

## TRABAJOS ORIGINALES

# Nuevos registros de la liquenobiota del Santuario Histórico de Machu Picchu, Perú

## New lichen biota records from Santuario Histórico de Machu Picchu, Peru

Jano Nuñez-Zapata<sup>1\*</sup>, Pradeep K. Divakar<sup>1</sup>, Gladys Huallparimachi<sup>2</sup>, María E. Holgado<sup>3</sup>, Zoila Vela Clavo<sup>4</sup>,  
Magdalena Pavlich<sup>4</sup> y Ana Crespo<sup>1</sup>

\* Autor para correspondencia. Dirección actual: Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70-399, México D. F. (04510), México.

1 Departamento de Biología Vegetal II, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid. 28040. Madrid, España.

2 Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco - PAN Machu Picchu, Ministerio de Cultura, Cusco, Perú.

3 Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

4 Facultad de Ciencias, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

E-mail Jano Nuñez-Zapata: [janoalexnz@gmail.com](mailto:janoalexnz@gmail.com)

E-mail Pradeep K. Divakar: [pdivakar@ucm.es](mailto:pdivakar@ucm.es)

E-mail Gladys Huallparimachi: [celesteghq@gmail.com](mailto:celesteghq@gmail.com)

E-mail María E. Holgado: [mariholgado@yahoo.es](mailto:mariholgado@yahoo.es)

E-mail Zoila Vela Clavo: [zoilamvc@gmail.com](mailto:zoilamvc@gmail.com)

E-mail Magdalena Pavlich: [Magdalena.pavlich@upch.pe](mailto:Magdalena.pavlich@upch.pe)

E-mail Ana Crespo: [acrespo@ucm.es](mailto:acrespo@ucm.es)

### Resumen

Los líquenes (hongos liquenizados) son organismos que presentan una alta diversidad, especialmente en las regiones tropicales; sin embargo, en Perú su conocimiento aún es escaso. Utilizando una metodología convencional, así como literatura actualizada sobre la descripción de géneros y especies, se presenta una lista de los macro-líquenes presentes en el Santuario Histórico de Machu Picchu (Cusco, Perú). Se reportan 67 especies de macro-líquenes, 9 de los cuales son nuevos registros para el Perú. Las familias Parmeliaceae, Physciaceae y Lobariaceae son las que presentan mayor riqueza de especies en el área de estudio.

**Palabras clave:** líquenes; biodiversidad; neotrópico; Andes peruanos.

### Abstract

While high species diversity of lichen - lichenized fungi - is reported especially in the tropics, the studies on these organisms are still scarce in Peru. Using conventional methodology and current literature on the description of genera and species, we reported macro-lichens collected from Historic Sanctuary of Machu Picchu (Cusco, Peru). Sixty seven species of macro-lichens are reported to SHMP, nine new records to Peru are documented. Parmeliaceae, Physciaceae and Lobariaceae are the families with major number of species.

**Keywords:** Lichens; biodiversity; neotropical; Peruvian Andes.

### Citación:

Nuñez-Zapata J., P.K. Divakar, G Huallparimachi, M.E. Holgado, Z. Vela Clavo, M Pavlich, A. Crespo. 2015. Nuevos registros de la liquenobiota del Santuario Histórico de Machu Picchu, Perú. *Revista peruana de biología* 22(3): 000 - 000 (Diciembre 2015). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11438>

### Fuentes de financiamiento:

Ministerio de Ciencia e Innovación (CGL 2010-21646/BOS) de España.

**Presentado:** 06/08/2015

**Aceptado:** 10/11/2015

**Publicado online:** 18/12/2015

### Información sobre los autores:

JN-Z, GH, MEH, ZV y MP participaron en las salidas de campo y recolección de material de estudio. JN-Z, PKD, ZV y AC trabajaron en la identificación del material recolectado. JN-Z, PKD redactaron y editaron el manuscrito final.

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

### Permisos de colecta:

Resolución Directoral N° 009-2012-AG-DGFFS-DGEFFS del Ministerio de Agricultura.

**Journal home page:** <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citadas. Para uso comercial, por favor póngase en contacto con [editor.revperubiol@gmail.com](mailto:editor.revperubiol@gmail.com).

## Introducción

Los hongos liquenizados, conocidos comúnmente como líquenes, constituyen un grupo taxonómico diverso cuyos primeros registros en el Perú datan del siglo XIX (Nylander 1855). En años recientes, los estudios sobre su diversidad han ido en aumento (Ramírez & Cano 2005, Randlane & Saag 2008, Timdal 2008a, b, Cáceres et al. 2012, Moberg 2011, Truong & Clerc 2012, Ramos et al. 2013, Rivas-Plata & Lücking 2013), proporcionando nuevos registros y taxones a la ciencia (e.g. *Herpothallon rubroechinatum*, Frisch et al. 2010; *Racoleus trichophorus*, Hawksworth et al. 2011; *Everniastrum constictovexans*, Lumbsch et al. 2011; *Dictyonema hapteriferum*, Lücking et al. 2013). Uno de los lugares más explorados es la región de Cusco (Ramos 2014), en la cual se encuentran diversos ecosistemas como los humedales altoandinos, bosques de queñuales (*Polylepsys* spp.), pastizales y bosques nublados; los cuales constituyen hábitats idóneos para el crecimiento de distintas especies de líquenes.

