



# Biota líquénica en el monumento arqueológico de Pawkarkancha Santuario Histórico de Machupicchu

## Lichen biota in the archaeological monument of Pawkarkancha Machupicchu Historical Sanctuary

**Citación:** Molina *et al.* (2022). Biota líquénica en el monumento arqueológico de Pawkarkancha Santuario Histórico de Machupicchu Rev. Q'EUÑA 13(1): 25- 36.

<https://doi.org/10.51343/rq.v13i1.1019>

**Recibido:** Diciembre 19, 2021

**Aceptado:** Junio 08, 2022

**Publicado:** Julio 12, 2022

Ingrid Y. Molina Navarrete<sup>1,2</sup>, Ángel M. Ramírez Ordaya<sup>3</sup>, Gladys Huallparimachi Quispe<sup>1,2</sup>, María E. Holgado-Rojas<sup>1</sup>

**Copyright:** © Molina *et al.* Este es un artículo de acceso abierto revisado por pares y publicado por la Revista Q'EUÑA de la Sociedad Botánica del Cusco (<http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/RQ>) y distribuido bajo los términos de la licencia de atribución Creative Commons, que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

**Declaración de disponibilidad de datos:** Todos los datos relevantes están dentro del documento y sus archivos de información de respaldo.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

<sup>1</sup> Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias, Escuela Profesional de Biología, Centro de Investigación y Producción de Hongos Alimenticios y Medicinales-CIPHAM, Avenida de la Cultura 733, Cusco, Perú.

<sup>2</sup> Dirección Desconcentrada de Cultura, Cusco, Calle Maruri 324

<sup>3</sup> Asociación Proyectos Ecológicos Perú

### Resumen

En la presente investigación se analiza la presencia de hongos liquenizados en los muros arqueológicos (recintos y andenes) del monumento de Pawkarkancha, ubicado en la confluencia de los valles Q'esqa y Pampacahuana a 3,131 msnm. de la región Cusco, con la finalidad de evaluar la riqueza y Diversidad líquénica que se establece en los paramentos de este monumento arqueológico. Los registros se realizaron entre los años 2017 y 2020, mediante el método de conglomerados utilizando cuadrantes de 1m<sup>2</sup>. Se llegó a determinar 13 familias, 24 géneros, 44 especies y morfoespecies, siendo las familias Parmeliaceae, Caliciaceae, Lecanoraceae, y Physciaceae las más abundantes. *Buellia aethalea*, *B. stelulata*, *Lecanora* sp. *Polycauliona stellata* y *Verrucaria nigrescens* fueron las especies de mayor cobertura (80%) destacando el biotipo crustoso en los muros arqueológicos. Se reportan nuevos registros para Perú: *Lepraria tenella*, *Leptogium burnetiae*, *Polycauliona stellata*, *Punctelia constantimontium*, *Pyxine petricola*, *Sticta albocypbellata*, *Xanthoparmelia incerta*, *Xanthoparmelia hypomelaena* y *Wetmoreana brouardii*.

**Palabras clave:** Biodeterioro, líquenes, cobertura, Pawkarkancha, Machupicchu.

### Abstract

The present investigation analyzes presence of lichenized fungi in the archaeological walls (enclosures and platforms) of the Pawkarkancha monument, located at the confluence of the Q'esqa and Pampacahuana valleys at 3,131 msnm of the Cusco region, with the purpose of evaluating the and diversity lichen richness that is established in the walls of this archaeological monument. The records were made between 2018 and 2020, by the conglomerate method using 1m<sup>2</sup> quadrants. 13 families, 24 genera, 44 species and morphospecies were determined, being the families Parmeliaceae, Caliciaceae, Lecanoraceae, and Physciaceae the most abundant. *Buellia aethalea*, *B. stelulata*, *Lecanora* Sp. *Polycauliona stellata* and *Verrucaria nigrescens*, are the species with the greatest coverage (80%), highlighting the crustose biotype in the archaeological walls. New records are reported for Peru: *Lepraria tenella*, *Leptogium burnetiae*,

### Autor Corresponsal:

M. E. Holgado-Rojas

[encarnacion.holgador@unsaac.edu.pe](mailto:encarnacion.holgador@unsaac.edu.pe)

[yuvaymolinanavarrete@gmail.com](mailto:yuvaymolinanavarrete@gmail.com)  
Orcid 0000-0001-9732-3727  
[liquenes\\_peru@yahoo.com](mailto:liquenes_peru@yahoo.com),  
Orcid: 0000-0001-7164-8304  
[gladeydy@yahoo.es](mailto:gladeydy@yahoo.es)  
ORCID 0000-0002-0891-622  
[encarnacion.holgador@unsaac.edu.pe](mailto:encarnacion.holgador@unsaac.edu.pe)  
Orcid: 0000-0002-2285-8679

*Polycauliona stellata*, *Punctelia constantimontium*, *Pyxine petricola*, *Sticta albocephellata*, *Xanthoparmelia incerta*, *Xanthoparmelia hypomelaena* and *Wetmoreana brouardii*.

**Keywords:** Biodeterioration, lichens, cover, Pawkarkancha, Machupicchu

## Introducción

Pawkarkancha se encuentra dentro de la unidad estratigráfica del Paleozoico inferior Ordovícico en la formación San José, con una edad de 250 millones de años, que aflora en el extremo norte del Santuario, la unidad está constituida por pizarras micáceas y esquistos de color verde, en algunos lugares se encuentra intercalado con cuarcitas verdes, rocas que están en contacto con las rocas ígneas del batolito de Machupicchu donde predomina el granito de color blanco o gris, con textura granular holocristalina compuesta por cuarzo ortoclasas, plagioclasas, (Carlotto *et al* 2007) donde los líquenes crecen como organismos pioneros obteniendo sus nutrientes del aire y del agua ambiental (Aptroot & James 2018), sumado a ello sus propiedades de resistencia a la desecación, supervivencia a temperaturas extremas y eficacia de acumulación de nutrientes (Kumar & Kumar 1999), hace posible que proliferen en ambientes hostiles con muy pocos nutrientes, entre ellos los muros de estos monumentos arqueológicos. Al respecto Barquín Sainz & Terrón Alfonso (2014), aseveran que la orientación de las estructuras son variables que favorecen la colonización líquénica siendo en este caso las superficies horizontales con orientación sur y suroeste las que inciden en una mayor tasa de colonización.

Bartoli *et al.* (2014) identificaron tres comunidades líquénicas, Leprarietum, Cryptothecietum y Pyxinetum, con las especies *Lepraria* sp 1, *Cryptothecium subnidulans* y *Pyxine coralligera* como las más abundantes en las ruinas de los templos de Angkor (Camboya), construido con rocas de tipo arenisca. A su vez Puy *et al.* (2015) reportaron cinco especies de líquenes saxícolas, *Xanthoparmelia mexicana*, *Xanthoparmelia tasmanica*, *Caloplaca* aff *brouardii*, *Caloplaca* aff *ludificans* y *Aspicilia* sp, en areniscas silíceas de dos monumentos históricos en la ciudad de Guanajuato. Magnin *et al.* (2017) analizan la diversidad de líquenes causantes de biodeterioro en materiales arqueológicos líticos de la Primavera Santa cruz Argentina, reportando a *Lecanora wetmores*, *Carbonea vorticosa* y *Xanthoria elegans* y *Ingvariella bispora*, *Rhizocarpon disporum*, *Umbilicaria decusata*, *Xanthoparmelia hypopsila* como

los más abundantes. Por su parte Silva (2017) determinó los organismos causantes de biodeterioro en el Monumento pétreo del Templo de San Pedro, Cusco, Perú, mencionando a *Caloplaca* sp., *Xantoria* sp. y *Candelina* sp. entre los líquenes de mayor cobertura y presencia.

