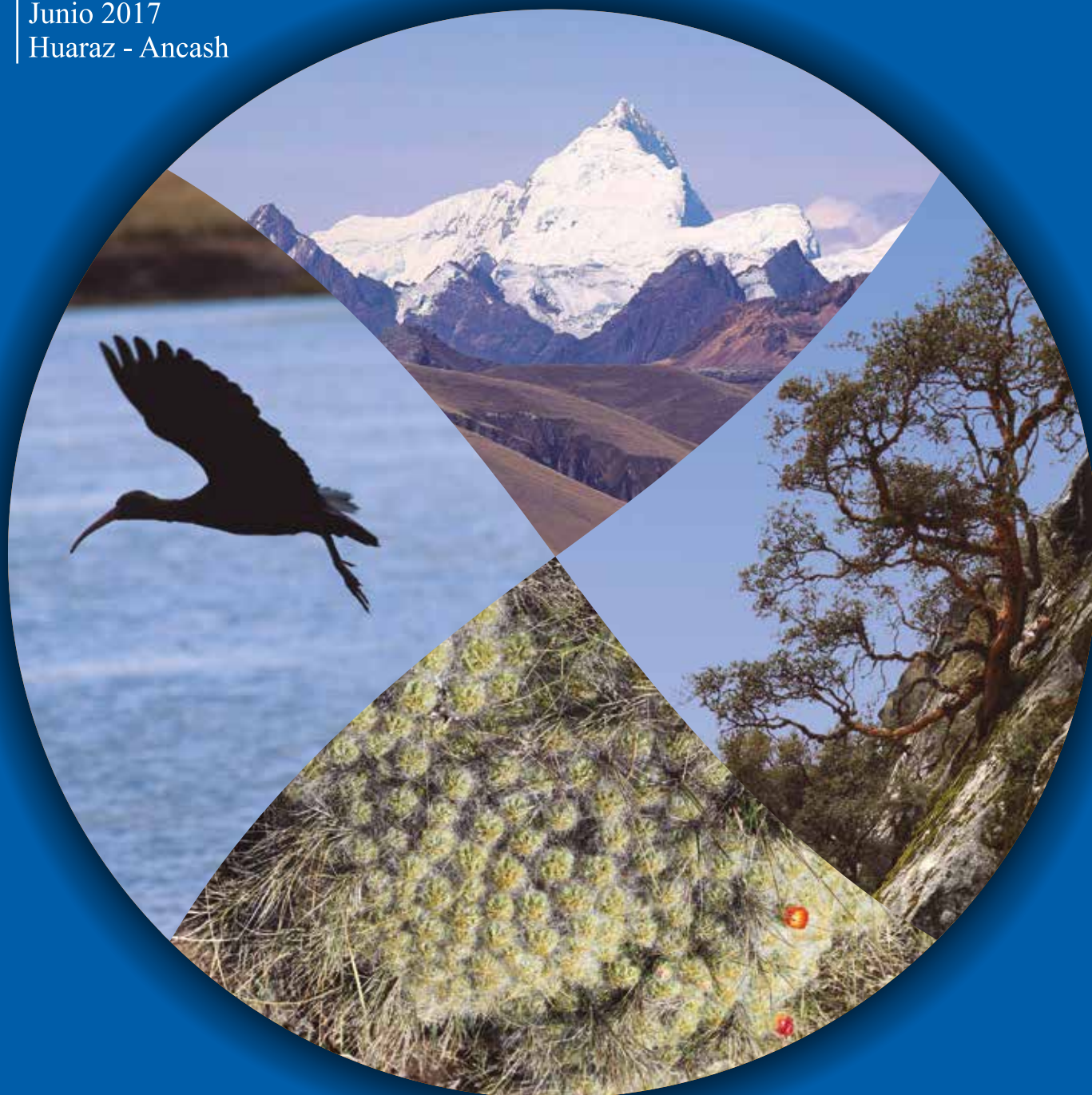


ISSN 2519-7649



REVISTA DE GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Año 2, Nº 2
Junio 2017
Huaraz - Ancash



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de
Investigación en Glaciares
y Ecosistemas de Montaña

Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Año 2, Número 2 – Junio 2017



INAIGEM

Instituto Nacional de Investigación en
Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Huaraz, Ancash, Perú



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de
Investigación en Glaciares
y Ecosistemas de Montaña

Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña

INAIGEM

Presidente Ejecutivo

Ing. Benjamín Morales Arnao

Secretario General

Sr. Jorge Rojas Fernández

Editor

Mag. Steven A. Wegner

Comité Editorial

Ing. Ricardo Villanueva Ramírez

Ing. Marco Zapata Luyo

Ing. David Ocaña Vidal

Dr. José Dancé Caballero

Bibl. Giber García Álamo

Comité Consultivo

Dr. Lonnie Thompson (School of Earth Sciences, The Ohio State University, Columbus, EE.UU.)

Dr. Cedomir Marangunic Damianovic (Geoestudios, Santiago, Chile)

Dr. Bernard Francou (LTHE - Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement, Grenoble, Francia)

Prof. Dr. Wilfried Haeblerli (Geographisches Institut, Universität Zürich, Suiza)

Ing. Zaniel Novoa Goicochea (Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima)

Dr. Jeffrey S. Kargel (Department of Hydrology & Atmospheric Sciences, The University of Arizona, Tucson, EE.UU.)

Dr. Enrique Flores Mariazza (Laboratorio de Utilización de Pastizales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima)

Dr. Hildegardo Córdova Aguilar (Centro de Investigación en Geografía Aplicada, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima)

Dr. Bryan G. Mark (Department of Geography, The Ohio State University, Columbus, EE.UU.)

La *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña* es una publicación científica de periodicidad semestral (junio y diciembre). Tiene como objetivo difundir los resultados de trabajos de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña desarrollados en los Andes, especialmente en el Perú, pero también en otros países andinos.

La *Revista* publica artículos científicos originales e inéditos especialmente en las áreas de glaciología y ecología de ecosistemas de montaña, así como disciplinas afines de ciencias de la tierra, ciencias biológicas y ciencias sociales. Los trabajos recibidos son evaluados por árbitros externos según criterios de calidad.

La *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña* no está indizada todavía, pero nuestra meta es cumplir con las pautas para serlo, cuyo trámite se iniciará después de la publicación del tercer número.

ISSN 2519-7649

Editado por:

Copyright © 2017. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

Jr. Juan Bautista Mejía 887, Huaraz, Ancash, Perú

Teléfono: (51) 043-22-1766 / 043-45-6234

Correo electrónico: publicaciones@inaigem.gob.pe

El contenido de cada artículo es de responsabilidad exclusiva de los autores y no expresa, necesariamente, la opinión de la *Revista* o del INAIGEM.

Es permitido realizar la reproducción parcial o total de los artículos publicados en esta revista con la obligación de indicar el nombre del autor y la fuente.

La revista está disponible a texto completo en:

<http://www.inaigem.gob.pe/biblioteca/publicaciones/compilado>

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2016-17526

Diagramación: Soluciones Gráficas

Impreso en:

Pincel de Oro E.I.R.L.

Jr. Simón Bolívar 733, Huaraz, Ancash, Perú

Octubre 2017

Tiraje: 500 ejemplares

Fotos de la portada: (arriba) Nevado Huantsán, desde la Pampa de Lampas, Cátac, Recuay, Ancash (R. Villanueva); (derecha) Árbol de queñua (*Polylophos* sp.), Quebrada Llaca, Huaraz, Ancash (D. Ocaña); (abajo) Cactus “*waquru*” (*Opuntia floccosa*), Pampa de Lampas, Cátac, Recuay, Ancash (R. Villanueva); (izquierda) Ibis negro de la puna “*yanavico*” (*Plegadis ridgwayi*), Laguna Tapara, Cátac, Recuay, Ancash (R. Villanueva).

Foto de la contraportada: Vista de cerca de la inflorescencia de la *Puya raimondii*, Carpa, Cátac, Recuay, Ancash (Ó. Vilca).

CONTENIDO

Editorial	7
1. La unidad norte de la Cordillera Blanca y el cambio climático <i>The north unit of the Cordillera Blanca and climate change</i> Benjamín Morales Arnao y Alexzander Santiago Martel	9
2. Glaciares de Argentina: Resultados preliminares del Inventario Nacional de Glaciares <i>Glaciers of Argentina: Preliminary results of the National Inventory of Glaciers</i> Laura Zalazar, Lidia Ferri, Mariano Castro, Hernán Gargantini, Melisa Giménez, Piere Pitte, Lucas Ruiz, Mariano Masiokas y Ricardo Villalba	13
3. Monitoreo de la dinámica del glaciar Pastoruri empleando tecnología RPA <i>Monitoring the dynamics of the Pastoruri glacier using RPA technology</i> Alexzander Santiago Martel, Edwin Loarte Cadenas y Ricardo Villanueva Ramírez	23
4. A qualitative assessment of contemporary glacier loss in the Cordillera Blanca, Peru, using repeat photography <i>Una evaluación cualitativa de la pérdida actual de glaciares en la Cordillera Blanca, Perú, usando la fotografía repetitiva</i> Alton C. Byers	31
5. Water, silt and dams: Prehispanic geological storage in the Cordillera Negra, north-central Andes, Peru <i>Agua, limo y represas: Almacenaje geológico prehispánico en la Cordillera Negra, los Andes nor-centrales, Perú</i> Kevin Lane	41
6. Legado de los programas de desarrollo ambiental participativo (PDAP) en los Andes: Lecciones aprendidas <i>The legacy of participative environmental development programs (PDAP) in the Andes: Lessons learned</i> Charles B. Kenny-Jordan	51
7. Políticas públicas y educación rural en la sierra del Perú: Identificando el problema (1^{ra} parte) - La calidad del sistema educativo peruano en el área rural andina y su incidencia en los ecosistemas de montaña <i>Public policies and rural education in the highlands of Peru: Identifying the problem (Part 1) – The quality of the Peruvian educational system in the rural Andes and its incidence in mountain ecosystems</i> Antonio Guerrero Villar y Rosa Paz Soldán Villarreal	65
8. Conteo de individuos de <i>Puya raimondii</i> mediante técnicas geomáticas en territorio de la comunidad campesina Cajamarquilla, Ancash <i>Counting individuals of Puya raimondii using geomatic techniques in the territory of the rural community of Cajamarquilla, Ancash</i> Helder E. Mallqui Meza	79
9. Breve historia de la ornitología en los Altos Andes del norte del Perú y su importancia para la conservación <i>A brief history of ornithology in the High Andes of northern Peru and its importance for conservation</i> C. Steven Sevillano Ríos	87

10.	El tarugo (<i>Hippocamelus antisensis</i>, Cervidae): Mitos, creencias y prácticas en la Cordillera Blanca del Perú	
	<i>The tarugo (Hippocamelus antisensis, Cervidae): Myths, beliefs and practices in the Cordillera Blanca of Peru</i>	
	Doris Walter	103
11.	El Pabellón de las Montañas del Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, Huaraz, 2016	
	<i>The Mountain Pavilion of the International Forum on Glaciers and Mountain Ecosystems, Huaraz, 2016</i>	
	Christine Giraud	115
	Guía para Autores	119

EDITORIAL

Experimentando el Cambio Climático

El presente número de la *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña* ofrece a nuestros lectores una variedad de artículos abordando temas especializados vinculados a los glaciares y ecosistemas de montaña en el Perú y otras partes de Sudamérica. Varios se refieren directa o indirectamente al cambio climático, sus efectos y consecuencias, evidenciados en drásticos cambios en los paisajes montañosos en los últimos meses, años y décadas. Estos cambios tienen un impacto significativo en la flora y fauna nativas, tales como en los cultivos, el ganado doméstico y las poblaciones humanas que son dependientes de todos ellos, aunque el público en general, especialmente de las concentraciones urbanas, apenas conoce el impacto de estos cambios o percibe sus efectos como meramente temporales, en vez de algo permanente que puede modificar su estilo de vida sustancialmente en las próximas generaciones.