En esta región se encuentra también uno de los lugares arqueológicos más importantes del mundo: el Santuario Histórico de Machu Picchu (SHMP). Esta área natural protegida se encuentra ubicada en la vertiente oriental de los andes (PERÚ: Cusco, provincia Urubamba, distrito Machu Picchu), al sur de Perú. Dentro de esta zona protegida se encuentra el sitio arqueológico de Machu Picchu, ciudadela incaica ubicada sobre una montaña en los márgenes del río Urubamba. La zona presenta un bosque nublado, con un clima húmedo y subtropical. La media total anual de precipitación es de 1950 mm y la temperatura media anual oscila entre 12 °C y 15 °C (Wright et al. 1997).

No existe documentación de las primeras colectas de líquenes realizadas en el área de estudio; sin embargo, por su aspecto turístico, el santuario ha sido objeto de visita de distintos naturalistas y botánicos quienes han descrito y/o reportado diferentes taxones (Hale 1965, Culberson & Culberson 1981, Nash et al. 1995, Sipman et al. 2009, Moberg 2011, Truong et al. 2013). Basados en recolecciones recientes, así como datos bibliográficos, presentamos el siguiente estudio que muestra parte de la diversidad de macro-líquenes presentes en los bosques subtropicales de Perú, especialmente en el área circundante a la ciudadela de Machu Picchu, con el fin de contribuir al conocimiento de la biodiversidad de este grupo de organismos presentes en Perú.

## Material y métodos

Se realizaron recolecciones en los alrededores y dentro de las ruinas de Machu Picchu en enero de 2008 y diciembre de 2012. Cuatro puntos de muestreo fueron seleccionados como referencias: 1) sitio ceremonial (13.17°S – 72.54°W), 2) subida a la montaña Machu Picchu (13.17°S – 72.54° W), 3) el camino al puente inca (13.17°S – 72.54° W), y 4) instalaciones del Inka Terra Hotel (13.12°S – 72.53°W).

La descripción de los macro y micro caracteres morfológicos se efectuó utilizando un estéreo microscopio (Carl Zeiss Stemi DV4) y un microscopio (Leica Wild M 8); así mismo se realizaron pruebas químicas puntuales (solución alcohólica de para-fenilendiamida, hipoclorito de sodio, e hidróxido de potasio al 10%) en la corteza y médula de los ejemplares recolectados. Para algunos taxones se determinaron sus metabolitos secundarios por medio de la cromatografía de capa fina (TLC) con el sistema de solvente C (Orange et al. 2001).

Los especímenes fueron identificados utilizando literatura relevante para cada género (Hale 1965, 1971, 1975, 1990, Nash et al. 1995, Woseley & Aguirre 1995, Jørgensen 1997, 2006, Yoshimura 1998, Brodo et al. 2001, Divakar & Upreti 2005, Sipman & Aguirre 1982, Sipman 2005a, 2005b, Moncada & Forero 2006, Moncada et al. 2013a, 2013b, 2013c, Awasthi 2007, Sipman et al. 2009, Spielmann 2009, Elix 2011, Moberg 2011, Truong et al. 2011, 2013, Rodríguez et al. 2012, Ahti 2000).

Los pliegos fueron depositados en el herbario UPOCH de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y en el herbario MAF de la Universidad Complutense de Madrid; copias de los ejemplares MAF fueron enviadas al herbario Vargas (CUZ) de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. La información se complementó con bibliografía de estudios hechos en la zona de estudio.

## Resultados y discusión

Se reportan un total de 67 especies de macro-líquenes, 40 de los cuales (60%) fueron colectados por nuestro equipo, mientras el resto se complementó con revisiones bibliográficas (Tabla 1). Nueve de las especies recolectadas constituyen nuevos registros para el Perú. En su conjunto, el total de especies registradas pertenecen a 11 familias, la mayoría de ellas (10) están conformadas por hongos de la División Ascomycota, mientras solo una familia (Hygrophoraceae) incluye hongos de la División Basidiomycota. Los nombres taxonómicos se asignaron y actualizaron de acuerdo a la base de datos del *Index Fungorum* (2015), a excepción del género *Parmelinopsis* el cual ha sido incluido dentro del género *Hypotrachyna* basados en la publicación de Divakar et al. (2013). Las familias Parmeliaceae, Physciaceae y Lobariaceae son las de mayor diversidad de especies (33, 9 y 8, respectivamente) en el área de estudio. Nuestro listado no incluye especies de micro-líquenes (líquenes principalmente crustosos), los cuales posiblemente superen ampliamente el número de especies de macro-líquenes.