Estudios preliminares sobre biodeterioro realizados por Huallparimachi (2016) en el SHM menciona que las familias más representativas fueron Parmeliaceae, Teloschistaceae y Lecanoraceae. Marino (2016) registra la diversidad líquénica saxícola en tres sitios arqueológicos de Cajamarca: Cumbemayo, Santa Apolonia y Ventanillas de Otuzco logrando determinar 19 especies entre los que destacan *Caloplaca* sp., *Candelariella vitellina*, *Caloplaca aurantia*, *Caloplaca saxicola*, *Dyctionema glabratum*, *Evernia prunastri*, *Everniopsis* sp., *Lecanora* sp., *Lecidea* sp., *Lepraria* sp., *Parmelia sulcata*, *Parmelia conspersa*, *Parmelia olivácea*, *Parmeliopsis* sp., *Peltigera* sp., *Phycia* sp., *Usnea barbifera*, *Umbilicaria* sp.

Sabemos que los hongos y los líquenes son particularmente activos en los fenómenos de disolución de los minerales (Ascaso *et al.*, 1993), como señala Robert (1993), la acción natural ocasionada por los líquenes endolíticos que son capaces de excavar verdaderas galerías en las rocas, debe ser tomada en consideración sobre todo en el caso de los monumentos históricos, y para las diferentes especies presentes, a fin de conocer si estos líquenes, una vez desarrollados, constituyen realmente un riesgo ya que son capaces de desarrollarse de manera endolítica, semiendolítica o epilítica y al poseer sustancias químicas muy peculiares, pueden contribuir al deterioro tanto de tipo biofísico como bioquímico de la piedra, aspectos que deben tomarse en cuenta a la hora de restaurar estos monumentos, por lo que el objetivo de este trabajo es hacer una primera aproximación de la riqueza y biodiversidad líquénica que se establece en estos paramentos para futuras acciones de conservación.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El monumento arqueológico de Pawkarkancha, se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM 07776236 (E) y 8530455 (N) a una altitud de 3,131msnm, en la confluencia de los valles Q'esqa y Pampacahuana, cuyas nacientes provienen de las montañas altas de los Apus Huayanay y Salkantay respectivamente, a una distancia aproximada de 11 Km de la estación férrea de Qoriwayrachina (Km 88), en el límite oriental del Santuario Histórico de Machupicchu (Alegría, 2003). Presenta una

vegetación predominante arbustiva por encontrarse en la zona ecotonal entre las subregiones de subpuna y mesoandino.

## Métodos

### Muestreo por conglomerados

El monumento arqueológico de Pawkarkancha está constituido por 58 muros arqueológicos, los cuales fueron mapeados utilizando información base proporcionado por la oficina de georreferenciación del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu. Según Scheaffer *et al.* (1987) en un muestreo de este tipo se debe tomar como mínimo el 10% de conglomerados como muestra, por lo que para el presente estudio se tomaron 14 conglomerados representando el 24 % del total de muros del monumento. El cálculo se realizó mediante la siguiente fórmula:

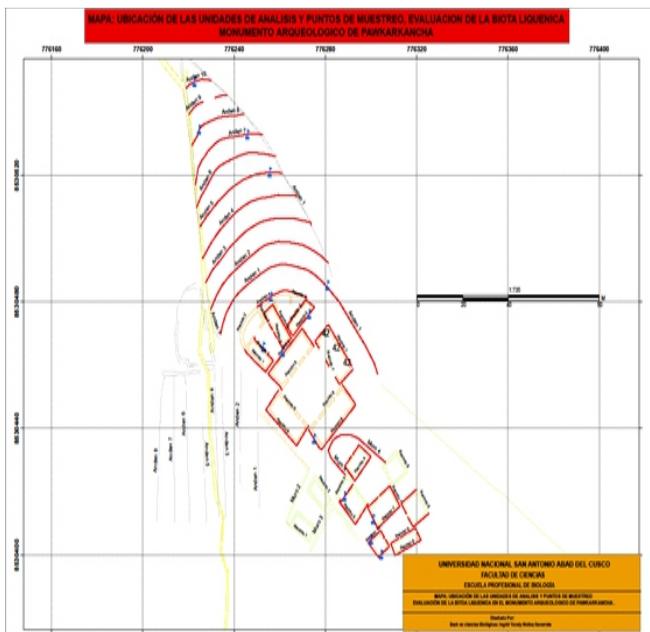
$$n = 24\% * 58 = 14$$

Donde:

m= porcentaje de conglomerados \* número total de conglomerados

### Selección de los puntos de muestreo

De acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron por sorteo los 14 muros arqueológicos para la evaluación correspondiente, teniendo como universo los 58 muros posibles de ser elegidos (Figura 1)



**Figura 1:** Mapa de Sectorización del Monumento de Pawkarkancha y ubicación de los 14 muros arqueológicos evaluados (Scheaffer *et al.* 1987)

### Evaluación en los muros arqueológicos seleccionados

Se utilizó el método modificado de Mostacedo & Fredericksen (2000), mediante cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> sobre los muros arqueológicos en la parte media, con la finalidad de registrar tanto especies que colonizan la parte superior e inferior de los muros. En cada cuadrante se tomaron datos de abundancia, cobertura, frecuencia y diversidad de líquenes. (figura 2)



**Figura 2:** Muestreo por el método de cuadrantes (Mostacedo & Fredericksen 2000)

La colecta de las muestras se realizó en los meses de abril - agosto del año 2017, época de estío, procurando en lo posible que todos los especímenes líquénicos colectados tuvieran estructuras fértiles. Considerando el valor cultural de los muros arqueológicos (muros de recintos y andenes) evaluados, la colecta de muestras se llevó a cabo, utilizando técnicas no destructivas. Para el caso de líquenes de biotipo folioso, la colecta se realizó humedeciendo el talo líquénico con agua, retirando suave y lentamente de forma manual el material con la ayuda de una espátula de madera. Para el caso de líquenes de biotipo crustoso, se registraron in situ las características morfológicas macroscópicas con la ayuda de una lupa de 40x colectándose pequeños fragmentos de talo así como estructuras reproductivas (apotecios) para su posterior identificación.

### Identificación taxonómica

La determinación taxonómica se llevó a cabo en el laboratorio de Micología Aplicada – CIPHAM de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Se registraron todas las características morfológicas considerando la forma de crecimiento del talo, tamaño, color, lóbulos, forma y distribución de cuerpos fructíferos, órganos de fijación, aireación y reproducción.

