkbox"/>	ondulado <input type="checkbox"/>	otro <input type="checkbox"/>														
Consistencia del talo (membranosos):	<input type="checkbox"/>		delgado <input type="checkbox"/>	coriáceo <input type="checkbox"/>	quebradizo <input type="checkbox"/>														
Color del talo:	amarillo <input type="checkbox"/>	rojo <input type="checkbox"/>	verde <input type="checkbox"/>	naranja <input type="checkbox"/>	otro <input type="checkbox"/>														
Parte central del talo:	sólido <input type="checkbox"/>	húmedo <input type="checkbox"/>	con un cordón central <input type="checkbox"/>																
Talo secundario (protección):	forma de cuerno <input type="checkbox"/>	forma de trompa <input type="checkbox"/>	forma de torre <input type="checkbox"/>																
<b>ESTRUCTURAS VEGETATIVAS</b>																			
RIZINAS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/> Distribución: cercanas al borde <input type="checkbox"/> cercanas al centro <input type="checkbox"/>																			
Ramificación: no ramificado <input type="checkbox"/> dicotómica <input type="checkbox"/> irregular <input type="checkbox"/>																			
TOMENTO: ausente <input type="checkbox"/> presente <input type="checkbox"/> Distribución: cara ventral <input type="checkbox"/> cara dorsal <input type="checkbox"/> ambas caras <input type="checkbox"/>																			
CIFELAS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/>																			
PSEUDOCIFELAS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/>																			
CILIOS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/> Color: mismo color talo <input type="checkbox"/> negro <input type="checkbox"/> rosado <input type="checkbox"/> otro <input type="checkbox"/>																			
<b>ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS</b>																			
APOTECIOS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/> Forma: circular <input type="checkbox"/> lineal (lineal) <input type="checkbox"/>																			
Color: negro <input type="checkbox"/> gris <input type="checkbox"/> rosado <input type="checkbox"/> naranja <input type="checkbox"/> amarillo <input type="checkbox"/> de 2 colores <input type="checkbox"/> otro <input type="checkbox"/>																			
Tipo: lecanorino <input type="checkbox"/> lecideino <input type="checkbox"/> biatorino <input type="checkbox"/>																			
PERITECIOS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/>																			
MACEDIOS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/>																			
SOREDIOS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/> Distribución: en toda la corteza superior <input type="checkbox"/> sólo en los bordes <input type="checkbox"/>																			
en grupos aislados <input type="checkbox"/> Cantidad: abundantes <input type="checkbox"/> escasos <input type="checkbox"/>																			
ISIDIOS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/> Forma: verrugosos <input type="checkbox"/> globosos <input type="checkbox"/> escumosos <input type="checkbox"/> cilíndricos <input type="checkbox"/> otros <input type="checkbox"/>																			
Cantidad: abundantes <input type="checkbox"/> escasos <input type="checkbox"/>																			
CEFALODIOS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/>																			
PICNIDIOS: ausentes <input type="checkbox"/> presentes <input type="checkbox"/>																			
ASCOSPORAS: Forma: globosa <input type="checkbox"/> ovoide <input type="checkbox"/> oblonga <input type="checkbox"/> alargada <input type="checkbox"/> Número: <input type="text"/>																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;">P</th> <th style="width: 15%;">K</th> <th style="width: 15%;">C</th> <th style="width: 15%;">KC</th> <th style="width: 15%;">UV</th> <th style="width: 15%;">I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left; padding: 2px;"><b>REACCIÓN</b> (Cambio de coloración)</td> <td style="height: 30px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							P	K	C	KC	UV	I	<b>REACCIÓN</b> (Cambio de coloración)						
	P	K	C	KC	UV	I													
<b>REACCIÓN</b> (Cambio de coloración)																			
<b>REACCIÓN</b> (Formación de apotecios) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px; text-align: center;">  </div>																			
Nota: La intención de esta planilla es facilitar la recolección de datos y el posterior empleo de claves para determinar el género y la especie a la cual pertenece el líquen.																			