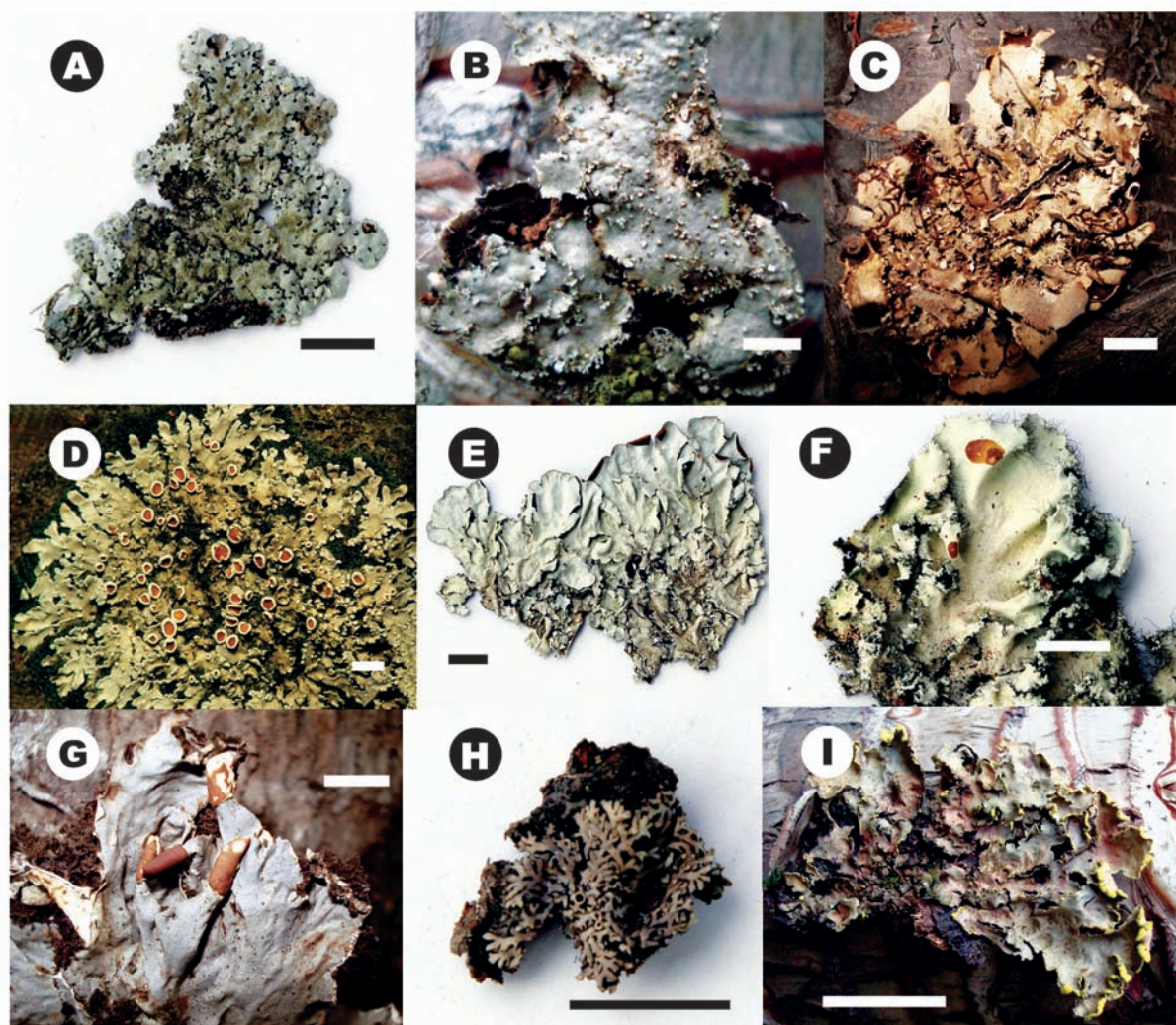
Basados en la actualización de Ramos (2014), quien hace una revisión bibliográfica de los líquenes y hongos liquenícolas descritos para Perú, hacemos una breve descripción de los nuevos registros (9) para el Perú, los cuales se detallan a continuación:

### 1. *Hypotrachyna minarum* (Vain.) Krog & Swinscow

Esta especie, conocida anteriormente como *Parmelinopsis minarum*, es de distribución pantropical, y en Sudamérica ha sido citada para Ecuador, Brasil, Bolivia y Chile. Se caracteriza por presentar los ápices de los lóbulos subrotundos (no completamente redondeados), además de abundantes isidios, y una cara inferior negra con rizinas simples; presenta atranorina y ácido girofórico (Divakar & Upreti 2005). El espécimen examinado (MAFLich 19245; Fig. 1A) fue recolectado (16/12/2011) en el camino al puente inca, creciendo sobre una roca. Colectores: JNZ-GH.

### 2. *Lobariella peltata* B. Moncada & Lücking

Esta especie ha sido descrita recientemente por Moncada et al. (2013a) y solo ha sido reportada en Colombia. Anteriormente considerada como *L. subexornata*, se diferencia de ella por presentar una cara inferior marrón oscura (*L. subexornata* presenta



**Figura 1.** Macro-líquenes del Santuario Histórico de Machu Picchu que representan nuevos registros para el Perú. A) *Hypotrachyna minarum*, B) *Lobariella peltata*, C) *Nephroma helveticum*, D) *Pannaria andina*, E) *Parmotrema eborinum*, F) *Parmotrema mellissii*, G) *Peltigera austroamericana*, H) *Physcia endochrysea*, I) *Pseudocyphellaria clathrata* (scale = 10 mm).

una cara inferior marrón pálido), así como filidios peltados. El espécimen estudiado (HUPCH-LIQ- 1089; Fig. 1D) fue recolectado (ene/2008) en las instalaciones del hotel Inkaterra, creciendo sobre un tronco. Dada la reciente descripción de la especie, nuestro registro ampliaría la distribución sur de la especie, aunque datos adicionales serían necesarios para ratificar que se trata de la misma especie. Colector: ZVL.