Las principales características microscópicas, fueron el epihimenio, tecio (himenio), hipotecio, ascas y ascosporas, plectenquima, y sus variedades así como el tipo de fotobionte (cianobacterias, algas verdes), caracteres considerados de gran importancia taxonómica para la identificación del líquen hasta género y especie. Las muestras fueron observadas utilizando un microscopio estereoscópico con aumentos de 10 x, 40x y 100x. tomándose los datos en una plantilla de registro de datos propuesta por Moreno *et al.* (2007).

Simultáneamente se aplicaron las pruebas químicas, según (Calatayud y Sanz, 2000), de KOH, C, I, KC, P, observándose los cambios de color preferentemente bajo estereoscopio, considerándose prueba positiva (+) al observar variación de color y negativo cuando la estructura no sufría ningún cambio.

### Determinación de los taxones

Se empleó bibliografía especializada, guías y claves taxonómicas. Para determinar hasta genero se utilizó las claves de Sipman , 2005, Pérez *et al.*, 2003; Ramirez 2021 Brodo *et al.*, 2001, Para el caso de especies se utilizó claves de los generos; *Punctelia* (Da Silva, 2009), *Xanthoparmelia* (Nash III *et al.*, 1995) , *Parmotrema*, (Sipman & Hale´s, 2004), *Flavopunctelia*, (Kurokawa, 1999), *Heterodermia*, (Moberg, 2011), *Hyperphyscia*, (Galloway & Moberg, 2005), *Leptogium*, (Jorgensen, 1997), *Sticta*, (Moncada, 2012), *Umbilicaria* (LLano, 1950, Hetsmark 2016), *Candelaria* (Poelt, 1974, Ramirez 2021) *Lepraria*, (Saag & Randle, 2009), *Pyxine*, (Aptroot *et al.*, 2014), *Usnea*, (Walker, 1985), *Ramalina*, (Kashiwadani, 1990), *Buellia*, (Scheidegger, 1993), *Lecanora*, (Barreno & Pérez, 2003) *Verrucaria*, (Brodo *et al.*, 2001), *Polycauliona*, (Wetmore & Karnefelt, 1998), *Caloplaca-Wetmoreana* (Wetmore & Karnefelt, 1998; Wilk 2020) y *Coccocarpia* (Coca & Sani(2010), así como consulta a otros especialistas. Una vez determinados los géneros y especies se consultó a Lücking *et al.* (2017)

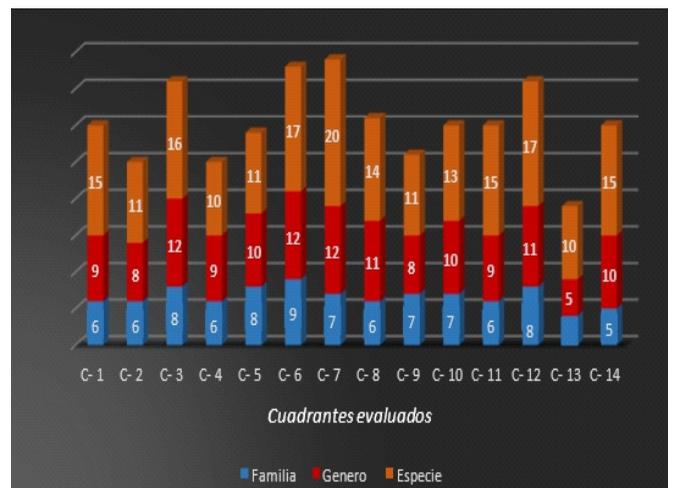
## RESULTADOS

### Composición de la biota líquénica.

Como se observa en la (tabla 1) se reportaron 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%.

**Tabla 1:** Composición de la biota líquénica - Monumento de Pawkarkancha

| Familia         | Genero    | Especies  | %          |
|-----------------|-----------|-----------|------------|
| Caliciaceae     | 3         | 7         | 15.91      |
| Candelariaceae  | 1         | 1         | 2.27       |
| Coccocarpiceae  | 1         | 1         | 2.27       |
| Collemataceae   | 1         | 1         | 2.27       |
| Lecanoraceae    | 3         | 5         | 11.36      |
| Lobariaceae     | 1         | 2         | 4.55       |
| Parmeliaceae    | 5         | 17        | 38.64      |
| Physciaceae     | 4         | 4         | 9.09       |
| Ramalinaceae    | 1         | 1         | 2.27       |
| Stereocaulaceae | 1         | 2         | 4.55       |
| Teloschistaceae | 1         | 1         | 2.27       |
| Verrucariaceae  | 1         | 1         | 2.27       |
| Umbilicariaceae | 1         | 1         | 2.27       |
| <b>Total</b>    | <b>24</b> | <b>44</b> | <b>100</b> |



**Figura 3:** Composición líquénica de familias, géneros y especies de los 14 cuadrantes

El mayor número de especies se registró en el cuadrante C-7 (20) que representa el 45% de toda la biota líquénica, seguida de los cuadrantes C-6 y C-12 (17) representando el 39% cada uno (Figura3), los dos primeros puntos de muestreo corresponden a muros de andenes del sector III y el último a muro de recinto con orientación sureste del sector I. Los cuadrantes con menor número de especies son C4 y C13 que se encuentran en orientación noroeste, con 10 especies representando el 23%.

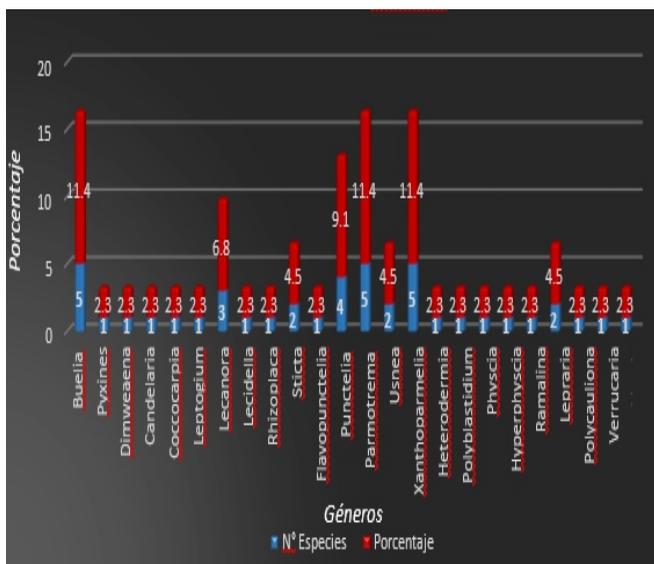


Figura 4: Porcentaje de especies por géneros

Dentro de los 24 géneros líquénicos registrados en los muros arqueológicos, *Parmotrema*, *Xanthoparmelia* y *Buellia* son los más diversos con cinco especies cada una, constituyendo el 34.08% de toda la biota líquénica. Seguido de *Punctelia* con cuatro especies representando el 9.1% (Figura 4).