El fenómeno del cambio climático se manifiesta en diversas maneras, algunas de las cuales son el aumento de la temperatura global, el calentamiento de los océanos, el encogimiento de los campos de hielo polares, la reducción de los glaciares continentales, el aumento del nivel del mar, la acidificación de los océanos, la alteración de los padrones de circulación atmosférica y el aumento de eventos climáticos extremos (como olas de calor o frío, ciclones tropicales, fenómeno El Niño, etc.). La temperatura de la atmósfera es la clave de muchos de los otros efectos: recientemente, la Universidad de Washington presentó los resultados de una investigación donde indica que la temperatura mundial puede aumentar entre 2 y 5 °C para el año 2100 (véase <https://phys.org/news/2017-07-earth-degrees-century.html>).

Otro fenómeno notable de los últimos años es el desprendimiento de grandes masas de hielo del casquete polar de la Antártida. En junio de este año, una sección de 5800 km² de hielo se separó de la barrera de hielo Larsen en el lado este de la península Antártida (véase <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/massive-iceberg-breaks-off-from-antarctica>). Aunque algunos expertos sostienen que este desprendimiento no está vinculado a un calentamiento climático, la ausencia de la barrera permitiría una descarga más rápida de glaciares de la Antártida hacia el mar, aumentando su nivel.

Los glaciares en la zona intertropical, incluyendo la totalidad de los glaciares del Perú, son uno de los indicadores más sensibles al calentamiento climático. Dentro de la zona más cálida de la Tierra, a pesar de su gran altura, los glaciares peruanos están sujetos a una intensa radiación solar, fuertes vientos y otros efectos climáticos que han provocado un retroceso o derretimiento extraordinario de los glaciares, evidenciado a través de registros fotográficos aéreos y satelitales en los últimos 50 años.

Como uno de los ejes centrales de la investigación del INAIGEM, los glaciares peruanos han sido inventariados cuidadosamente para monitorear los cambios en su extensión. El caso del pequeño glaciar Pastoruri en la parte sur de la provincia de Recuay, Ancash, es instructivo: este glaciar ha perdido aproximadamente el 77% de su área desde 1962 y puede desaparecer dentro de unas décadas. Otro caso es el glaciar al lado este de la laguna Palcacocha: entre 1974 y 2016, el glaciar ha retrocedido cientos de metros, dejando un gran espacio para el crecimiento de la laguna que ha aumentado su volumen en 34 veces, haciendo un total de aproximadamente 17 millones de metros cúbicos. Muchos otros cambios en la cobertura glaciar son claramente visibles cuando se comparan fotos tomadas en la Cordillera Blanca y la Cordillera Huayhuash en la década de 1930 con fotos actuales, lo mismo que se nota en otras partes del mundo (véase <http://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/glaciares-derritiendo-412463?foto=8>).

Como se sabe, cambios en el régimen climático han afectado las poblaciones de flora, fauna y humanos durante muchos milenios. A estos cambios se ha atribuido la extinción hace 5600 años de la última población de mamut en el hemisferio oeste, específicamente en la isla San Pablo de las islas Pribilof de Alaska, debido a un calentamiento que redujo las fuentes de agua dulce (véase <https://www.newscientist.com/article/2099485-americas-last-mammoths-died-of-thirst-on-an-alaskan-island/>). Muchas especies de aves tropicales actualmente consideradas fuera de peligro de extinción son altamente vulnerables al cambio climático por la alteración de su hábitat. Los que viven en zonas ecológicas muy restringidas o fragmentadas, como en los Andes peruanos, corren el mayor riesgo frente a cambios en el régimen hídrico que afecta la vegetación, aparte de los disturbios de origen antrópico como son la ganadería o la minería. En el caso más extremo, el cambio climático podría resultar en la extinción de especies o, posiblemente, en serias alteraciones en el proceso de selección natural (véase <http://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/cambio-climatico-causa-alteraciones-seleccion-natural-142485>).

Seguiremos buscando trabajos de investigación y noticias sobre cambios en los glaciares y en los ecosistemas de montaña de los Andes, sus causas y explicaciones. Con mucha anticipación esperaremos el Primer Congreso Internacional del Cambio Climático en Huaraz, Ancash, el 29 y 30 de noviembre y el 1 de diciembre del presente año (véase <http://www.sgp.org.pe/wp-content/uploads/FIRST-CIRCULAR-ICCCI-spa.pdf>).

El Editor

La Unidad Norte de la Cordillera Blanca y el Cambio Climático

The North Unit of the Cordillera Blanca and Climate Change

Benjamín Morales Arnao¹ y Alexander Santiago Martel¹

¹Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, Huaraz, Ancash

Resumen

La Cordillera Blanca del Perú es la cadena de montañas glaciares más extensa y alta del planeta en la zona intertropical. Tiene 180 km de largo y una superficie de 470 km² de glaciares. Su constitución geomorfológica la individualiza en varios sectores divididos por profundos valles glaciares o quebradas.

El sector más importante de la Cordillera Blanca está ubicado en la parte norte, entre la quebrada de Santa Cruz en su flanco sur y la quebrada Quitaracsa en su flanco norte, que drenan sus aguas al río Santa, teniendo como quebrada intermedia a Los Cedros. Esta gran superficie de territorio de montañas tiene cumbres glaciares entre los 4800 hasta los 6241 msnm, cinco cumbres superiores a los 6000 m, y encierra al famoso nevado Alpamayo, considerado la montaña más bella del planeta.

Por efecto de los cambios climáticos, con elevación de temperatura promedio mayor a 0.5 °C entre 1962 y 2016, se ha reducido el área de la superficie glaciar de 105.22 km², calculados con fotografías aéreas de los años 1962-1965, a 71.06 km² al año 2016, estimados en base a imágenes ópticas SPOT, reduciéndose a la vez las reservas hídricas en 34.16 km², con un aporte descendente de agua para los fines de la generación de energía, la agricultura y la industria, afectando el desarrollo futuro de las regiones de Ancash y la Libertad.

Las líneas que siguen en el presente artículo se refieren a las principales manifestaciones que se advierten en los glaciares por efecto de los impactos negativos del cambio climático y las correspondientes acciones de adaptación que se vienen dando.

Palabras clave: *Glaciares, cambio climático, Cordillera Blanca, Perú*

Abstract

The Cordillera Blanca of Peru is the largest and highest glacierized mountain chain on the planet in the intertropical zone. It is 180 km long and has an area of 470 km² of glaciers. Its geomorphological constitution divides it into several sectors separated by deep glacial valleys or quebradas.

The most important sector of the Cordillera Blanca is located in the northern part, between the Santa Cruz

Valley on its southern flank and the Quitaracsa Valley on its northern flank, which drain its waters to the Santa River. There is also another valley, the Los Cedros Valley, in between these two. This great area of mountain territory has glacierized peaks between 4800 and 6241 masl, five peaks above 6000 m, and includes the famous Mount Alpamayo, considered the most beautiful mountain in the world.

As a result of climatic changes, with an average temperature elevation greater than 0.5 °C between 1962 and 2016, the glacier surface area has been reduced from 105.22 km², calculated with aerial photographs from 1962-1965, to 71.06 km² in 2016, estimated based on SPOT optical images, also reducing the water reserves by 34.16 km², with a declining contribution of water for the purposes of energy generation, agriculture and industry, affecting the future development of the regions of Ancash and La Libertad.

The following article refers to the main manifestations that are noticed in glaciers due to the negative impacts of climate change and the corresponding adaptive actions that have been taking place.

Keywords: *Glaciers, climate change, Cordillera Blanca, Peru*

La Investigación en Glaciares - Los Inicios

En el año 1966, la Corporación Peruana del Santa, empresa creada para el desarrollo del departamento de Ancash, propietaria de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato, concedora de los eventos catastróficos generados por los aluviones y avalanchas de hielo que ocurrieron aguas arriba de esta central, decidió formar un departamento especializado en la investigación de los glaciares y en la ejecución de las obras de prevención que resuelvan o aminoren las consecuencias de los aluviones de origen glaciar. Tuve (BMA) el honor y la enorme responsabilidad de liderar dicho departamento.

La primera investigación glaciológica y de riesgos fue en la laguna Safuna, en la cabecera del valle glaciar Quitaracsa, en el año 1966. Se hicieron por primera vez levantamientos geofísicos en la laguna para determinar si tenía un núcleo de hielo en el dique morrénico. Del mismo modo, se hicieron levantamientos geofísicos en la lengua glaciar del nevado Pucahirca para determinar su espesor, a fin de proyectar el crecimiento de la laguna, tanto en longitud

como en profundidad. Estos levantamientos geofísicos se complementaron con perforaciones rotativas en la morrena y la lengua glaciar, habiendo comprobado que la geofísica y las perforaciones verificaron la concordancia de ambos métodos sólo con algunos metros de diferencia. Por primera vez en Latinoamérica, se efectuaron perforaciones rotativas sobre un glaciar, llegándose a encontrar un espesor de 155 m de hielo.