### 3. *Nephroma helveticum* Ach.

Esta especie es considerada de amplia distribución mundial, aunque en Sudamérica solo ha sido reportada para Bolivia (Kukwa et al. 2014). Se caracteriza por presentar un talo de color marrón, así como apotecios marginales en la superficie inferior, pero que se muestran hacia arriba por la doblez de los márgenes de la cara inferior hacia arriba, así mismo también presentan isidios globosos en el margen del talo. El espécimen examinado (HUPCH-LIQ-1097; Fig. 1E) fue recolectado en las instalaciones del hotel Inkaterra (ene/2008) creciendo sobre un tronco y musgos, y confirma la distribución de la especie en Sudamérica y en Perú. Colector: ZVL.

### 4. *Pannaria andina* P.M. Jørg. & Sipm.

Esta especie propia de los bosques nublados y bosques alto-andinos ha sido descrita para Bolivia, Ecuador, Colombia, Venezuela y Costa Rica (Jørgensen & Sipmann 2004, Kukwa et al. 2014) por lo que es considerada una especie propiamente andina. Se caracteriza por presentar un tomento negro azulado que se expande más allá de los lóbulos, además de presentar apotecios de color anaranjado y esporas elipsoides. El espécimen examinado (HUPCH-LIQ-1091; Fig. 1F) fue recolectado en las instalaciones del hotel Inkaterra (ene/2008) creciendo sobre un tronco. Colector: ZVL.

### 5. *Parmotrema eborinum* (Hale) Hale

Esta especie, considerada endémica del Neotrópico, se caracteriza por la ausencia de cilios y estructuras de reproducción asexual, y la presencia de ácido protocetrárico. Reportado previamente solo en Colombia, Brasil y Venezuela (Hale 1965). Los ejemplares estudiados carecían de cuerpos fructíferos (MAF-Lich 19248, 19249, 19251; Fig. 1G), y fueron recolectados

**Tabla 1.** Especies de macro-líquenes presentes en el Santuario Histórico de Machu Picchu. Se indica los códigos de herbario o cita bibliográfica respectiva, así como el lugar de colecta (L): sitio ceremonial (S), subida a la montaña Machu Picchu (M), camino al puente inca (P), e instalaciones del Inka Terra Hotel (I).

Familia/Especie	Fuente	L	Familia/Especie	Fuente	L		
CLADONIACEAE			32	<i>H. rockii</i>	MAF-Lich 19237	P	
1	<i>Cladonia confusa</i>	HUPCH-LIQ-1160	I	33	<i>H. stictifera</i>	Sipman et al (2009)	
2	<i>C. furcata</i>	HUPCH-LIQ-1159	I	34	<i>Parmotrema cetratum</i>	MAF-Lich 19246, 19247	P
3	<i>C. subsquamosa</i>	HUPCH-LIQ-1161	I	35	<i>P. eborinum</i>	MAF-Lich 19248, 19249, 19251	S,P
4	<i>Stereocaulon myriocarpum</i>	Soukup (1965)		36	<i>P. latissimum</i>	Soukup (1965)	
5	<i>S. ramulosum</i>	HUPCH-LIQ-1158	I	37	<i>P. machupicchuense</i>	Kurokawa & Moon (1998)	
COCCOCARPACEAE			38	<i>P. mellissii</i>	MAF-Lich 19250	P	
6	<i>Coccocarpia erythroxyli</i>	HUPCH-LIQ-1145	I	39	<i>P. tinctorum</i>	Soukup (1965)	
COLLEMATACEAE			40	<i>P. zollingeri</i>	Hale (1965)		
7	<i>Leptogium phylloleporum</i>	HUPCH-LIQ-1110, 1111	I	41	<i>Remototrachyn aguirrei</i>	Sipman et al (2009)	
8	<i>L. reticulatum</i>	HUPCH-LIQ-1112	I	42	<i>R. costaricensis</i>	MAF-Lich 19259-19261	S,P
9	<i>L. vesiculosum</i>	HUPCH-LIQ-1114, 1115	I	43	<i>R. rhabdiformis</i>	Sipman et al (2009)	
HYGROPHORACEAE			44	<i>Usnea angulata</i>	Trüong et al. (2013)		
10	<i>Dictyonema glabratum</i>	HUPCH-LIQ-1069, 1071; MAF-Lich 19229	I,P	45	<i>U. ceratina</i>	Trüong&Clerc (2012)	
11	<i>D. sericeum</i>	HUPCH-LIQ-1072	I	46	<i>U. cristatula</i>	Trüong&Clerc (2012)	
LOBARIACEAE			47	<i>U. deformis</i>	Trüong et al. (2013)		
12	<i>Lobariella crenulata</i>	MAF-Lich 19243, 19244	S,P	48	<i>U. dimorfa</i>	Trüong et al. (2013)	
13	<i>L. pallida</i>	HUPCH-LIQ- 1087, 1088	I	49	<i>U. entoviolata</i>	Trüong&Clerc (2012)	
14	<i>L. peltata</i>	HUPCH-LIQ- 1089	I	50	<i>U. flavorubescens</i>	Trüong&Clerc (2012)	
15	<i>Pseudocyphellaria aurata</i>	HUPCH-LIQ- 1139	I	51	<i>U. malmei</i>	Trüong et al. (2013)	
16	<i>P. clathrata</i>	HUPCH-LIQ-1140	I	52	<i>U. michauxii</i>	MAF-Lich 19262	M
17	<i>Sticta humboldtii</i>	HUPCH-LIQ-1119	I	53	<i>U. subgracilis</i>	Trüong et al. (2013)	
18	<i>S. laciniata</i>	HUPCH-LIQ-1121	I	54	<i>Xanthoparmelia microspora</i>	MAF-Lich 19263	P
19	<i>S. tomentosa</i>	HUPCH-LIQ-1120, 1122, MAF-Lich 19264, 19267	I,P	PELTIGERACEAE			
NEPHROMATACEAE			55	<i>Peltigera austroamericana</i>	HUPCH-LIQ-1102, 1103	I	
20	<i>Nephroma helveticum</i>	HUPCH-LIQ-1097	I	56	<i>P. laciniata</i>	HUPCH-LIQ-1104, 1105	I
PANNARIACEAE			57	<i>P. rufescens</i>	Soukup (1965)		
21	<i>Pannaria andina</i>	HUPCH-LIQ-1091	I	PHYSICIACEAE			
PARMELIACEAE			58	<i>Heterodermia fertilis</i>	Moberg (2011)		
22	<i>Hypotrachyna caraccensis</i>	Sipman et al (2009)		59	<i>H. isidiophora</i>	MAF-Lich 19233	M
23	<i>H. chicitae</i>	MAF-Lich 19231	P	60	<i>H. leucomelos</i>	MAF-Lich 19238	M
24	<i>H. chlorina</i>	Sipman et al (2009)		61	<i>H. speciosa</i>	MAF-Lich 19240	P
25	<i>H. cirrhata</i>	Culberson & Culberson (1981)		62	<i>H. trichophora</i>	Moberg (2011)	
26	<i>H. enderythraea</i>	Sipman et al (2009)		63	<i>H. vulgaris</i>	HUPCH-LIQ-1074	I
27	<i>H. imbricatula</i>	MAF-Lich 19232	P	64	<i>Phaeophyscia hispidula</i>	MAF-Lich 19253	P
28	<i>H. lipidifera</i>	MAF-Lich 19230	P	65	<i>Physcia clementei</i>	Soukup (1965)	
29	<i>H. minarum</i>	MAF-Lich 19245	P	66	<i>P. endochrysea</i>	MAF-Lich 19254	M
30	<i>H. neotropica</i>	ver Divakar et al. (2013)		TELOSCHISTALES			
31	<i>H. physcioides</i>	Sipman et al (2009)		67	<i>Teloschistes flavicans</i>	HUPCH-LIQ-1093	I