### Diversidad de la biota líquénica

Tabla 2: Valores de diversidad alfa de la biota líquénica del Monumento Arqueológico de Pawkarkancha.

| Cuadrante | N° Taxon | N° Ind | Dominancia - D | Equitatividad | Shannon H' | Simpson 1-D | NºEspec. t-SP |
|-----------|----------|--------|----------------|---------------|------------|-------------|---------------|
| General   | 44       | 7590   | 0.259          | 0.555         | 2.099      | 0.741       | 8             |
| C - 1     | 15       | 848    | 0.405          | 0.498         | 1.335      | 0.535       | 4             |
| C - 2     | 11       | 468    | 0.335          | 0.497         | 1.190      | 0.605       | 3             |
| C - 3     | 16       | 845    | 0.516          | 0.451         | 1.251      | 0.484       | 3             |
| C - 4     | 10       | 816    | 0.436          | 0.439         | 1.010      | 0.564       | 3             |
| C - 5     | 11       | 388    | 0.608          | 0.400         | 0.958      | 0.392       | 3             |
| C - 6     | 17       | 539    | 0.324          | 0.523         | 1.481      | 0.676       | 4             |
| C - 7     | 20       | 191    | 0.127          | 0.730         | 2.366      | 0.873       | 11            |
| C - 8     | 14       | 674    | 0.254          | 0.682         | 1.800      | 0.746       | 6             |
| C - 9     | 11       | 958    | 0.552          | 0.423         | 1.014      | 0.448       | 3             |
| C - 10    | 13       | 434    | 0.189          | 0.719         | 1.845      | 0.811       | 6             |
| C - 11    | 15       | 388    | 0.445          | 0.482         | 1.305      | 0.555       | 4             |
| C - 12    | 17       | 441    | 0.165          | 0.738         | 2.091      | 0.835       | 8             |
| C - 13    | 10       | 331    | 0.823          | 0.214         | 0.438      | 0.177       | 2             |
| C - 14    | 15       | 209    | 0.167          | 0.779         | 2.111      | 0.833       | 8             |

De los índices de diversidad en los 14 cuadrantes evaluados, los cuadrantes C7, C14 y C12 presentaron la diversidad más alta con 2.366, 2.111 y 2.091 para Shannon y 0.873, 0.833 y 0.835 para Simpson respectivamente, mostrando tendencias a una diversidad baja con solo 11 y 8 especies igualmente comunes, por el contrario los cuadrantes C13 y C5 registraron los valores de diversidad más bajos de 0.493 y 0.958 para Shannon y 0.177 y 0.392 para Simpson, indicando que hay una desigualdad del número de individuos por especies registradas, resultado que estaría influenciado por la dominancia de *Buellia* sp.1 (300 ind) y *Polycauliona stellata* (Wetmore y Kärnefelt) (300 ind) respectivamente (Tabla 2).

### Abundancia relativa de las especies líquénicas

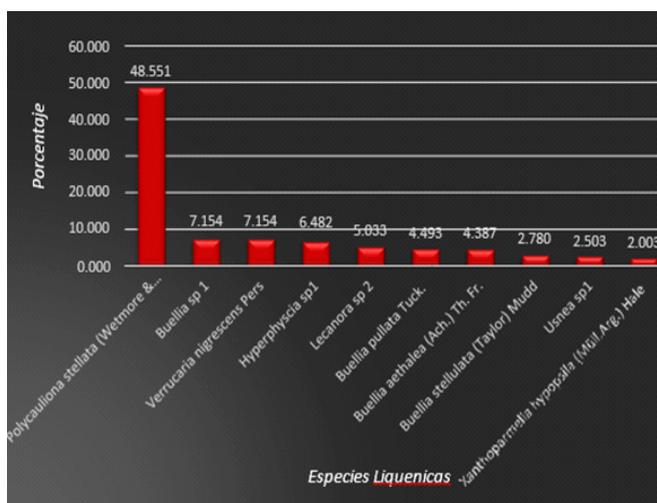
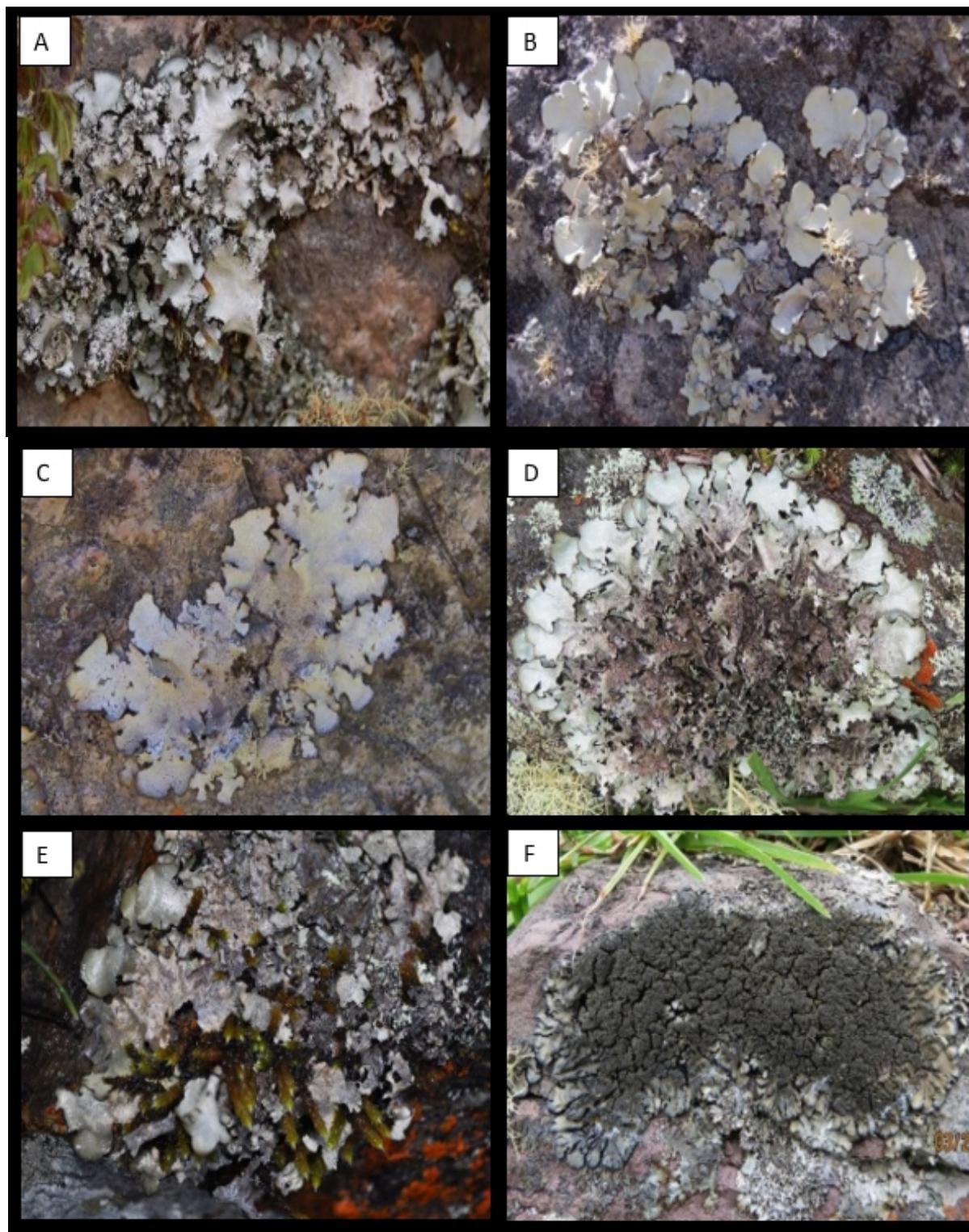
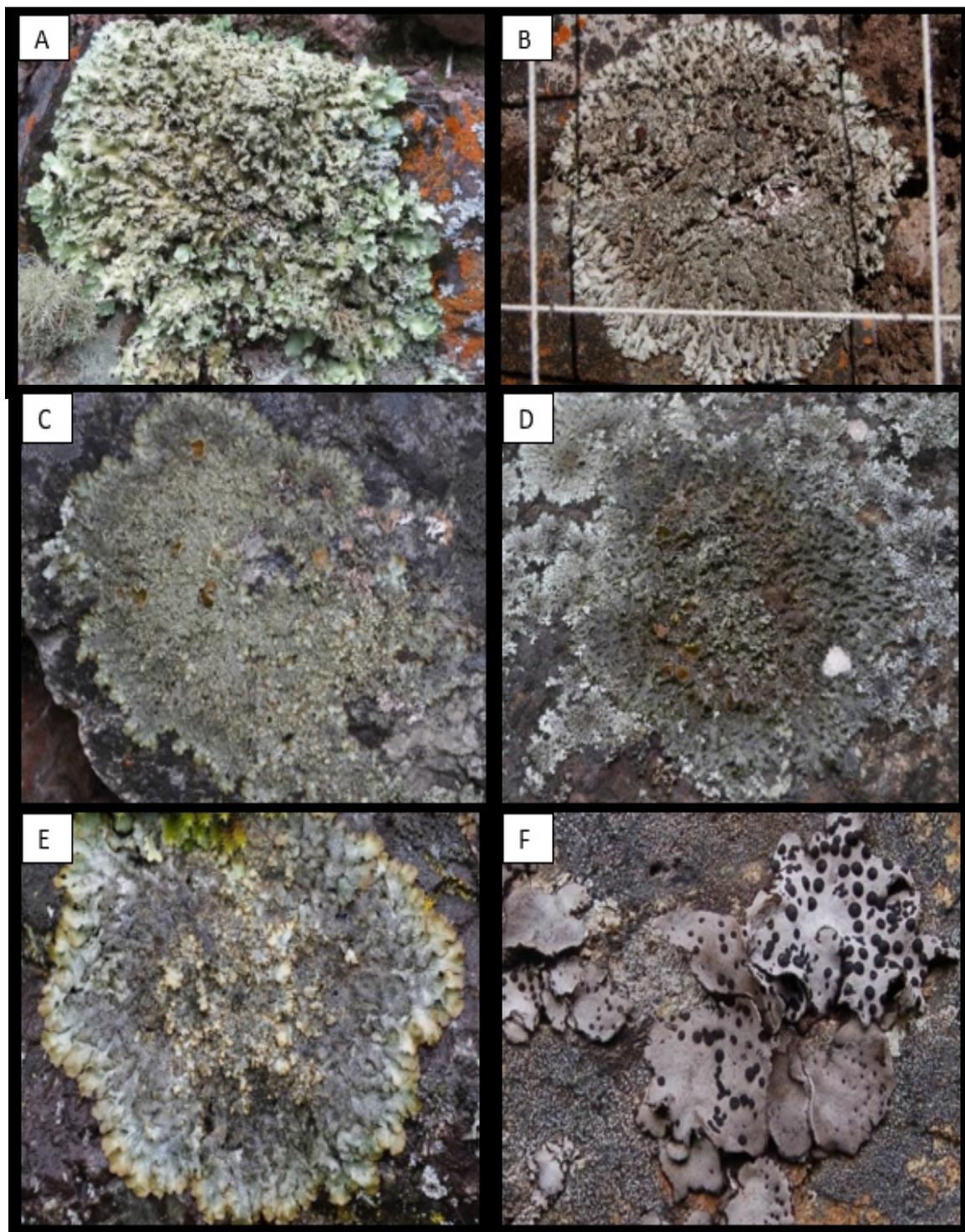