Con el monitoreo constante de este glaciar y de otros glaciares piloto, se pudo constatar la acción de los cambios climáticos, pues la laguna Safuna de 400 m de largo en 1966, se transformó en una laguna de 1700 m de largo en menos de 20 años, con una profundidad del orden de 150 m. Estos resultados y las condiciones de riesgos detectadas llevaron a la Corporación Peruana del Santa a construir un túnel de desagüe de 140 m de largo a través del dique morrénico. Por otro lado, se inició un monitoreo glaciar con perforaciones térmicas a lo largo y ancho del glaciar para determinar el balance de masa, encontrándose que el balance era negativo, es decir, que se derrite el glaciar mucho más en equivalente en agua que la reposición de nieve en la zona de acumulación.

La Reducción de las Superficies Glaciares por Efecto del Cambio Climático

En el año 1970, se inicia el inventario de los glaciares de la Cordillera Blanca, empleando como referencias iniciales las fotografías aéreas de los años 1962-1965, con el fin de

conocer las superficies de los glaciares y sus variaciones por efecto de la influencia del cambio climático. Se han elaborado cuatro inventarios: el primero, por la Corporación Peruana del Santa, Electroperú e Hidrandina; el segundo, por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM); el tercero, por la Autoridad Nacional del Agua (ANA); y el cuarto, por el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) al 2016. La información obtenida aseveró la magnitud de la fusión de los glaciares en esta Unidad Norte, encontrándose que, entre 1966 y 2016, la superficie glaciar perdió 34.16 km², lo que compromete el aprovisionamiento hídrico para fines energéticos y agrícolas, principalmente (ver Figuras 1 y 2).

La Formación de Lagunas por Efecto del Cambio Climático

Los mejores indicadores de los cambios climáticos son los glaciares, debido que son susceptibles a pequeñas variaciones de temperatura, lo cual se evidencia por la reducción de las superficies glaciares. Estos efectos se pueden distinguir especialmente en lenguas glaciares que, debido a la temperatura, se fusionan y van formando progresivamente lagunas glaciares encerradas por diques morrénicos o de roca. Buenos ejemplos de esta formación se tienen en las lagunas Safuna, Pucacocha y otras en la quebrada Quitaraca, las lagunas Jancarurish y Cullicocho, en la quebrada Los Cedros, y las lagunas Taullicocho, Arhuaycocha y Yuracocha en la quebrada Santa Cruz. Estas lagunas han crecido rápidamente por la fusión

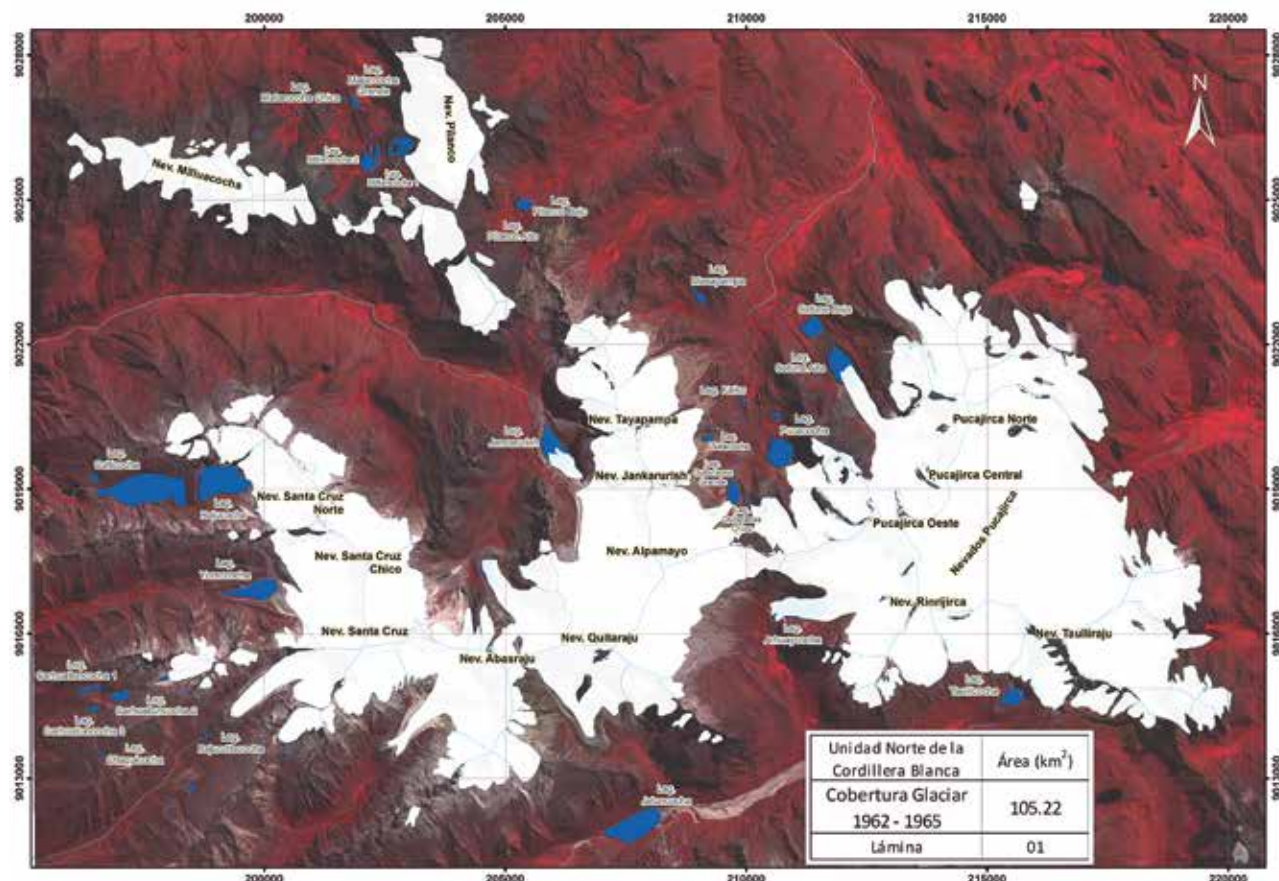


Figura 1. Cobertura glaciar (1962-1965) de la Unidad Norte de la Cordillera Blanca.

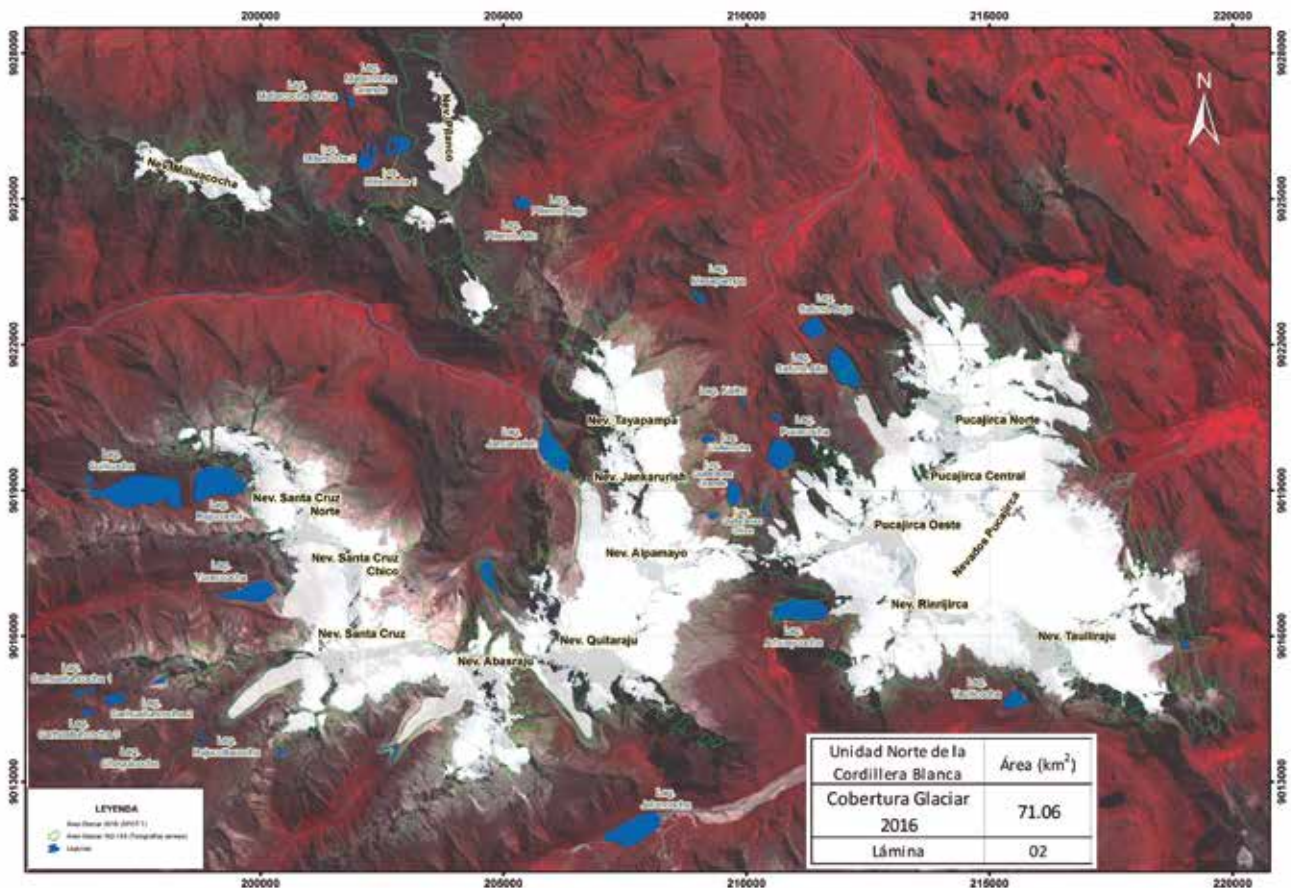


Figura 2. Cobertura glaciar (2016) de la Unidad Norte de la Cordillera Blanca.

de las lenguas glaciares, alcanzando algunas de ellas profundidades mayores a los 100 metros y volúmenes de hasta 20 millones de metros cúbicos, siendo posible la utilización de algunas como reservorios de regulación hídrica.

Los Riesgos Glaciares que Se Derivan del Cambio Climático

La Cordillera Blanca, en el mundo científico, es conocida por su belleza y por ser la cadena montañosa que ha tenido la mayor cantidad de catástrofes de origen glaciar en el mundo. Se tiene información de avalanchas y aluviones ocurridos desde 1725 cuando una avalancha y el aluvión consiguiente destruyeron totalmente el pueblo de Ancash al norte de la ciudad de Yungay, con más de 1500 víctimas. En el Siglo XX en el año 1941, una avalancha de hielo sobre la laguna Palcacocha produjo el aluvión que destruyó la tercera parte de la ciudad de Huaraz con un saldo de 4000 muertos. En 1945, se produjo el aluvión sobre el monumento arqueológico de Chavín y, en 1950, ocurrió el aluvión de Los Cedros.