(16/12/2011) en el sitio ceremonial y en el camino al puente inca, creciendo sobre rocas. Colectores: JNZ-GH.

### 6. *Parmotrema mellissii* (C.W. Dodge) Hale

Esta especie de distribución pantropical, se caracteriza por presentar cilios largos (1-3 mm), isidios coraloides marginales, una médula blanca y la presencia de ácidos alectorónico y alfacollatolico; está presente en algunos otros países sudamericanos como Ecuador, Chile, Bolivia, Brasil, Uruguay, Venezuela y

Guyana (Hale 1965, Ceballos 2012, Kukwa et al. 2012). El espécimen estudiado (MAF-Lich 19250; Fig. 1H). posee cilios más largos que los reportados (>4 mm) y algunas máculas blancas en la superficie anterior; fue recolectado (16/12/2011) en el camino al puente inca creciendo sobre una roca. Colectores: JNZ-GH.

### 7. *Peltigera austroamericana* Zahlbr.

Esta especie descrita principalmente para Norte y Centro América, ha sido también reportada en Bolivia (Feurer et al.

1998, Kukwa et al. 2014). Se caracteriza por presentar un talo gris azulado, y apotecios marginales cuyos discos son convexos, carece de isidios y soredios, y la cara inferior es blanca con largas ricinas ramificadas. Los especímenes estudiados (HUPCH-LIQ-1102, 1103; Fig. 1I) fueron recolectados en las instalaciones del hotel Inkaterra (ene/2008), creciendo sobre un tronco. Colector: ZVL.

### 8. *Physcia endochrysea* (Nyl.) Hampe

Esta especie ha sido reportada solamente para Argentina (Estrabou et al. 2006) y aparentemente es endémica del Neotrópico. Se caracteriza por carecer de soredios e isidios, así como por presentar una médula de color rojizo. El espécimen estudiado (MAF-Lich 19254; Fig. 1J) fue recolectado (16/12/2011) en la subida a la montaña Machu Picchu, creciendo sobre una roca. Para este ejemplar también sería necesario incluir datos adicionales que ratifique que se trata de la misma especie. Colectores: JNZ-GH.

### 9. *Pseudocyphellaria clathrata* (De Not.) Malme

Esta especie de distribución Pantropical, ha sido reportada de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina (Galloway & Advirsson 1990, Moncada & Forero 2006, Flakus et al. 2012). Se caracteriza por presentar lóbulos de borde crenado, médula amarilla, y carecer de estructuras de reproducción asexual. El espécimen estudiado fue recolectado en las instalaciones del hotel Inkaterra (HUPCH-LIQ-1140; Fig. 1K; ene/2008) creciendo sobre troncos. Pese a no ser un nuevo registro para el país (Galloway & Advirsson 1990), se incluye en esta sección por no estar incluida en la lista de Ramos (2014). Colector: ZVL.