Figura 5: Abundancia relativa de las especies líquénicas

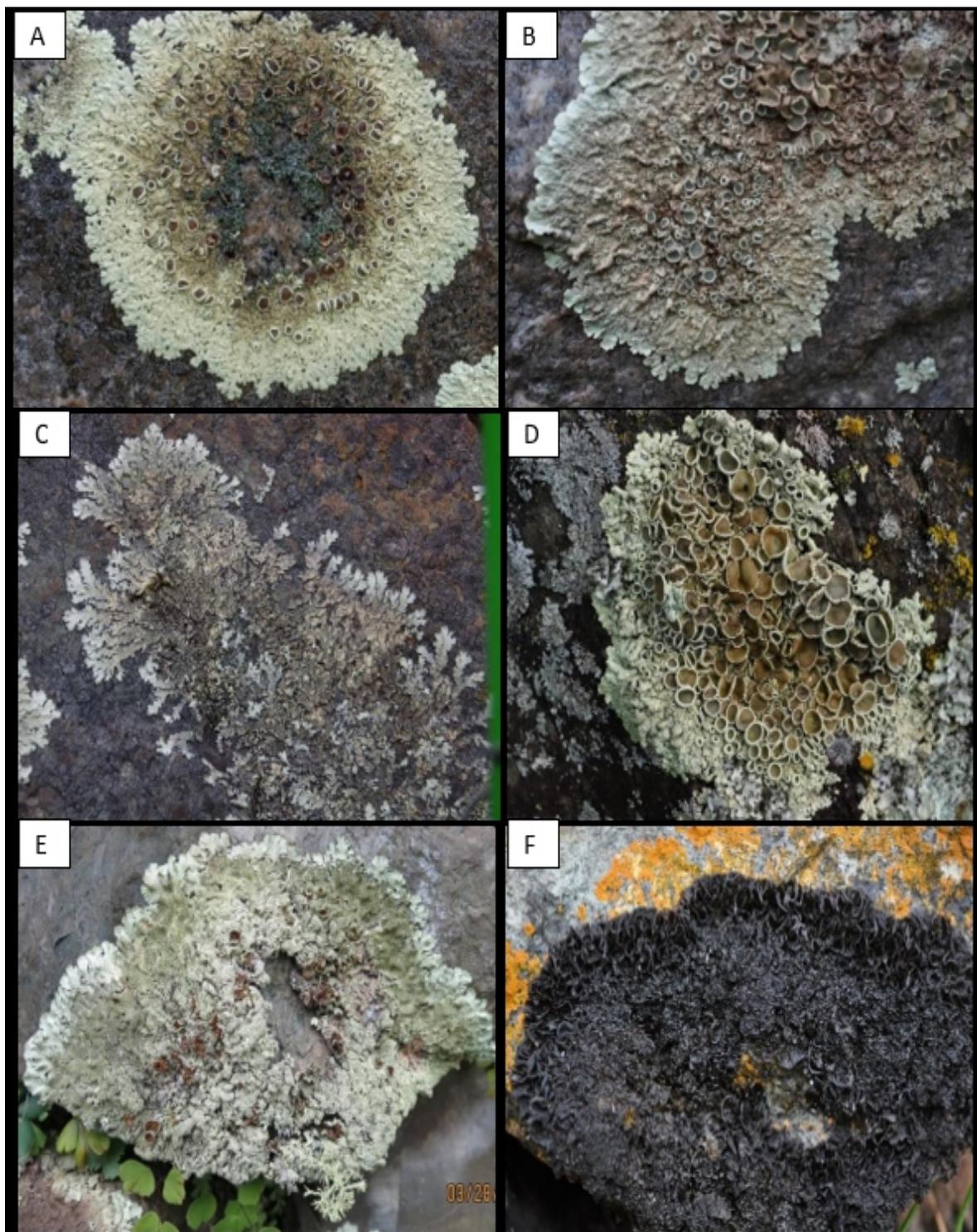
Las 44 especies sumaron 7590 individuos, *Polycauliona stellata* (Wetmore y Kärnefelt) es claramente la especie más abundante representando el 48.55%, registrada en los cuadrantes C5, C9, C3 y C11, que se encuentran en orientaciones sureste y noreste; le sigue *Buellia* sp. y *Verrucaria nigrescens* Pers., (7.2% cada una) observados en los cuadrantes C2, C10 y C11 que son muros de recintos con orientaciones suroeste, noreste y noroeste, *Hyperphyscia* sp. 1 en los cuadrantes C4 y C8 que son muros de recintos con orientación noroeste representando el 6.5% (Figura 5).