La formación acelerada de estas lagunas glaciares, encerradas por diques inestables de tipo morrénico, propició situaciones de riesgos y catástrofes de origen glaciar, como el aluvión de la laguna Jancarurish en el año 1950 por una avalancha de hielo del nevado Alpamayo, aluvión que produjo gran destrucción en la quebrada Los Cedros, así como en las obras de la Central Hidroeléctrica

del Cañón del Pato. Esta situación de riesgos propició la construcción de obras civiles de prevención, desaguando y construyendo diques de seguridad y túneles en las lagunas Pucacocha y Safuna en la cabecera de la quebrada Quitaracsa. El colapso de la laguna Jancarurish se produjo cuando se encontraba en pleno proceso de desagüe.

La laguna Jancarurish se formó por la fusión de una lengua glaciar que bajaba del nevado Alpamayo y que limitaba en su fondo con un gran farallón, el cual, por la dinámica de su movimiento, producía avalanchas de hielo sobre esta laguna en la cabecera de la quebrada Los Cedros, que descarga sus aguas a la bocatoma de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato. Dada esta situación de peligro, en 1950 se resolvió proceder a su desagüe por la Comisión de Lagunas de la Cordillera Blanca, oficina dependiente del Ministerio de Obras Públicas.

El desagüe se inició por el sistema de corte de un tajo en el conducto de descarga, trabajo que avanzó en forma normal durante cuatro meses, bajando el nivel de la laguna en seis metros; cuando en forma intempestiva, el 20 de octubre de 1950, se produjo una gran avalancha de hielo de la lengua glaciar del nevado Alpamayo, originando un oleaje siete metros de alto que fácilmente erosionó el conducto de descarga de la laguna en menos de una hora hasta una profundidad de 60 m, produciéndose el aluvión llamado de Los Cedros. Se vaciaron de seis a ocho millones de metros cúbicos, destruyendo la Central Hidroeléctrica de los Cedros y los campamentos con todo

su personal, y produciendo grandes daños a la bocatoma de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato, las vías de comunicación, las carreteras y el ferrocarril hacia Chimbote, causando 500 víctimas (ver Figura 3).

Centrales Hidroeléctricas

Los países de montaña de morfología agreste y con recursos hídricos en sus cabeceras son los que utilizan en forma eficiente las ventajas que les ofrece la naturaleza. En el Perú, la Corporación Peruana del Santa, inspirada en el visionario hombre de ciencia, don Santiago Antúnez de Mayolo, hizo efectivo su proyecto y construyó la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato, en el ámbito de la Unidad Norte de la Cordillera Blanca, toda una hazaña de la ingeniería para su tiempo, en las décadas de los años 40 y 50 del siglo pasado. En la parte baja de la quebrada Santa Cruz, se han construido tres pequeñas centrales hidroeléctricas en cadena, y hace un par de años, se construyó otra central hidroeléctrica en la parte final de la quebrada Quitaraca.

A finales de la década de los 60, intervenimos (BMA) para hacer un reconocimiento de un proyecto atrevido

al que llamamos, en la Corporación Peruana del Santa, la Unidad Norte de la Cordillera Blanca. Este proyecto consistía en construir una serie de canales y túneles que colectaban las aguas del flanco Norte de la quebrada Santa Cruz al nivel del límite de los glaciares, a una altura de unos 4800 msnm para llevar las aguas hacia la laguna Cullicocha, que tiene un formidable dique de roca granítica a 4250 msnm, donde se construiría una presa de concreto para almacenar más de 100 millones de metros cúbicos. Este reconocimiento técnico que hicimos fue muy interesante, para lo cual tuvimos un equipo de especialistas ingenieros y montañistas de primer orden, debido a los riesgos expuestos, para recorrer a esas alturas llevando un trazo preliminar, tramontando peligrosos taludes y farallones donde tendrían que construirse canales y varios pequeños túneles.

El propósito de este proyecto era aprovechar las caídas de más de 3000 m, situadas entre la laguna Cullicocha y la quebrada Los Cedros, donde se construirían tres centrales hidroeléctricas. Infelizmente, este interesante proyecto no se llevó adelante debido a las difíciles condiciones topográficas y de alturas en las que tendría que desarrollarse.



Figura 3. Nevado Alpamayo (superior derecha), Laguna Jancarurish (centro) y huellas del aluvión de Los Cedros de 1950 (izquierda).

Glaciares de Argentina: Resultados Preliminares del Inventario Nacional de Glaciares

Glaciers of Argentina: Preliminary Results of the National Inventory of Glaciers

Laura Zalazar¹, Lidia Ferri¹, Mariano Castro¹, Hernán Gargantini¹, Melisa Giménez¹, Pierre Pitte¹, Lucas Ruiz¹, Mariano Masiokas¹ y Ricardo Villalba¹

¹*Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) – CONICET, Mendoza, Argentina*

Resumen

Los glaciares constituyen reservas hídricas en estado sólido y son componentes cruciales del sistema hidrológico de montaña. A pesar de su importancia, no existía en Argentina información precisa sobre el número, ubicación y tamaño de estos cuerpos de hielo. En el año 2010, se sanciona la Ley 26639 de “Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y el Ambiente Periglacial”, que tiene como principales objetivos proteger los glaciares considerados como reservas estratégicas de recursos hídricos y crear el Inventario Nacional de Glaciares (ING), donde se individualicen todos los glaciares y geoformas periglaciales que actúan como reservas hídricas con toda la información necesaria para su adecuada protección, control y monitoreo. El inventario y monitoreo del estado de los glaciares y del ambiente periglacial es llevado a cabo por el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA-CONICET) con la coordinación de la autoridad nacional de aplicación de la ley, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina (MAyDS). Este inventario se realiza en tres niveles que varían en complejidad y extensión espacial. En este trabajo se presentan los resultados preliminares obtenidos en el primer nivel, que consiste en el mapeo y caracterización de glaciares (descubiertos, cubiertos, manchones de nieve y de escombros) mediante sensores remotos. Estos datos son luego verificados en el campo en sectores seleccionados. Sobre un total de 70 cuencas y subcuencas delimitadas para el inventario se ha avanzado en 64. Hasta febrero de 2017, se han inventariado 15,482 glaciares que cubren una superficie de 5743 km².

Palabras clave: *Glaciares, inventario, montaña, recursos hídricos, Andes*

Abstract

Glaciers are strategic water reserves in solid state and are crucial components of the hydrological cycle in mountain regions. Despite their importance, there was no precise information on the number, location and size of glaciers in Argentina. In 2010, the National Law 26639 on “Minimum Standards for the Preservation of Glaciers and the Periglacial Environment” was promulgated. Its main objectives are the protection of glaciers, which are considered strategic reserves of water resources, and

the development of the National Glacier Inventory to identify glaciers and periglacial geoforms, recording and collecting all the necessary information for their proper protection, control and monitoring. The inventory and monitoring of the condition of glaciers is carried out by the Argentine Institute for Snow, Ice and Environmental Sciences (IANIGLA-CONICET) in collaboration with the Argentine Ministry of the Environment and Sustainable Development. The inventory is organized in three levels of different complexity and spatial extension. This paper summarizes the preliminary results of level one, which consists in the identification, mapping and characterization of glaciers (clean ice glaciers, debris-covered glaciers, snowfields and rock glaciers) through satellite images. The satellite-based mapping is validated through field campaigns in selected areas. Of the 70 basins and sub-basins delimited for the inventory, 64 have been studied. As of February 2017, the number of glacial and periglacial geoforms inventoried amounts to 15,482, covering a total area of 5743 km².

Keywords: *Glaciers, inventory, mountains, water resources, Andes*

Introducción

Los glaciares constituyen reservas hídricas en estado sólido y son componentes cruciales del sistema hidrológico de montaña y zonas adyacentes. Ayudan a la regulación de caudales, reduciendo las crecidas de deshielo y aportando recursos hídricos durante la época más seca. Estos cuerpos de hielo están siendo fuertemente afectados por el calentamiento global. El rápido retroceso de los glaciares constituye uno de los signos más claros del aumento de temperatura que experimenta la superficie terrestre. La reducción de las masas de hielo modifica paulatinamente los regímenes hidrológicos y los usos del suelo. Son también, potenciales factores de riesgo para las poblaciones ubicadas aguas abajo.

El interés por los glaciares se ha traducido en un creciente número de estudios y de inventarios a nivel global, regional y local. En Argentina se realizan inventarios desde 1960 como el de Bertone para los glaciares de vertiente Atlántica del Campo de Hielo Sur (Bertone, 1960) o los inventarios llevados a cabo por el IANIGLA-CONICET en los Andes Centrales de Argentina como el de la cuenca del

río Mendoza (Corte y Espizua, 1981). Sin embargo, se trata de datos parciales para algunas cuencas o sectores del país y, en la mayoría de los casos, datos desactualizados. Una recopilación de estos inventarios se puede consultar en el documento “Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente Periglacial: Fundamentos y Cronograma de Ejecución” (IANIGLA-CONICET, 2010).

En el año 2010, se sanciona en Argentina la Ley 26639 de “Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y el Ambiente Periglacial”. Se establecen como principales objetivos proteger los glaciares considerados como reservas estratégicas de recursos hídricos y crear el Inventario Nacional de Glaciares (ING), donde se individualicen todos los glaciares y geoformas periglaciales con toda la información necesaria para su adecuada protección, control y monitoreo. Por ley, el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), unidad ejecutora del CONICET, es designado como el organismo encargado de realizar el ING con la coordinación de la autoridad nacional de aplicación, que es el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina (MAyDS).

Para la concreción del ING y el cumplimiento de sus objetivos, el IANIGLA ha desarrollado una estrategia de monitoreo que consta de tres niveles que varían en complejidad y extensión espacial. El nivel 1 representa la fase de mapeo y caracterización de la totalidad de los cuerpos de hielo del país. En el nivel 2, se analizan las fluctuaciones recientes de glaciares seleccionados. Por último, el nivel 3, representa el monitoreo de glaciares de referencia, el clima local y escorrentía de los ríos. Se focaliza en pocos glaciares y crioformas que son analizados en detalle. En este trabajo se presenta la metodología y resultados preliminares de los glaciares argentinos en el nivel 1.