### Comentarios finales

La descripción e identificación de taxones basados en caracteres morfológicos y químicos resulta conveniente en países poco explorados como Perú, siempre y cuando existan registros previos en Sudamérica (e.g., *Hypotrachyna minarum*, *Parmotrema mellissii*). Sin embargo, se hace necesario el aporte de información adicional en aquellas especies consideradas de distribución geográfica restringida (e.g., *Lobariella peltata*, *Physcia endochrysea*). El uso de herramientas moleculares se presenta como una alternativa para la identificación de taxones; actualmente su uso se ha extendido y está influenciando enormemente la descripción de nuevos géneros y especies a nivel mundial (Feuerer & Hawksworth 2007). Sin embargo, presentan la desventaja de que es necesario disponer de muestras "frescas" (recolecciones no mayores de 5-8 años) para poder obtener secuencias útiles de ADN. Esta herramienta ayudaría también a identificar especies crípticas (Crespo & Pérez-Ortega 2009), cuya identificación se hace difícil o imposible si se utilizan solo caracteres morfológicos o químicos. El presente estudio contribuye a los estudios florísticos de líquenes realizados en SHMP, y en general a las zonas andinas del Perú. Sin embargo, Perú sigue siendo un área poco explorada en lo que se refiere a líquenes; en tal sentido, se exhorta la necesidad de realizar más colectas en distintas regiones del país para profundizar los conocimientos sobre la diversidad de estos organismos en Perú, y de esta forma potenciar su uso en la industria o como bioindicadores.

### Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Asociación Inkaterra y al Ministerio de Cultura - Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco - PAN Machu Picchu por las facilidades otorgadas durante la fase de campo. Así mismo, al laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y al grupo Systemol de la Universidad Complutense de Madrid por el uso de sus instalaciones; también un agradecimiento especial a cada uno de los investigadores que nos ayudaron con la identificación del material recolectado: Dr. Robert Lücking del Field Museum of Chicago, Dr. Orvo Vitikainen y Dr. Teuvo Ahti del Botanical Museum of University of Helsinki, Dr. Harry Sipman del Botanic Garden and Botanical Museum Berlín-Dahlem, y al Dr. Per Magnus Jørgensen de Bergen University.

### Literatura citada

- Ahti, T. 2000. Cladoniaeae. Flora Neotropica Monogr. 78: 1-362.
- Awasthi D. D. 2007. A compendium of the macrolichens from India, Nepal and Sri Lanka. Dehradun: Bishan Singh Mahendra Pal Singh. Pp 580
- Brodo I., S. Duran & S. Sharnoff. 2001. Lichens of North America. Yale University Press/New Have and London. Pp 795
- Cáceres M.E.S., E. Rivas Plata & R. Lücking. 2012. Malmographina, a new genus for Graphinamalmi (Ascomycota: Ostropales: Graphidaceae). Lichenologist 44 (1): 115-120. <http://dx.doi.org/10.1017/S0024282911000697>
- Ceballos G. 2012. Checklist de líquenes y hongos liquenícolas de Ecuador continental. Trabajo de Fin de Master. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid. Pp 37
- Crespo A. & S. Pérez-Ortega. 2009. Cryptic species and species pairs in lichens: A discussion on the relationship between molecular phylogenies and morphological characters. Anales del Jardín Botánico de Madrid 66 (S1): 71-81. <http://dx.doi.org/10.3989/ajbm.2225>
- Culberson W.L. & C.F. Culberson. 1981. The Genera Cetrariastrum and Concamerella (Parmeliaceae): A Chemosystematic Synopsis. Bryologist 84: 273-314.
- Divakar P.K. & D.K. Upreti. 2005. Parmelioid lichens in India (A Revisionary Study). Dehra Dun: Bishan Singh and Mahendra Pal Singh. Pp 488
- Divakar P.K., A. Crespo, J. Núñez-Zapata, A. Flakus, H.J.M. Sipman, J.A. Elix & H.T. Lumbsch. 2013. A molecular perspective on generic concepts in the Hypotrachyna clade (Parmeliaceae, Ascomycota). Phytotaxa 132 (1): 21-38. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.132.1.2>
- Elix J.A. 2011. Australian Physciaceae (Lichenised Ascomycota). Australian Biological Resources Study, Canberra. Disponible en [www.anbg.gov.au](http://www.anbg.gov.au). Acceso: 14/III/2015.
- Estrabou C., J.M. Rodríguez, B. Prieri & R. Lijteroff. 2006. Contribución al conocimiento de los macrolíquenes del extremo Sur del Gran Chaco (Argentina). Kurtziana 32 (1-2): 25-43.
- Feuerer T. & D.L. Hawksworth. 2007. Biodiversity of lichens, including a world-wide analysis of checklist data based on Takhtajan's floristic regions. Biodiversity and Conservation 16: 85-98. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-006-9142-6>
- Feuerer T., T. Ahti & O. Vitikainen. 1998. Lichenological investigations in Bolivia. - In: Marcelli M.P. & M.R.D. Seaward (eds). Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications. São Paulo, CETESB. Pp 71-86.
- Flakus A., J. Etayo, U. Schiefelbein, T. Ahti, A. Jabłońska, M. Oset, K. Bach, P. Rodríguez Flakus & M. Kukwa. 2012. Contribution to the knowledge of the lichen biota of Bolivia 4. Polish Botanical Journal 57 (2): 427-461.
- Frisch A., G. Thor & J.A. Elix. 2010. Herpothallon rubroechinatum (Arthoniaceae), a new species from tropical and subtropical America. Bryologist 113:144-148. <http://dx.doi.org/10.1639/0007-2745-113.1.144>
- Galloway D.J. & L. Arvidsson. 1990. Studies in Pseudocyphellaria (Lichens) II. Ecuadorian species. Lichenologist 22 (2): 103-135. <http://dx.doi.org/10.1017/S0024282990000081>