**Anexo 4** Base de datos de los líquenes saxícolas registrados en los sectores X y XI del parque arqueológico de Choquequirao

N°	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	BIOTIPO	Sector X Paraqtepata	Sector XI Paqchayoq	N° DE INDIVIDUOS
1	AGARICALES	HYGROPHORACEAE	<i>Cora pavonia (Weber &amp; D. Mohr) Fr.</i>	Escuamuloso	12	0	12
2			<i>Buellia aethalea (Ach.)</i>	Crustoso	277	280	557
3			<i>Buellia stellulata (Taylor) Mudd</i>	Crustoso	342	404	746
4			<i>Anaptychia leucomela (L.) A. Massal.</i>	Fructiculoso	13	12	25
5			<i>Anaptychia setifera (Mereschk.) Rasanen</i>	Fructiculoso	17	10	27
6	CALICIALES	PHYSICIACEAE	<i>Heterodermia obscurata (Nyl.) Trevis.</i>	Folioso	11	13	24
7			<i>Heterodermia sp</i>	Folioso	22	0	22
8			<i>Heterodermia sp1</i>	Folioso	0	7	7
9			<i>Heterodermia speciosa (Wulfen) Trevisan</i>	Folioso	17	7	24
10			<i>Phaeophyscia sp</i>	Folioso	13	10	23
11			<i>Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier</i>	Folioso	18	0	18
12			<i>Physcia sp</i>	Folioso	11	4	15
13		CLADONIAACEAE	<i>Cladonia sp</i>	Mixto	23	0	23
14		LECANORACEAE	<i>Lecanora sp</i>	Crustoso	0	169	169
15			<i>Lecanora sp1</i>	Crustoso	0	189	189
16	LECANORALES	PARMELIACEAE	<i>Everniastrum sp Hale ex Sipman</i>	Folioso	13	6	19
17			<i>Everniastrum sp1</i>	Folioso	12	0	12
18			<i>Everniastrum sp2</i>	Folioso	11	0	11
19			<i>Flavoparmelia soledians (Nyl.) Hale</i>	Folioso	47	6	53
20			<i>Flavopunctelia sp</i>	Folioso	23	0	23
21			<i>Flavopunctelia sp1</i>	Folioso	11	0	11
22			<i>Parmelia sp</i>	Folioso	28	4	32
23			<i>Parmelia sp1</i>	Folioso	15	7	22
24			<i>Parmotrema crinitum (Ach.) M. Choisy</i>	Folioso	51	4	55
25			<i>Parmotrema reticulatum (Taylor) M. Choisy</i>	Folioso	52	3	55
26			<i>Parmotrema sp</i>	Folioso	14	0	14

27			<i>Parmotrema sp1</i>	Folioso	21	5	26
28			<i>Usnea barbata</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg	Fruticuloso	19	4	23
29			<i>Usnea intermedia</i>	Fruticuloso	12	0	12
30			<i>Usnea subfloridana</i> Stirt	Fruticuloso	14	3	17
31			<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh ex Ach)	Folioso	25	0	25
32			<i>Xanthoparmelia hypomeleana</i> (Hale) Hale, E.	Folioso	27	0	27
			<i>Xanthoparmelia incerta</i> .(Kurok yFilson) Elix y J. Johnst	Folioso	33	25	58
34			<i>Xanthoparmelia sp</i>	Folioso	46	5	51
35		RAMALINACEAE	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.	Fruticuloso	35	7	42
36		STEREOCAULACEAE	<i>Lepraria finkii</i> (B. de Lesd.) R. Harris	Crustoso	299	422	721
37			<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	Crustoso	494	353	847
38	LECIDEALES	LECIDACEAE	<i>Lecidea sp. Hale</i>	Crustoso	0	418	418
39		COLLEMATACEAE	<i>Collema sp</i>	Gelatinoso	8	0	8
40			<i>Leptogium sp</i>	Gelatinoso	9	4	13
41		LOBARIACEAE	<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.	Folioso	18	3	21
42	PELTIGERALES		<i>Pseudocyphellaria clathrata</i> (De Not.) Malme	Folioso	6	0	6
43			<i>Sticta sp</i>	Folioso	15	1	16
44			<i>Sticta sp1</i>	Folioso	7	0	7
45			<i>Sticta sp2</i>	Folioso	9	0	9
46			<i>Sticta sp3</i>	Folioso	10	0	10
47			<i>Caloplaca sp</i>	Crustoso	252	256	508
48	TELOSCHISTALES	TELOSCHISTACEAE	<i>Polyschisma stellatta</i> (Wetmore y Karnefelt)	Crustoso	1147	474	1621
49			<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman	Fruticuloso	43	6	49
50	VERRUCARIALES	VERRUCARIACEAE	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers	Crustoso	1004	682	1686
7 ordenes		13 familias	50 especies		4606	3803	8409