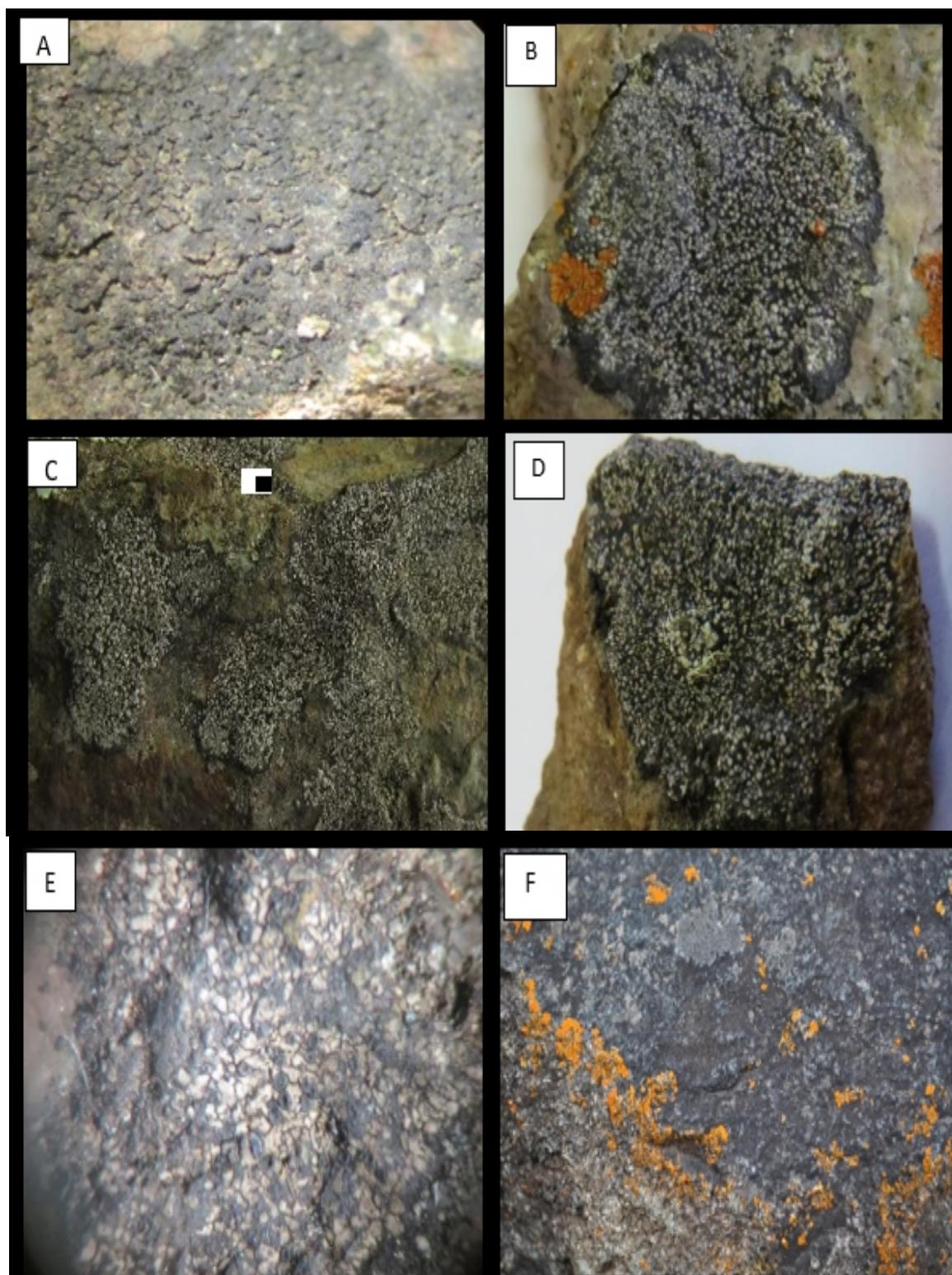
**Figura 6.** A. *Parmotrema crinitum* (Ach.) Choisy, B. *Parmotrema eborinum* (Hale) Hale, C. *Parmotrema reticulatum* (Taylor) MChoisy, D. *Parmotrema* sp. 1, E. *Parmotrema* sp. 2, F. *Coccocarpia* sp.



**Figura 7.** A. *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.)Hale, B. *Punctelia* sp. 1, C. *Punctelia* sp. 2, D; *Punctelia constantimontium* Sérus E. *Punctelia stictica* (Duby) Krog F. *Umbilicaria* sp.



**Figura 8.** A. *Xanthoparmelia incerta*. (Kurok y Filson) Elix y J. Johnst, B. *Xanthoparmelia tasmanica* (Hook. f. y Taylor) Hale, C. *Xanthoparmelia hypopsila* (Müll. Arg.) Hale D. *Xanthoparmelia hypomelaena* (Hale) Hale, E. *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh ex Ach.) Hale, F. *Leptogium burnetiae* C.W. Dodge



**Figura 9.** A. *Buellia pullata* Tuck, B. *Buellia aethalea* (Ach.) Th. Fr, Cc *Buellia stellulata* (Taylor) Mudd, D. *Buellia* sp. 1, E. *Buellia* sp. 2, F. *Polycauliona stellata* (Wetmore yKarnefeld).