- Hale M.E. Jr. 1965. A monograph of *Parmelia* subgenus *Amphigymnia*. Contributions to Botany Number 36 Part. 5. Smithsonian Institution Press. Washington. Pp 358
- Hale M.E. Jr. 1971. Five new *Parmelia* from Tropical America. *Phytologia* 22: 30-35.
- Hale M.E. Jr. 1975. A revision of the genus *Hypotrachyna*. (Parmeliaceae) in Tropical America. Smithsonian Contributions to Botany Number 25. Smithsonian Institution Press. Washington. Pp 73
- Hale M.E. Jr. 1990. A Synopsis of the Lichen Genus *Xanthoparmelia* (Vainio) Hale (Ascomycotina, Parmeliaceae). Smithsonian Contributions to Botany Number 74. Smithsonian Institution Press. Washington. Pp 250
- Hawksworth D.L., R. Santesson & L. Tibell. 2011. *Racoleus*, a new genus of sterile filamentous lichen-forming fungi from the tropics, with observations on the nomenclature and typification of *Cystocoleus* and *Racodium*. *IMA Fungus* 2(1): 71–79. <http://dx.doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.01.10>
- IndexFungorum. 2015. IndexFungorum. Disponible en: [www.indexfungorum.org](http://www.indexfungorum.org). Acceso: 14/III/2015.
- Jørgensen P.M. 1975. Contributions to a monograph of the *Mallotium* – hairy *Leptogium* species. *Herzogia* 3: 433-460.
- Jørgensen P.M. 1997. Further notes on hairy *Leptogium* species. *Symbolae Botanicae Uppsalenses* 32: 113-130.
- Jørgensen P.M. 2006. *Conspectus familiae Pannariaceae* (Ascomycetes lichenosae). *Ilicifolia* 4: 1-78.
- Jørgensen P.M. & H.J.M. Sipman. 2004. A revision of the *Pannaria rubiginosa* complex in South America. *Nova Hedwigia* 78: 311-327.
- Kukwa M., K. Bach, H.J.M. Sipman & A. Flakus. 2012. Thirty-six species of the lichen genus *Parmotrema* (Lecanorales, ascomycota) new to Bolivia. *Polish Botanical Journal* 57: 243–257.
- Kukwa M., H.J.M. Sipman, J. Etayo, K. Bach, B. Guzow-Krzemińska, A. Jabłońska, S. Olszewska, P. Rodriguez Flakus & A. Flakus. 2014. The lichen order Peltigerales in Bolivia – the first assessment of the biodiversity. *Herzogia* 27: 321–345.
- Kurokawa S. & K.H. Moon. 1998. Three new species and a new combination in *Parmotrema* (Parmeliaceae). *Bulletin of the Botanical Garden of Toyama* 3: 17-23.
- Lücking R., M. Dal-Forno, K. Wilk & J.D. Lawrey. 2013. Three new species of *Dictyonema* (lichenized Basidiomycota: Hygrophoraceae) from Bolivia. *Acta Nova* 6 (1-2): 4-16.
- Lumbsch H.T., T. Ahti, S. Altermann, et al. 2011. One hundred new species of lichenized fungi: a signature of undiscovered global diversity. *Phytotaxa* 18: 1–127
- Merrill G.K. 1927. A list of the Peruvian lichens collected by C. Bües. *Bryologist* 30: 83-88.
- Moberg R. 2011. The lichen genus *Heterodermia* (Physciaceae) in South America – a contribution including five new species. *Nordic Journal of Botany* 29: 129 – 147. *Nordic Society Oikos*. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1756-1051.2009.00519.x>
- Moncada B. & E. Forero. 2006. El género *Pseudocyphellaria* Vain. (Lobariaceae – Ascomycetes Liquenizados) en Colombia. *Caldasia* 28: 197-215.
- Moncada B., R. Lücking & L. Betancourt-Macuase. 2013a. Phylogeny of the Lobariaceae (lichenized Ascomycota: Peltigerales), with a reappraisal of the genus *Lobariella*. *Lichenologist* 45 (2): 203–263. <http://dx.doi.org/10.1017/S0024282912000825>
- Moncada B., L.F. Coca & R. Lücking. 2013b. Neotropical members of *Sticta* (lichenized Ascomycota: Lobariaceae) forming photosymbiodemes, with the description of seven new species. *Bryologist* 116: 169-200. <http://dx.doi.org/10.1639/0007-2745-116.2.169>
- Moncada B., R. Lücking & L.F. Coca. 2013c. Six new apotheciate species of *Sticta* (lichenized Ascomycota: Lobariaceae) from the Colombian Andes. *Lichenologist* 45 (5): 635–656. <http://dx.doi.org/10.1017/S0024282913000376>
- Nash T.H., C. Gries & J.A. Elix. 1995. A revision of the lichen genus *Xanthoparmelia* in South America. *Bibliotheca Lichenologica* 56: 1-158.
- Orange A., P.W. James & F.J. White. 2001. Microchemical methods for the identification of lichens. *British Lichen Society*.