Área de Estudio

La República Argentina ubicada en el extremo sur de América del Sur, tiene, de acuerdo con datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN), una superficie de 2,791,810 km² en el continente americano y 969,464 km² reclamados en el sector Antártico (incluyendo Islas Orcadas) y las islas australes (Georgias del Sur y Sandwich del Sur). El país presenta un importante desarrollo latitudinal puesto que el sector continental se extiende desde los 21° 46' S hasta los 55° 03' S. Además, la presencia de la cordillera de los Andes en el oeste otorga una variabilidad altitudinal que alcanza su punto máximo en el centro oeste del país en el cerro Aconcagua con 6960 msnm, el más alto de los hemisferios Occidental y Sur. Estas variaciones latitudinales y altitudinales explican la presencia de glaciares en el oeste del país y las diferentes características que los mismos pueden adquirir de norte a sur en cuanto a la distribución espacial, superficie, cantidad y tipo de glaciar.

Con fines operativos y teniendo en cuenta las diferencias latitudinales y altitudinales, el país ha sido

dividido por el IANIGLA en cinco regiones (Figura 1). Esta regionalización se basa en el trabajo de Lliboutry (1999), quien dividió el área cordillerana de Argentina y Chile en cuatro regiones: Andes Desérticos y Andes Centrales (dentro de lo que denominó los Andes Áridos) y los Andes del Norte de la Patagonia o Andes de la región de los Lagos y Andes del Sur de la Patagonia o Andes Patagónicos (en lo que se reconoce como Andes Húmedos). A estas regiones se ha agregado para el inventario los Andes del Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur, por tener características diferentes al resto de los Andes (IANIGLA-CONICET, 2010).

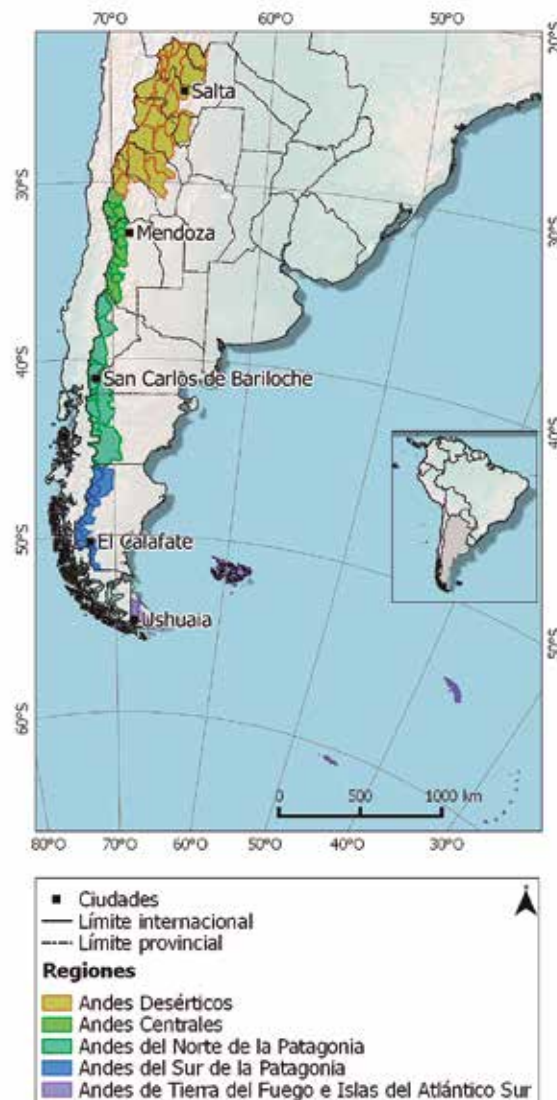


Figura 1. Regiones delimitadas en el ING y subcuencas que contienen las regiones.

Los Andes Desérticos se extienden en Argentina desde los 21° 46' S hasta aproximadamente los 31° S. Estos se caracterizan por las condiciones de aridez que limitan la formación del hielo y la acumulación de nieve a los picos más altos. Las precipitaciones provienen mayormente del Atlántico y están concentradas especialmente en los meses de verano (noviembre a marzo). El gradiente de humedad disminuye de este a oeste. En el sector oeste, las precipitaciones promedio son de alrededor de 300 mm

anuales; sin embargo, en algunos lugares pueden llegar a valores inferiores a los 50 mm anuales. En los cordones montañosos del este, se registran precipitaciones cercanas a los 400 mm anuales (Paoli, 2002). Con respecto al relieve, es posible diferenciar tres ambientes, la Puna al noroeste, la Cordillera Oriental al noreste, la Cordillera Frontal al suroeste y las Sierras de Pampeanas hacia el sureste. La Puna es una continuación del Altiplano boliviano. Es una región de montañas y mesetas elevadas que se encuentran por encima de los 3700 msnm (Caminos, 1999). Las mesetas están surcadas por cordones montañosos y volcanes con alturas máximas que superan los 6000 msnm y que llegan a los 6739 msnm en el cerro Lluillaco y a 6409 msnm en el volcán de Antofalla. La Cordillera Oriental es una continuación de sistemas montañosos que se desarrollan en Perú y Bolivia. En Argentina, está dividida en dos cordones, el oriental y el occidental. La parte occidental es la que alcanza mayores alturas con máximas que rondan los 6400 msnm. El cerro más alto es el Libertador General San Martín (6380 msnm) ubicado en los Nevados de Cachi. En el sector suroeste, encontramos los puntos más elevados de los Andes Desérticos, el monte Pissis (6882 msnm) y el cerro Ojos del Salado (6879 msnm).

Los Andes Centrales se encuentran entre los 31° S y 35° S. Esta región se caracteriza por la presencia de montañas de gran altura y mayores precipitaciones que en los Andes Desérticos. Las precipitaciones se producen predominantemente durante el otoño-invierno (abril a septiembre) y provienen especialmente de sistemas atmosféricos generados en el Pacífico. Las masas de aire provenientes del Pacífico chocan con la Cordillera de los Andes y descargan la humedad especialmente en las laderas occidentales (Chile) y los sectores montañosos más elevados. Inmediatamente hacia el este, las precipitaciones disminuyen drásticamente generando un importante gradiente transversal. Entre los 32° S y 35.5° S en los sectores pendiente arriba y más altos de la cordillera, los valores medios de precipitación se encuentran entre los 669 y 913 mm, mientras que en las zonas inmediatamente al este de la divisoria, el promedio de precipitaciones oscila entre los 281 y 795 mm (Viale, 2010). Los Andes Centrales también reciben influencia del Atlántico especialmente en los cordones más orientales. En esta región, encontramos el sector más alto de Cordillera de los Andes que alcanza el punto más elevado en el Aconcagua (6961 msnm). Otros cerros importantes son el Mercedario (6770 msnm) y el Tupungato (6635 msnm). Las mayores alturas se encuentran en el sector central y van disminuyendo paulatinamente hacia el sur. En esta región, la cordillera de Los Andes se divide en dos cordones principales. Hacia el oeste encontramos la Cordillera Principal en el límite con Chile y hacia el este la Cordillera Frontal, que alcanza su mayor desarrollo longitudinal en el sector central y se extiende latitudinalmente hasta aproximadamente los 34.4° S. En los Andes Centrales, tanto la mayor parte de la población como las principales actividades económicas se concentran en pequeños espacios irrigados, conocidos como oasis, ubicados aguas debajo de la zona cordillerana. Las ciudades más importantes de la región, como las

ciudades de Mendoza y San Juan, se ubican en estos oasis. Los ríos que dan vida a estos oasis se originan en las zonas montañosas y son altamente dependientes de las precipitaciones nivreas en la montaña y en menor medida de los glaciares.

Los Andes del Norte de la Patagonia se ubican entre los 35° S y 45° S. En este sector aumentan las precipitaciones pero disminuye la altura de la cordillera. Los vientos predominantes son del oeste y producen la mayor cantidad de precipitaciones en los meses de otoño – invierno (abril a septiembre). Los vientos húmedos provenientes del Pacífico descargan la humedad en el oeste (Chile) y en los cordones más elevados cercanos al límite (Rabassa, 1981). En consecuencia, las precipitaciones disminuyen de oeste a este, dando lugar a un fuerte gradiente en la distribución de las precipitaciones. Aproximadamente entre los 40° - 41° S, algunos sectores en la cordillera reciben en promedio anualmente 4000 mm, mientras que a unos 100 km de distancia hacia el este; en la Patagonia extrandina, estos valores llegan a 200 mm (Masiokas et al., 2008). La cordillera en este sector está compuesta por una serie de cordones montañosos interrumpidos por valles y lagos. Los picos más altos son el volcán Domuyo (4702 msnm), el volcán Lanín (3728 msnm) y el monte Tronador (3478 msnm). En las laderas de estos cerros se encuentran algunos de los glaciares más importantes de la región. Los ríos que nacen en los Andes del Norte de la Patagonia se alimentan especialmente de las abundantes lluvias, de la nieve caída en el invierno y en menor medida del aporte de los glaciares. Estos son muy importantes desde el punto de vista socio-económico, puesto que el agua es aprovechada aguas abajo para el consumo de la población, irrigación, industria y generación de energía eléctrica, entre otros usos (Masiokas et al., 2008).

Los Andes del Sur de la Patagonia se desarrollan entre los 45° S y los 53° S. La cordillera en esta región es de escasa altura. Sin embargo, temperaturas más bajas y precipitaciones abundantes distribuidas a lo largo de todo el año permiten el desarrollo de glaciares de gran tamaño. Los vientos son predominantes del oeste, al igual que en los Andes Centrales y los Andes del Norte de la Patagonia, y como en los casos anteriores se genera un fuerte gradiente oeste – este en la distribución de las precipitaciones. Al oeste, se alcanzan valores cercanos a los 7000-8000 mm anuales y en 100 km de distancia hacia el este se registran valores inferiores a los 300 mm (Masiokas, 2008). En este sector, se encuentra el Campo de Hielo Sur, que es compartido con Chile, y en donde se localizan los glaciares más grandes y emblemáticos del país. Los picos más altos de la región son el Mte. San Lorenzo o Cochrane (3706 msnm), el Mte. Fitz Roy (3405 msnm) y el cerro Perito Moreno (3393 msnm).