Anexo 5 Tabla de abundancia relativa de especies de ambos sectores

N°	Especies	Abundancia	Abundancia Relativa%
1	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers	1686	20.00%
2	<i>Polyscaulionella stellata</i> (Wetmore y Karnefelt)	1621	19.28%
3	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	847	10.07%
4	<i>Buellia stellulata</i> (Taylor) Mudd	746	8.87%
5	<i>Lepraria finkii</i> (B. de Lesd.) R. Harris	721	8.57%
6	<i>Buellia aethalea</i> (Ach.)	557	6.62%
7	<i>Caloplaca</i> sp	508	6.04%
8	<i>Lecidea</i> sp. Hale	418	4.97%
9	<i>Lecanora</i> sp1	189	2.25%
10	<i>Lecanora</i> sp	169	2.01%
	<i>Xanthoparmelia incerta</i> .(Kurok yFilson) Elix y J.		
11	<i>Johnst</i>	58	0.69%
12	<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	55	0.65%
13	<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	55	0.65%
14	<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale	53	0.63%
15	<i>Xanthoparmelia</i> sp	51	0.61%
16	<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman	49	0.58%
17	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.	42	0.50%
18	<i>Parmelia</i> sp	32	0.38%
19	<i>Anaptychia setifera</i> (Mereschk.) Rasanen	27	0.32%
20	<i>Xanthoparmelia hypomeleana</i> (Hale) Hale, E.	27	0.32%
21	<i>Parmotrema</i> sp1	26	0.31%
22	<i>Anaptychia leucomela</i> (L.) A. Massal.	25	0.30%
23	<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh ex Ach)	25	0.30%
24	<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	24	0.29%
25	<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevisan	24	0.29%
26	<i>Cladonia</i> sp	23	0.27%
27	<i>Flavopunctelia</i> sp	23	0.27%
28	<i>Phaeophyscia</i> sp	23	0.27%
29	<i>Usnea barbata</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg	23	0.27%
30	<i>Heterodermia</i> sp	22	0.26%
31	<i>Parmelia</i> sp1	22	0.26%
32	<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.	21	0.25%
33	<i>Everniastrum</i> sp Hale ex Sipman	19	0.23%
34	<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	18	0.21%
35	<i>Usnea subfloridana</i> Stirt	17	0.20%
36	<i>Sticta</i> sp	16	0.19%
37	<i>Physcia</i> sp1	15	0.18%
38	<i>Parmotrema</i> sp	14	0.17%

39	<i>Leptogium</i> sp	13	0.15%
40	<i>Cora pavonia</i> (Weber & D. Mohr) Fr.	12	0.14%
41	<i>Everniastrum</i> sp1	12	0.14%
42	<i>Usnea intermedia</i>	12	0.14%
43	<i>Everniastrum</i> sp2	11	0.13%
44	<i>Flavopunctelia</i> sp1	11	0.13%
45	<i>Sticta</i> sp3	10	0.12%
46	<i>Sticta</i> sp2	9	0.11%
47	<i>Collema</i> sp	8	0.10%
48	<i>Heterodermia</i> sp1	7	0.08%
49	<i>Sticta</i> sp1	7	0.08%
50	<i>Pseudocyphellaria clathrata</i> (De Not.) Malme	6	0.07%
<b>Total, individuos</b>		<b>8409</b>	<b>100%</b>

#### Anexo 6 Abundancia relativa de especies del sector X Paraqtepata

N°	Especies	Abundancia	Abundancia Relativa%
1	<i>Polycauliona stellatta</i> (Wetmore y Karnefelt)	1147	24.90%
2	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers	1004	21.80%
3	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	494	10.73%
4	<i>Buellia stellulata</i> (Taylor) Mudd	342	7.43%
5	<i>Lepraria finkii</i> (B. de Lesd.) R. Harris	299	6.49%
6	<i>Buellia aethalea</i> (Ach.)	277	6.01%
7	<i>Caloplaca</i> sp	252	5.47%
8	<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	52	1.14%
9	<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	51	1.12%
10	<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale	47	1.02%
11	<i>Xanthoparmelia</i> sp	46	1.00%
12	<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman	43	0.93%
13	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.	35	0.76%
	<i>Xanthoparmelia incerta</i> (Kurok y Filson) Elix y J.		
14	<i>Johnst</i>	33	0.72%
15	<i>Parmelia</i> sp	28	0.61%
16	<i>Xanthoparmelia hypomeleana</i> (Hale) Hale, E.	27	0.59%
17	<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh ex Ach)	25	0.54%
18	<i>Cladonia</i> sp	23	0.50%
19	<i>Flavopunctelia</i> sp	23	0.50%
20	<i>Heterodermia</i> sp	22	0.48%
21	<i>Parmotrema</i> sp1	21	0.46%
22	<i>Usnea barbata</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg	19	0.41%
23	<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	18	0.39%
24	<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.	18	0.39%