### Cobertura de especies

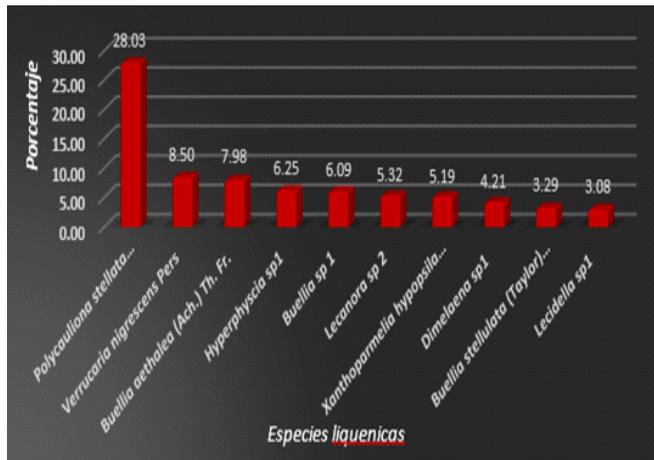


Figura 10: Cobertura relativa de las especies líquénicas más dominantes

La especie *Polycauliona stellata* (Wetmore y Kärnefelt) presentó la mayor cobertura en el paramento arqueológico. Llegando a cubrir el 28.03% de la superficie de los muros, seguido de *Verrucaria nigrescens* Pers (8.50%), *Buellia aethalea* (Ach.) Th. Fr (7.98%), *Hyperphyscia* sp. 1 (6.25%), *Buellia* sp. 1 (6.09%), *Lecanora* sp. 2 (5.32), *Xanthoparmelia hypopsila* (Müll.Arg.) (5.19%), *Dimelaena* sp. 1 (4.21%), *Buellia stellulata* (Taylor) Mudd, (3.29%) y *Lecidella* sp. 1 (3.08%) (Figura 7). Estas diez especies más dominantes a excepción *Hyperphyscia* sp.1 y *Xanthoparmelia hypopsila*, poseen una característica ecológica en común, el crecimiento de los talos son de forma crustosa. *Polycauliona stellata* (Wetmore y Kärnefelt) fue registrada en el muro del andén del cuadrante C9 (60.73%) con orientación al noreste y en los cuadrantes C4 (53.29%) y C3 (45.17%) de los muros de recintos con orientación al suroeste y noroeste.

### Distribución porcentual de los biotipos líquénicos

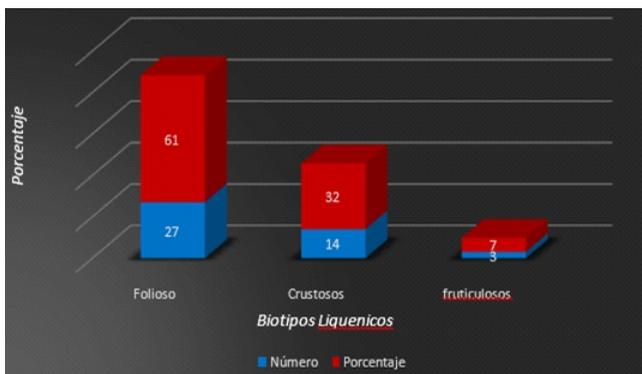


Figura 11: Principales biotipos líquénicos

Se registraron 44 especies con un total de 7590 individuos, los cuales están distribuidos en tres biotipos de acuerdo al crecimiento del talo siendo los más abundantes los líquenes foliosos (Figura 11) con sus variantes gelatinosos (*Coccocarpia* sp. y *Leptogium burnetiae* C.W.Dodge) y umbilicados (*Umbilicaria* sp. Nyl), que representan el 61% de la biota líquénica, seguida de los biotipos crustosos con su variante leprariode (*Lepraria ecorticata* (J.R.Launon) Kukwa, *Lepraria tenella* (Tuck.) Lendemer B.P. Hodk) con 32% y los fruticulosos con el 7%.

### Discusiones

Barquín & Alfonso (2014), aseveran que la inclinación de los puntos de muestreo y la orientación de las estructuras muestreadas son variables que favorecen la colonización líquénica siendo en este caso las superficies horizontales y con orientación sur y suroeste las que inciden en una mayor tasa de colonización líquénica como podemos ver en los cuadrantes C9, C4 y C3 de los muros del andén y de los recintos con orientación al noreste, noroeste y suroeste donde *P. stellata* es la especie mas abundante. De igual manera los muros de andenes y recintos del monumento arqueológico de Pawkarkancha demostraron ser capaz de albergar una biota líquénica de variada composición, siendo las familias Parmeliaceae, Caliciaceae, Lecanoraceae y Physciaceae, las más ricas en géneros y especies, resultados que coinciden con Huallparimachi (2016) en las estructuras arquitectónica del Santuario Histórico de Machupicchu quien reporta a Parmeliaceae como la más rica en especies, con 17 especímenes, seguido de Teloschistaceae y Lecanoraceae. De igual manera Arestegui (2012) en el estudio de la presencia de líquenes y sus efectos adversos en las estructuras arqueológicas de Wiñaywayna – SHM reporto a Parmeliaceae como la familia con mayor número de géneros (13) seguida por Physciaceae y Teloschistaceae con tres géneros cada una.

Como podemos ver, las Parmeliaceae presentan mayor diversidad de géneros como *Parmotrema*, *Xanthoparmelia*, *Punctelia*, *Usnea*, y *Flavopunctelia* que incluyen especies saxícola reportadas en áreas subtropicales y templadas donde se las observa comúnmente. Particularmente *Xanthoparmelia* fue reportado por Puy *et al.* (2015) en dos monumentos históricos de la ciudad de Guanajuato México mencionando que estas especies se encuentran preferentemente expuesta a la radiación solar. De igual forma Magnin *et al.* (2017) reportaron a *Xanthoparmelia*

*Xanthomelanea* y *Xanthoparmelia hypopsila* colonizando sustratos rocosos de tipo volcánico en el centro arqueológico de la Primavera Santa Cruz Argentina.

Las especies más abundantes y de mayor dominancia fueron los de biotipo crustoso, *P. stellata*, 48%, *V. nigrescens* 7.2% y *Buellia* sp. 1, *Hyperphyscia* sp. 1 (6.5%), *B. pullata* 4.5% *B. aethalea* (Ach.) Th. Fr.(4.4%), *B. stellulata* (2.9%) y *Lecanora* sp. 2, con el 5.1 %, *X. hypopsila* (5.19%), *Dimelaena* sp. 1 (4.21%), *Lecidella* sp. 1 (3.08%), llegando a cubrir entre todas las especies el 80% de los muros arqueológicos del monumento, semejante a lo reportado por Huallparimachi (2016) en el estudio de la biota líquénica en los paramentos de los recintos de la ciudad Inka de Machupicchu mencionando especies del biotipo crustoso como *Lecanora* sp. , *Caloplaca* sp. , *Lecidea* sp. y *Caloplaca lutominia* como los más dominantes.

De igual manera Barquín & Alfonso (2014) reportan para la catedral de León España que el recubrimiento de líquenes se dio por un 22% de líquenes crustosos, un 9% foliosos, 4 % leparioides y 15% escumulosos mencionando a *Caloplaca*, *Xanthoria*, *Lecanora* y *Lecidella* como los más abundantes. Al respecto cabe aclarar que la especie *Polycauliona stellata* (Wetmore y Kärnefelt) registrado para Pawkarkancha como la más abundante y de mayor cobertura, estuvo anteriormente clasificado dentro del género *Caloplaca*.

## Conclusiones

La diversidad de la biota líquénica en el monumento de Pawkarkancha presenta un valor intermedio con tendencia a una diversidad baja, siendo la más abundante y de mayor cobertura *Polycauliona stellata*.

Se reportan como nuevos registros para el Perú; *Sticta albocypheolata*, *Punctelia constantimontium*, *Punctelia stictica*, *Xanthoparmelia* cf. *Xanthoparmelia* *incerta*, *Xanthoparmelia hypomelaena*, *Pyxine Petricola*, *Polycauliona stellata*, *Leptogium burnetiae*, *Lepraria tenella* y *Wetmoreana brouardii*

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco por las facilidades brindadas para la realización del presente estudio y al Centro de Investigación y Producción de Hongos Alimenticios y Medicinales –CIPHAM de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por los equipos y materiales para las determinaciones taxonómicas.