Los Andes de Tierra del Fuego e Islas del Atlántico sur se localizan entre los 53° S a 55° S. La cordillera de los Andes adopta en la isla de Tierra del Fuego una orientación oeste-este y puede ser dividida en un sector Occidental en Chile (cordillera Fueguina Occidental) y un sector Oriental

en Argentina (cordillera Fueguina Oriental). La altura de la cordillera disminuye de oeste a este, por lo que los vientos húmedos provenientes del Pacífico son interceptados en el sector Occidental y llegan con menor contenido de humedad al sector Oriental (Iturraspe, 2011). Los glaciares son mucho más pequeños, en comparación con los de los Andes del Sur de la Patagonia, pero siguen siendo abundantes. En el sector argentino, los cerros más altos tienen valores que rondan los 1450 msnm, como el Cornú, el monte Olivia, el cerro Vinciguerra y el cerro Alvear.

Materiales y Métodos

Desde el punto operativo y de organización del trabajo, las regiones han sido divididas en 70 cuencas y/o subcuencas hidrográficas, excepto en donde los acuerdos limítrofes no siguen este criterio. En estos casos, se adopta el límite cartográfico oficial obtenido del IGN. Estas subdivisiones constituyen los sectores de trabajo y se basan en la delimitación de cuencas realizada para todo el país por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

Las crioformas incluidas en el inventario son: glaciares descubiertos y cubiertos por detrito, manchones de nieve y glaciares de escombros con una superficie mayor a 0.01 km². Los glaciares descubiertos y cubiertos son considerados como cuerpos de hielo permanente generados sobre el suelo a partir de la recrystalización de la nieve y/o hielo debido a la compactación de su propio peso. En el caso de los glaciares descubiertos, se trata de cuerpos sin cobertura detrítica significativa, con evidencias de movimiento por gravedad (grietas, ojivas y morenas), mientras que los glaciares cubiertos son aquellos que presentan una cobertura detrítica significativa. Los manchones de nieve o glaciaretos son definidos como pequeñas masas de hielo de forma indefinida que pueden encontrarse en depresiones, adheridos o apoyados en las laderas de algún cerro, sin cobertura detrítica significativa y sin evidencias de movimiento. Deben estar visibles por períodos de al menos dos años. Los glaciares de escombros son entendidos como cuerpos de detrito congelado y hielo en su interior con evidencias de movimiento por acción de la gravedad y deformación plástica del permafrost. Este movimiento es el que genera los rasgos característicos superficiales (crestas y surcos) (IANIGLA-CONICET, 2010). Los glaciares de escombros son diferenciados en activos e inactivos de acuerdo a su grado de actividad. Los glaciares de escombros activos presentan frentes abruptos (>35°) con lineamientos de flujo, crestas y surcos longitudinales y transversales bien definidos. Una vez que dejan de moverse se llaman inactivos y aparecen como geoformas colapsadas con menor pendiente en el frente (<35°), también puede aparecer cierta cobertura vegetal (Haeberli, 1985; Ikeda, 2004). Existe una categoría especial que es la de glaciar cubierto con glaciar de escombros que se utiliza en casos en que un sector de hielo cubierto por detritos se transforma gradualmente en un glaciar de escombros. En general, es muy difícil identificar y determinar la posición exacta del límite entre el hielo cubierto y el glaciar de escombros en base a sensores remotos y por eso se incluyen dentro

de una misma categoría (IANIGLA-ING, 2014). Esta delimitación es incluso difícil mediante el reconocimiento en terreno, salvo que se establezcan estudios de precisión.

Las tareas de inventario incluyen la identificación y caracterización de glaciares a lo largo de aproximadamente 4000 km en la cordillera de los Andes a una escala de 1:25,000. Estos cuerpos de hielo se ubican mayormente en lugares de difícil acceso por lo que los sensores remotos a través de imágenes satelitales y Modelos Digitales de Elevación (MDE) representan un elemento esencial para el trabajo. La obtención, integración, visualización y análisis de los datos se realiza dentro del marco de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El trabajo requiere, como primer paso, la delimitación de las partes altas de las cuencas y/o subcuencas de los ríos que nacen en el oeste del país, que se realiza mediante el procesamiento de MDE de cobertura global como el SRTM. Los MDE son procesados automáticamente y el resultado es revisado y editado para realizar correcciones en caso de ser necesario.

Las imágenes satelitales ópticas constituyen la base sobre la que se realiza el trabajo cartográfico de identificación y delimitación espacial de los glaciares. Estas imágenes deben ser cuidadosamente seleccionadas para evitar que las mismas tengan nieve estacional o nubes. Las imágenes satelitales correspondientes al final del año de balance de masa (Cogley et al, 2011) muestran el mayor potencial con fines de inventario de glaciares, evitando la inclusión de nieve estacional como parte del área permanentemente englazada que sobrestime la superficie de un determinado glaciar. En el caso de glaciares extratropicales (al sur de los 31° S), el final del año de balance de masa coincide con el fin del verano, principios de otoño (marzo/abril), mientras que para los glaciares tropicales (al norte de los 31° S) se aproxima con el final de la temporada seca (fines de agosto y principios de septiembre). La presencia de nubes sobre el área a inventariar es un obstáculo importante que dificulta la identificación y delimitación correcta de los glaciares. Teniendo en cuenta estos criterios, se trabajó en todo el país con imágenes 2005-2012. Este rango temporal obedece a que hay sectores, especialmente al sur del país, donde es muy difícil conseguir imágenes que reúnan estos requisitos.

Las coordenadas están referidas al sistema de referencia global WGS84 y el sistema de proyección elegido es el UTM (Universal Transversal Mercator). Se ha trabajado en tres fajas de UTM, las cuencas más occidentales en 18S, las cuencas centrales 19S (la mayoría) y las más orientales 20S. En función del tipo de imagen utilizada, en algunos casos es necesario realizar algún tipo de corrección geométrica para lograr una correcta ubicación espacial. En estos casos, se utilizan como base imágenes LANDSAT procesadas por el USGS (United States Geological Survey). Estas imágenes son aceptadas internacionalmente como base de referencia (Tucker et al., 2004).

Tipo de glaciar	Resolución espectral de las imágenes satelitales	Resolución espacial de las imágenes satelitales	Método
Glaciares descubiertos y manchones de nieve	Multiespectrales Alos Aster Spot 4 Spot 5 Landsat)	Media 10 x 10 m 15 x 15 m (visible) 20 x 20 m 10 x 10 m 30 x 30 m (visible-IRCIRM)	Clasificación supervisada por objetos Índice de nieve (NSDI)
Glaciares de escombros y glaciares cubiertos	Multiespectrales o pancromáticas HRC (CBERS2) SPOT 5 Prism (ALOS)	Alta 2.5 x 2.5 m 2.5 x 2.5 m y 5 x 5 m 2.5 x 2.5 m	Digitalización manual

Tabla 1. Características más relevantes de las imágenes satelitales utilizadas para la realización del ING y su relación con el tipo de glaciar y métodos utilizados.

Tomando como base las imágenes satelitales seleccionadas, se inicia la tarea de extracción automática, digitalización y caracterización de glaciares en gabinete. De acuerdo con el tipo de glaciar, se trabaja con imágenes satelitales de resolución espacial media y multispectrales o escenas de alta resolución espacial pancromáticas o multispectrales. El tipo de glaciar y la disponibilidad de imágenes determinan también el método a utilizar (Tabla 1).

Los glaciares descubiertos y manchones de nieve se extraen automáticamente de las imágenes satelitales mediante la aplicación de cocientes entre bandas, índice de nieve NSDI (Normalized-Difference Snow Index) o clasificación supervisada. Estos métodos se basan en el comportamiento espectral del hielo, que es muy diferente a otras coberturas (Pellikka y Rees, 2009). Para aplicar estos métodos es necesario contar con imágenes multispectrales con bandas en el visible y el infrarrojo.

Independientemente del método que se utilice, en algunos casos, es necesaria una corrección manual para editar sectores que no han sido bien identificados como, por ejemplo, partes del glaciar que se encuentran en sombra, así como otras coberturas que puedan ser confundidas con hielo.

En el caso de los glaciares cubiertos o glaciares de escombros no es posible aprovechar esta diferencia espectral porque estos glaciares no son muy diferentes a los objetos que lo rodean. La digitalización manual es, en este caso, la metodología más utilizada a nivel internacional (Stokes et al., 2007). En ese sentido, las imágenes de alta resolución espacial son las herramientas más indicadas para delimitar estos cuerpos de hielo.

La caracterización de los glaciares se realiza mediante una base de datos única para todo el país que cuenta con 38 campos en los que se incluyen datos sobre la identificación de cada uno de los glaciares, tipo de glaciar, clasificación morfológica, y parámetros de índole física. En el diseño de la base de datos se consideraron las recomendaciones del programa GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space; Paul et al., 2010). La clasificación morfológica de los glaciares sigue los lineamientos desarrollados inicialmente por el World Glacier Monitoring Service

(WGMS) y modificados posteriormente por el GLIMS (Rau et al., 2005). Sin embargo, se realizaron algunas adaptaciones dadas las particularidades que presentan muchos de los cuerpos de hielo existentes en algunos sectores de los Andes de Argentina, especialmente los Andes Centrales. En esta zona, los glaciares de escombros son muy numerosos y representan un recurso hídrico de suma importancia, por lo que las clasificaciones internacionales fueron ampliadas para incorporar este tipo de glaciares y sus características principales. Una descripción detallada de los campos incluidos en la base de datos, así como la forma de obtenerlos se puede consultar en el Manual para la realización del Inventario Nacional de Glaciares (IANIGLA-ING, 2014).

Estos datos procesados en gabinete son luego validados en el campo, en cada uno de los sectores de trabajo y en áreas seleccionadas de acuerdo a la accesibilidad y representatividad de la misma. Los principales objetivos de estas campañas son identificar en el terreno las geoformas inventariadas en gabinete a partir de imágenes satelitales, observar detalles morfológicos de las geoformas, verificar la clasificación de glaciares realizada, tomar fotografías y puntos de referencia y recorridos con equipos GPS.

Una vez cumplidas las etapas de mapeo y validación en el campo, los resultados son recopilados en mapas, informes y un servidor de mapas. Estos documentos pasan por diferentes instancias de revisión interna y también de organismos nacionales como el IGN y el MAyDS. Una vez aprobados, son publicados y quedan a disposición del público en el sitio web www.glaciaresargentinos.gov.ar.

Resultados

Hasta febrero de 2017, se han inventariado 15,482 glaciares mayores a 0.01 km², que cubren una superficie total de 5743 km². Sobre una total de 70 subcuencas, se ha avanzado en las tareas de inventario en 64. Aún falta iniciar el trabajo en tres subcuencas de los Andes Desérticos y en tres de Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur. De este total de subcuencas, para las cuales se cuenta con información, 29 están terminadas y publicadas. El resto de los resultados que se presentan son preliminares (Figura 2).