- Ramírez A. & A. Cano. 2005. Líquenes de Pueblo Libre, una localidad andina en la Cordillera Negra (Huaylas, Ancash, Perú). *Revista Peruana de Biología* 12 (3): 383-396. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v12i3.2414>
- Ramos D. 2014. Lista de especies de líquenes y hongos liquenícolas del Perú. *Glacia* 6(2): 1-57.
- Ramos D., A. Ramírez, V. Quipuscoa, K. Durand & J. Huallpa. 2013. Diversidad de líquenes en el Anexo de Tuctumpaya, Distrito de Pochi, Arequipa, Perú. *Arnaldoa* 20 (1): 129-154.
- Randlane T. & A. Saag. 2007. Cetrarioid lichens in the southern hemisphere – an identification key and distribution patterns of the species. *Bibliotheca Lichenologica* 95: 489–499.
- Rivas Plata E. & R. Lücking. 2013. High diversity of Graphidaceae (lichenized Ascomycota: Ostropales) in Amazonian Perú. *Fungal Diversity* 58: 13-32. <http://dx.doi.org/10.1007/s13225-012-0172-y>
- Rodríguez L.O. & K.R. Yung. 2000. Biological Diversity of Peru: Determining Priority Areas for Conservation. *Ambio* 29 (6): 329-337. <http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447-29.6.329>
- Rodríguez J.M., C. Estrabou & G. Quiroga. 2012. El género *Heterodermia* (Lecanorales – Physciaceae) en el centro norte de Argentina. *Acta Botanica Brasilica* 26 (4): 1000-1005.
- Sipman H.J.M. 2005a. Identification key and literature guide to the genera of Lichenized Fungi (Lichens) in the Neotropics. <http://www.bgbm.org/sipman/keys/neokeyA.htm>. Acceso: 01/VII/2015.
- Sipman H.J.M. 2005b. Mason Hale's key to *Parmotrema*, revised edition: key to wide-lobed parmelioid species occurring in Tropical America (genera *Canomaculina*, *Parmotrema*, *Rimelia*, *Rimeliella*). <http://www.bgbm.org/sipman/keys/Neoparmo.htm>. Acceso: 01/VII/2015.
- Sipman H.J.M. & J. Aguirre. 1982. Contribución al conocimiento de los líquenes de Colombia – I. Clave genérica para los líquenes foliosos y fruticosos de los páramos colombianos. *Caldasia* 13: 603-634.
- Sipman, H.J.M., J.A. Elix & T.H. Nash III. 2009. *Hypotrachyna* (Parmeliaceae, Lichenized Fungi). *Flora Neotropica Monograph* 104: 1-173.
- Soukup J. 1965. Lista de líquenes de Perú. *Biota* 28-65.
- Spielmann A.A. 2009. Estudos taxonômicos em *Parmotrema* s.l. (Parmeliaceae, Ascomycota liquenizados) com ácido salazínico. Tese (Doutorado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Pp 147
- Timdal E. 2008a. Studies on *Eschatogonia* (Ramalinaceae) in Peru. *Lichenologist* 40 (1): 31–38. <http://dx.doi.org/10.1017/S0024282908007457>
- Timdal E. 2008b. Studies on *Phyllopsora* (Ramalinaceae) in Peru. *Lichenologist* 40 (4): 337–362. <http://dx.doi.org/10.1017/S0024282908007846>
- Truong C. & P. Clerc. 2012. The lichen genus *Usnea* (Parmeliaceae) in tropical South America: species with a pigmented medulla, reacting C+ yellow. *Lichenologist* 44 (5): 625–637. <http://dx.doi.org/10.1017/S0024282912000400>
- Truong C., F. Bungartz & P. Clerc. 2011. The lichen genus *Usnea* (Parmeliaceae) in the tropical Andes and the Galapagos: species with a red-orange cortical or subcortical pigmentation. *Bryologist* 114: 477-503. <http://dx.doi.org/10.1639/0007-2745-114.3.477>
- Truong C., J.M. Rodriguez & P. Clerc. 2013. Pendulous *Usnea* species (Parmeliaceae, lichenized Ascomycota) in tropical South America and the Galapagos. *Lichenologist* 45 (4): 505–543. <http://dx.doi.org/10.1017/S0024282913000133>
- Wolseley P. A. & B. Aguirre-Hudson. 1995. Key to lichen genera in Thailand with special reference to epiphytic taxa, part I: macrolichens. *Nat. Hist. Bull Siam Soc.* 43: 303-335.
- Wright K.R., G.D. Witt & A.V. Zegarra. 1997. Hydrogeology and paleohydrology of ancient Machu Picchu. *Ground Water* 35: 660-666.
- Yoshimura I. 1998. *Lobaria* in Latin America: taxonomic, geographic and evolutionary aspects. In Marcelli M.P. & M.R.D. Seaward (Eds). 1998. *Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications*, p 129-134. CETESB. São Paulo.