25	<i>Anaptychia setifera</i> (Mereschk.) Rasanen	17	0.37%
26	<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevisan	17	0.37%
27	<i>Parmelia</i> sp1	15	0.33%
28	<i>Sticta</i> sp	15	0.33%
29	<i>Parmotrema</i> sp	14	0.30%
30	<i>Usnea subfloridana</i> Stirt	14	0.30%
31	<i>Anaptychia leucomela</i> (L.) A. Massal.	13	0.28%
32	<i>Everniastrum</i> sp Hale ex Sipman	13	0.28%
33	<i>Phaeophyscia</i> sp	13	0.28%
34	<i>Cora pavonia</i> (Weber & D. Mohr) Fr.	12	0.26%
35	<i>Everniastrum</i> sp1	12	0.26%
36	<i>Usnea intermedia</i>	12	0.26%
37	<i>Everniastrum</i> sp2	11	0.24%
38	<i>Flavopunctelia</i> sp1	11	0.24%
39	<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	11	0.24%
40	<i>Physcia</i> sp1	11	0.24%
41	<i>Sticta</i> sp3	10	0.22%
42	<i>Leptogium</i> sp	9	0.20%
43	<i>Sticta</i> sp2	9	0.20%
44	<i>Collema</i> sp	8	0.17%
45	<i>Sticta</i> sp1	7	0.15%
46	<i>Pseudocyphellaria clathrata</i> (De Not.) Malme	6	0.13%
<b>Total</b>		<b>4606</b>	<b>100%</b>

#### Anexo 7 Abundancia relativa de especies del Sector XI Paqchayoc

N°	Especies	Abundancia	Abundancia relativa %
1	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers	682	17.93%
2	<i>Polycauliona stellatta</i> (Wetmore y Karnefelt)	474	12.46%
3	<i>Lepraria finkii</i> (B. de Lesd.) R. Harris	422	11.10%
4	<i>Lecidea</i> sp. Hale	418	10.99%
5	<i>Buellia stellulata</i> (Taylor) Mudd	404	10.62%
6	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	353	9.28%
7	<i>Buellia aethalea</i> (Ach.)	280	7.36%
8	<i>Caloplaca</i> sp	256	6.73%
9	<i>Lecanora</i> sp1	189	4.97%
10	<i>Lecanora</i> sp	169	4.44%
	<i>Xanthoparmelia incerta</i> .(Kurok yFilson) Elix y J.		
11	<i>Johnst</i>	25	0.66%
12	<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	13	0.34%
13	<i>Anaptychia leucomela</i> (L.) A. Massal.	12	0.32%

14	<i>Anaptychia setifera</i> (Mereschk.) Rasanen	10	0.26%
15	<i>Phaeophyscia</i> sp	10	0.26%
16	<i>Heterodermia</i> sp1	7	0.18%
17	<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevisan	7	0.18%
18	<i>Parmelia</i> sp1	7	0.18%
19	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) A. Massal.	7	0.18%
20	<i>Everniastrum</i> sp Hale ex Sipman	6	0.16%
21	<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale	6	0.16%
22	<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman	6	0.16%
23	<i>Parmotrema</i> sp1	5	0.13%
24	<i>Xanthoparmelia</i> sp	5	0.13%
25	<i>Leptogium</i> sp	4	0.11%
26	<i>Parmelia</i> sp	4	0.11%
27	<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	4	0.11%
28	<i>Physcia</i> sp1	4	0.11%
29	<i>Usnea barbata</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg	4	0.11%
30	<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	3	0.08%
31	<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.	3	0.08%
32	<i>Usnea subfloridana</i> Stirt	3	0.08%
33	<i>Sticta</i> sp	1	0.03%
<b>Total</b>		<b>3803</b>	<b>100%</b>

**Anexo 8 Fotografías de la fase de campo****Figura 59***Instalando el cuadrante en el sector XI***Figura 60***Realizando la toma de datos.***Figura 61***Registrando las características de la zona***Figura 62***Realizando el registro fotográfico*



**Figura 63**

*Uso del dron para la fotografía*

**Figura 64**

*Registrando las coordenadas con el GPS*



### **Anexo 9** *Fotografías de la fase de laboratorio*

**Figura 65** *Observando las muestras de líquenes en el estereoscopio*