Figura 2. Estado de procesamiento de los datos analizados.

A partir del trabajo de inventario se constató que, del total de subcuencas inicialmente delimitadas, cuatro de ellas no tienen glaciares, dos en los Andes Desérticos, una en los Andes del Norte de la Patagonia y otra en los Andes del Sur de la Patagonia.

En la Tabla 2, se presentan los principales resultados obtenidos por cada una de las subcuencas agrupados según las regiones en que fue dividido el trabajo de inventario. La misma incluye cifras que resultan del procesamiento de datos finales y preliminares. Se espera que estos datos no varíen significativamente cuando se incorpore la información de los sectores que aún no han sido inventariados.

Los glaciares se distribuyen al oeste del país desde el extremo norte hasta el extremo sur. En el norte, es donde más se extienden hacia el este y donde adquieren mayor dispersión y menor densidad. En el resto del país, los cuerpos de hielo se retraen hacia el oeste y hay muy pocos lugares donde no se han identificado glaciares (Figura 3).

La región del país con mayor superficie cubierta con hielo corresponde a los Andes del sur de la Patagonia, que concentra el 59.6% de todo el país, seguida por los

Andes Centrales con el 30.8%, los Andes del Norte de la Patagonia con el 5.1%, los Andes Desérticos con el 4.2% y, finalmente, los Andes de Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur con el 0.4% (Tabla 2).

Los Andes Centrales es la región del país que tiene la mayor cantidad de glaciares con el 52.2% del total, seguida por los Andes Desérticos con el 15.7%, los Andes del Sur de la Patagonia con un 15.6%, los Andes del Norte de la Patagonia con el 13.6% y finalmente los Andes de Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur con un 2.9% (Tabla 2).

Del análisis anterior, se desprende que los Andes del Sur de la Patagonia es la región con mayor superficie cubierta con glaciares, pero no la que tiene mayor cantidad de glaciares. Es decir, que tiene pocos glaciares pero de gran superficie. Por su parte, los Andes Centrales es la que tiene la mayor cantidad de glaciares, pero con superficies más pequeñas que los anteriores, aunque sumados ocupan el segundo lugar en el país en cuanto a superficie (Figura 4).

A nivel país, del total de superficie con hielo, el 74% corresponde a glaciares descubiertos, seguido por la de glaciares de escombros con un 11%. El resto de las categorías, glaciar cubierto, cubierto con glaciar de escombros, y manchones de nieve, presentan valores muy similares de alrededor del 5% cada una.



Figura 3. Distribución espacial de los glaciares de Argentina de acuerdo al ING.

Región	Superficie con glaciares (km ²)	Porcentaje de superficie con glaciares (%)	Cantidad de glaciares	Porcentaje de la cantidad de glaciares (%)
Andes Desérticos	241	4.2	2429	15.7
Andes Centrales	1767	30.8	8078	52.2
Andes del Norte de la Patagonia	292	5.1	2112	13.6
Andes del Sur de la Patagonia	3422	59.6	2420	15.6
Andes de Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur	21	0.4	443	2.9
Total	5743	100	15,482	100

Tabla 2. Principales resultados del ING discriminados por región.

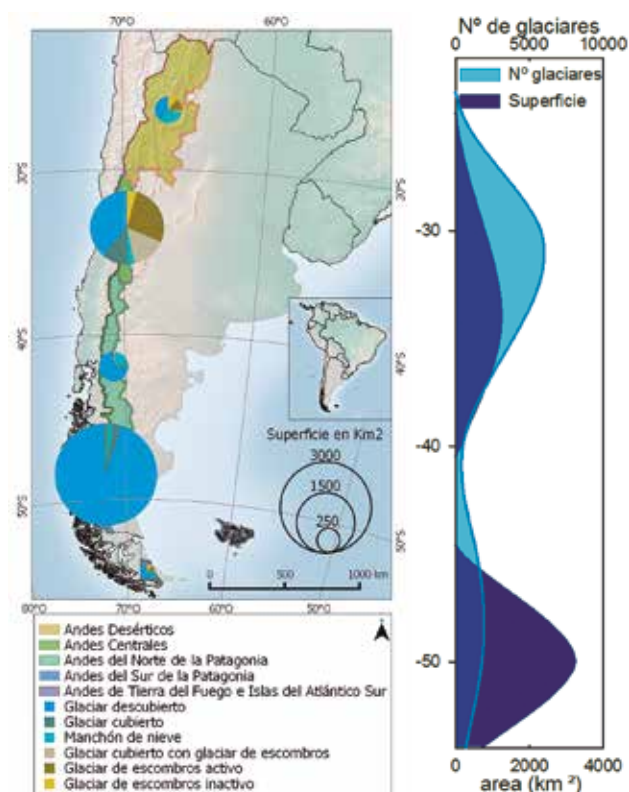


Figura 4. En el mapa de la izquierda, se observa con círculos proporcionales la superficie inventariada para cada una de las regiones, y dentro de cada región, la superficie cubierta por tipo de glaciar. En el gráfico de la derecha, se presenta la relación entre cantidad de glaciares y superficie cubierta con hielo.

Del total de superficie cubierta con hielo descubierto en el país, el 76% se encuentra en los Andes del Sur de la Patagonia y el 17% en los Andes Centrales. Mientras que, del total de superficie cubierta con glaciares de escombros, el 86% corresponde a los Andes Centrales, seguida por el 9% en los Andes Desérticos.

La altura media mínima a la que aparecen los glaciares va disminuyendo de norte a sur desde los 5000 msnm en promedio en los Andes Desérticos a los 930 msnm en Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur. La menor altura de la cordillera hacia el sur va siendo compensada por una disminución de la temperatura y aumento de las precipitaciones, que generan condiciones propicias para la presencia de glaciares.

Los resultados preliminares confirman las variaciones regionales derivadas de las características topográficas y el clima. Sin embargo, dentro de las regiones existen también diferencias.

Andes Desérticos

Esta región tiene el 4.2% de la superficie englazada del país y el 15.7% de los glaciares. La presencia de la cordillera Oriental y la altura que alcanza permite la presencia de glaciares de escombros a longitudes cercanas a los 65° O. En esta región es donde los glaciares alcanzan la mayor extensión longitudinal a nivel país.

Los glaciares son pequeños, con una superficie media para todas las categorías de 0.1 km². El glaciar de mayor tamaño es el Pissis, que forma un campo de hielo, con una superficie próxima a los 18 km². Está ubicado en el límite de las subcuencas Blanco Superior y Abaucán - Laguna Verde.

En promedio los glaciares de esta región en todas sus categorías se ubican por encima de los 5000 msnm. Un análisis por tipo de glaciar indica que los glaciares descubiertos se localizan a una altura media mínima de 5200 msnm, los manchones de nieve sobre los 5500 y los glaciares de escombros arriba de los 4500 msnm. La orientación predominante es la sureste seguida por la sur.

Si analizamos globalmente los datos obtenidos en esta región en cuanto a la superficie cubierta por cada tipo de glaciar, se observa un predominio de las categorías correspondientes a glaciares descubiertos y manchones de nieve, que en conjunto alcanzan el 73% de la superficie cubierta con hielo, existiendo muy pocos glaciares cubiertos y cubiertos con glaciar de escombros. Sin embargo, estos resultados no son representativos de todas las cuencas. En el sector norte hasta aproximadamente los 24° S, sólo encontramos glaciares de escombros. A medida que avanzamos hacia el sur, especialmente por el oeste, empiezan a ganar importancia los manchones de nieve que comienzan a aparecer alrededor de los picos más altos de 5500-6000 msnm y en algunas cuencas llegan a ser la categoría más importante en cuanto a la superficie que cubren. En los cordones montañosos ubicados hacia el este, los glaciares de escombros siguen siendo la categoría más

importante hasta aproximadamente los 28° S. Los primeros glaciares descubiertos se observan a partir de los 26.5° S particularmente en los cordones montañosos del oeste y en los cerros más altos. Aproximadamente en el 90% de los casos se trata de glaciares de montaña. Esta categoría va adquiriendo cada vez más importancia hacia el sur, hasta llegar a ser la más importante en las subcuencas de La Palca y Blanco Inferior, ambas ubicadas en la cuenca del río Jáchal. Los primeros glaciares cubiertos aparecen aproximadamente a los 29° S.

A medida que avanzamos hacia el sur se incrementa notablemente la cantidad de glaciares y la superficie con hielo. Las cuencas ubicadas al sur de los 26.5° S contribuyen con el 70% de la superficie cubierta de hielo de la región.

Andes Centrales

Esta zona tiene la segunda mayor superficie englazada del país, con aproximadamente el 30.8% y la primera en cuanto a la cantidad glaciares con el 52.2%.

Los glaciares son de mayor superficie que en los Andes Desérticos. El área promedio es de 0.22 km², sólo diez glaciares superan los 10 km². El glaciar de mayor tamaño es el Tunuyán con 57 km² y está ubicado en la cuenca del río Tunuyán. El 96% de los glaciares tienen una superficie inferior a 1 km². En general, los glaciares, incluyendo todas las categorías, se ubican por encima de los 4100 msnm. Los glaciares de escombros aparecen en promedio a cotas más bajas de 3800 msnm, mientras que los glaciares descubiertos se ubican por encima de los 4400 msnm. Estos valores son promedios regionales; sin embargo, en las cuencas ubicadas al sur de los Andes Centrales podemos encontrar glaciares descubiertos a partir de los 3460 msnm y glaciares de escombros sobre los 3200 msnm.

Esta región se caracteriza por tener una importante diversidad, pues cuenta con todos los tipos de glaciares. Estas geoformas, además, interactúan y podemos encontrar todo tipo de transiciones, ya que es común encontrar glaciares descubiertos que en la lengua se van cubriendo por detritos hasta terminar en glaciares de escombros. Estas interacciones dan lugar a formas complejas poco descritas en la bibliografía y que convierten a la zona en una de las más difíciles e interesantes de interpretar y mapear. Son frecuentes los glaciares cubiertos y es una de las zonas con mayor densidad de glaciares de escombros del mundo (Trombotto y Ahumada, 2005)

A nivel regional, la categoría más importante en cuanto a superficie ocupada es la de glaciar descubierto con el 39% seguida por la de glaciar de escombros con el 31%, glaciar cubierto con glaciar de escombros con el 15%, glaciar cubierto con el 11% y manchón de nieve con el 4%.