## Literatura citada

- Alegría Sánchez, R. (2003). Conservación y Restauración Preventiva del Conjunto Arqueológico de Paucarkancha. Cusco, Perú. Instituto Nacional de Cultura Cusco.
- Aptroot, A., y James, P. W. (2018). Monitoring Lichens on Monuments. London- Inglaterra
- Aptroot, A., Jungbluth, P., y Cáceres, M. E. (2014). A world key to the species of Pyxine with lichexanthone, with a new species from Brazil. *The Lichenologist*
- Arestegui, A. (2012). Presencia de Líquenes y sus Efectos Adversos en las Estructuras Arqueológicas de la Localidad de Wiñaywayna - Santuario Histórico de Machupicchu. *Q'euña Revista de la Sociedad Botánica del Cusco*, N5 Pag 61 - 68.
- Ascaso, C., Vizcayno, C. & García González, M. T. (1993). Biodeterioration produced by *Lecanora albescens* (Hoffm.) Branth & Rostr. on the Silos Monastery.
- Barquín Sainz, P., y Terrón Alfonso, A. (2014). Colonización líquénica de la catedral de León. *PH Boletín* 20, 52 -59.
- Barreno Rodríguez, E., y Pérez Ortega, S. (2003). *Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias*. Asturias España: Consejería del Medio Ambiente, Ordenamiento del Territorio e Infraestructuras del Principado KKK
- Brodo, I., Durand, S., y Sharnoff, F. (2001). *Lichens of North America*. London : Yale University Press, New Haven and London .
- Calatayud Lorente, V., y Sanz Sánchez, M. J. (2000). *Guía de Líquenes Epilíticos*. Valencia España: Ministerio del Ambiente, Parques Nacionales
- Da Silva Canez, L. (2009). Estudos taxonômicos em *Punctelia* (Parmeliaceae, Ascomycetes Liqueñizados). *Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente -São Paulo*.
- Galloway, D. J., y Moberg, R. (2005). The lichen genus *Physcia* (Schreb.) Michx (Physciaceae: Ascomycota) in New Zealand. *Tuhinga* 16.
- Huallparimachi Quispe, G. (2016). Estudio de la Biota Líquénica en los paramentos de los recintos de la ciudad Inka de Machupicchu - Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

- Jorgensen, P. M. (1997). Further notes on hairy *Leptogium* species. En L. Tibell, y I. Hedberg., *In Lichen Studies Dedicated to Rolf Santesson* (págs. 113 - 130). Upsaliensis: Uppsala: Symbolae Botanicae Upsalienses, Acta Universitatis Upsaliensis.
- Kashiwadani, H. (1990). Some Chilean Species of the Genus *Ramalina* (lichens). *Bull. nATN. Sci Mus. Tokyo. Ser. B. 16* (1)
- Kumar, R., y Kumar, A. V. (1999). *Biodeterioration of stone in tropical environments*. Los Angeles: Getty Conservation Institute.: An overview.
- Kurokawa, S. (1999). Notes on *Flavopunctelia* and *Punctelia* (Parmeliaceae), with description of four new species. *Bulletin of the Botanical Garden Toyama* 4, 25–32.
- LLano, G. A. (1950). A Monograph of the Lichen Family Umbilicariaceae in the Western Hemisphere. *Office of Naval Research: Washington D.C.*
- Magnin, L. A., Lynch, V., y Gracia, R. (2017). *Avances en el Estudio de Biodeterioro Asociado A Presencia de Líquenes En Materiales Arqueológicos Líticos. La Primavera*. Santa Cruz - Argentina: Bol.Soc. Argent Bot 52 (3) Pag 409 - 422.
- Marino Valle, E. M. (2016). *Determinación de la Diversidad de Líquenes saxícolas del tres Sitios arqueológicos de Cajamarca*. Cajamarca - Perú : Universidad Nacional de Cajamarca.
- Moberg, R. (2011). The lichen genus *Heterodermia* (Physciaceae) in South America a contribution including five new species. *Nordic Journal of Botany* 29.
- Moncada Cárdenas, L. B. (2012). *El género Sticta (Schreb.) Ach. en Colombia: Taxonomía, Ecogeografía e Importancia*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Moreno, E., Sánchez, Á., y Hernández, J. (2007). *Guía Ilustrada de Hongos Liqueñizados de Venezuela*. Caracas Venezuela: Fundación Instituto Botánico de Venezuela.
- Mostacedo, B., y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz de la Sierra - Bolivia, Bolivia: El País.
- Nash III, T. H., Gries, C., y Elix, J. A. (1995). A Revision of the Lichen Genus *Xanthoparmelia* in South America. Berlin - Stuttgart: J Cramer.
- Poelt, J. (1974). *Zur Kenntnis der Flechtenfamilie Candelariaceae. Ein Beitrag mit besonderer Berücksichtigung*. 189–210.: Phytion (Horn) 16
- Puy Alquiza, M. J., Gómez Peralta, M., Miranda Avilés, R., Reyes Zamudio, V., Salazar Hernández, M., y Ordaz Zubia, V. Y. (2015). The Role Of Lichen Communities In Superficial Deterioration Of Their Rock Substrates: Studies of the Lichen - Rock interface Of Two Historical Buildings In The City Of Guanajuato . *Multidisciplinary Scientific Journal*, Vol 25.
- Saag, L. y Randlane, T. (2009). World survey of the genus *Lepraria* (Stereocaulaceae, lichenized Ascomycota). *The Lichenologist* 41 25 - 60.
- Scheaffer, R. L., Mendenhall, W., y Ott, L. (1987). *Elementos de muestreo*. Mexico: Iberoamericano.
- Robert, M. (1993). Role du facteur biologique dans la dégradation des roches et des monuments. En: Vicente et al. *Alteración de granitos y rocas afines*, C.S.I.C.: 103-113. Madrid.
- Scheidegger, C. (1993). A Revision Of European Saxicolous Species Of The Genus *Buellia* de not. and Formerly Included Genera. *Lichenologist* 25(4)
- Silva Holgado, O. L. (2017). Determinación de los Agentes de Biodeterioro en el Monumento Pétreo del Templo de San Pedro, Centro Histórico del Cusco. Cusco: Universidad Nacional De San Antonio Abad del Cusco.
- Sipman, H. J., y Hale's, M. (2004). key to Parmotrema, revised edition: key to wide-lobed parmelioid species occurring in Tropical America (genera Canomaculina, Parmotrema, Rimelia, Rimeliella).
- Sipman, H. (2005). Lichen determination keys - neotropical Parmotrema -.
- Walker, F. (1985). The lichen genus *Usnea* subgenus *Neuropogon*. *Bolletin of British Museum.*, 1 - 130.
- Wetmore, C. M., y Karnefelt, E. I. (1998). The Lobate and Subfruticose Species of *Caloplaca* in North and Central America. *The Bryologist* 101 (2), 230 - 255.
- XIII Congreso Internacional de Botánica. (1981). *Código Internacional de Nomenclatura Botánica*. Sidney - Australia.