En general, en las cuencas del norte, aproximadamente hasta los 32.5° S, los glaciares de escombros tanto activos como inactivos constituyen la categoría predominante en cuanto a la superficie que cubren. La subcuenca del río

Blanco, en la cuenca del río San Juan, es la que posee la mayor superficie cubierta con glaciares de escombros con el 20% del total de la región seguida por la subcuenca del río Los Patos en la misma cuenca con el 12%. Estas cuencas no sólo tiene el máximo a nivel regional sino también en el país. Hacia el sur, y particularmente en las cuencas ubicadas hacia el oeste en la Cordillera Principal, las categorías de glaciares descubiertos y cubiertos comienzan a ser predominantes. La subcuenca del río Tupungato en la cuenca del río Mendoza y la subcuenca del Tunuyán norte en la cuenca del río Tunuyán son las que poseen la mayor superficie con hielo descubierto, con el 20% del total cada una. Los glaciares de montaña son los más numerosos con un 75%, mientras que los de valle representan el 25% restante. En las cuencas ubicadas hacia el este, predominan en general las categorías de glaciar de escombros y de glaciar cubierto con glaciar de escombros. La orientación predominante de todos los tipos de glaciares en conjunto es en primer lugar sur y en segundo lugar sureste.

Andes del Norte de la Patagonia

La superficie ocupada por los glaciares de esta región representa el 5.1% del total del país mientras que la cantidad de glaciares constituye el 13.6%.

El tamaño medio de los cuerpos de hielo es de 0.1 km², valor similar al de los Andes Desérticos e inferior al de los Andes Centrales. Los glaciares de mayor tamaño son el Esperanza que tiene 10 km², seguido por el Manso con 7.5 km², ambos ubicados en la cuenca de los ríos Manso y Puelo.

Las categorías que ocupan mayor superficie son, en primer lugar, los glaciares descubiertos con el 75% y, en segundo lugar, los manchones de nieve con el 21%. El resto de las categorías representan tan solo el 4%. Hay muy pocos glaciares cubiertos con glaciar de escombros, sólo aparecen en el norte de la región. Las cuencas del Puelo Inferior y Futaleufú son las que tienen mayor cantidad de superficie ocupada con glaciares, en conjunto suman el 71% de la superficie total de hielo. La subcuenca del Puelo Inferior es la que tiene el mayor porcentaje de hielo descubierto de la región con el 42% mientras que la del Futaleufú es la que tiene la mayor cantidad de superficie con manchones de nieve, con el 47%. La mayoría de los glaciares descubiertos son glaciares de montaña, alrededor del 93%, el resto son glaciares de valle. La orientación predominante de todos los tipos de glaciares es la este seguida por la sur.

En promedio, los glaciares de esta región se ubican por encima de los 1800 msnm. Un análisis por categoría muestra que la altura media mínima a la que encontramos los glaciares descubiertos es 1700 msnm y los manchones de nieve unos 100 m más arriba, mientras que los glaciares de escombros se localizan generalmente a partir de los 2500 msnm.

Andes del Sur de Patagonia

Esta región posee el 59.6% de la superficie con hielo del país y el 15.6% de la cantidad total de glaciares.

La superficie media de los glaciares es de 1.4 km², muy superior al resto de las regiones. Los glaciares de mayor tamaño de la región y del país son el Upsala con 786 km², seguido por el Viedma con 737 km² (en la Argentina) y el Perito Moreno con 244 km².

La categoría que ocupa la mayor extensión es la de glaciares descubiertos con el 95%, mientras que los glaciares de escombros representan menos del 1% de la superficie.

Dentro de la región, se observan situaciones muy diferentes. La subcuenca que tiene la mayor superficie ocupada con hielo es el Brazo Norte del Lago Argentino, con 1308 km², mientras que la del río Coig es la que menos tiene, con apenas 3 km².

La cuenca del río Santa Cruz tiene el 89% del hielo de toda la región y el 53% del hielo de todo el país. En ella se encuentran los glaciares de mayor tamaño de Argentina, que se desprenden del Campo de Hielo Sur. El área media de los glaciares en esta cuenca es de 2.8 km².

En esta región, todos los tipos de glaciares se ubican a una altura mínima promedio de 1510 msnm. Los glaciares descubiertos se encuentran, en general, por encima de los 1400 msnm, mientras que los glaciares de escombros se ubican mayormente sobre los 1600 msnm al igual que los manchones de nieve. En la cuenca del río Santa Cruz, los glaciares descubiertos se encuentran, en promedio, a partir de los 1250 msnm y los cubiertos, arriba de los 1380 msnm. Los glaciares de mayor tamaño como el Viedma, el Upsala y el Perito Moreno alcanzan cotas mínimas cercanas a los 200 msnm.

En los Andes del Sur de la Patagonia, encontramos glaciares descubiertos de descarga, de valle y de montaña. Los glaciares de montaña siguen siendo los más numerosos, con aproximadamente el 92%. La orientación predominante para todos los tipos de glaciares es, en primer lugar, la sureste y, en segundo lugar, la este.

Las cuencas ubicadas al norte y al sureste son las que tienen menor superficie cubierta con hielo y las que tienen mayor diversidad en cuanto a la tipología de glaciares. En estas cuencas, aumentan las condiciones de aridez y los glaciares de escombros se tornan más frecuentes. En los sectores localizados hacia el centro oeste, los glaciares descubiertos tienen un total predominio en cuanto al número y superficie cubierta.

Andes de Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur

Tiene el 0.4% de la superficie con glaciares del país y el 2.9% del total de glaciares. Es importante aclarar que es la región con menor superficie.

Los glaciares son pequeños, de montaña, y se encuentran concentrados en los sectores más altos de la cordillera. El tamaño medio de los glaciares es de 0.05 km² y el valor máximo de 0.9 km² se alcanza en el glaciar Grande. Sólo cinco glaciares superan los 0.5 km².

En esta región, encontramos todos los tipos de glaciares incluidos en el inventario. La categoría que cubre la mayor superficie es la de los glaciares descubiertos con el 57% seguida por los glaciares de escombros con el 25% y manchones de nieve con el 18%.

En promedio, todas las categorías de glaciares se ubican por encima de los 930 msnm. Los glaciares descubiertos se ubican en promedio por encima de los 940 msnm y los manchones de nieve a 971 msnm, mientras que los glaciares de escombros a alturas próximas a los 870 msnm.

Los glaciares se concentran alrededor del lago Fagnano. Sin embargo, el 87% de la superficie cubierta con glaciares y la totalidad de los glaciares descubiertos se encuentra al sur del mismo. Al norte del lago sólo encontramos glaciares de escombros y algunos manchones de nieve. La orientación predominante es la sur, seguida por la sureste.

Conclusiones

La aplicación de la Ley 26636 ha permitido avanzar en el conocimiento de la ubicación, superficie y características de los glaciares en la Argentina y generar información esencial para su protección.

El análisis y procesamiento de información proveniente de sensores remotos, como imágenes satelitales y MDE, y su integración en el marco de los SIG, han dado lugar a una extensa y completa base de datos espacial, cuya información ha sido además validada en el campo. Estos datos están disponibles, para el público en general, en aquellas zonas en las que ya se ha concluido el trabajo y puede ser obtenida en la página web www.glaciaresargentinos.gob.ar. Además, la utilización de una misma metodología a lo largo de toda la extensión del país permite que los datos sean totalmente comparables.

Los resultados obtenidos confirman las diferencias regionales que responden a condiciones ambientales determinadas por variaciones climáticas y topográficas. El sector del país con mayor superficie cubierta por glaciares es el sur de la Patagonia. En esta región, se encuentran también los glaciares de mayor tamaño. Sin embargo, glaciares más pequeños en otras regiones, como los Andes Desérticos y Centrales, desempeñan un rol muy importante debido a la aridez del clima.

Estos datos constituyen una primera aproximación al conocimiento de todos los glaciares del país, aportando información valiosa para la planificación de las actividades en la montaña, para cuantificar el volumen de las reservas de agua dulce contenidas en estos cuerpos de hielo, para la determinación del potencial hidrológico de las cuencas, para la investigación de los glaciares y su interacción con los ambientes de montaña y sus perspectivas en el marco del cambio climático, entre otros. Estos estudios más profundos se irán realizando a medida que se avance en la implementación de los siguientes niveles del ING.

Referencias

- Bertone, M. (1960). *Inventario de los glaciares existentes en la vertiente Argentina entre los paralelos 47°30' y 51° S*. Publicación 3. Buenos Aires, Instituto Nacional del Hielo Continental Patagónico, Ministerio de Educación y Justicia de la Nación.
- Caminos, R. (Ed.). (1999). Geología argentina. *Anales*, 29. Buenos Aires, Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. A., Arendt, A. A., Bauder, A., Braithwaite, R. J., . . . Zemp, M. (2011). *Glossary of glacier mass balance and related terms*. IHP-VII Technical Documents in Hydrology, 86; IACS Contribution, 2; UNESCO Working Series SC-2011/WS/4. Paris, UNESCO-International Hydrological Programme (IHP).
- Corte, A. E. y Espizua, L. E. (1981). *Inventario de glaciares de la cuenca del río Mendoza*. Mendoza, Argentina, IANIGLA-CONICET.
- IANIGLA-CONICET. (2010). *Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente Periglacial: Fundamentos y cronograma de ejecución*. Mendoza, Argentina, Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
- IANIGLA-ING. (2014). *Manual para la realización del Inventario Nacional de Glaciares*. [Castro, M., Delgado, S., Ferri H., L. y Zalazar, L.]. Mendoza, Argentina, ING, IANIGLA-CONICET.
- Iturraspe, R. J. (2011). *Glaciares de Tierra del Fuego*. Buenos Aires, Editorial Dunken.
- Lliboutry, L. (1999). Glaciers of Chile and Argentina. En R. S. Williams, Jr., R. S. y J. G. Ferrigno, J. G. (Eds.). *Satellite image atlas of glaciers of the world. South America*. (U.S. Geological Survey Professional Paper 1386-I-6). Denver, Colorado, U.S. Geological Survey.
- Masiokas, M. (2008). *Climate and glacier variability during past centuries in the North and South Patagonian Andes of Argentina*. Tesis doctoral. London, Ontario, The University of Western Ontario.
- Masiokas, M., Villalba, R., Luckman, B. H., Lascano, M. E., Delgado, S. y Stepanek, P. (2008). 20th-century glacier recession and regional hydroclimatic changes in northwestern Patagonia. *Global and Planetary Change*, 60, 85–100.
- Paoli, H. (2002). *Recursos hídricos de la puna, valles y bolsones áridos del Noroeste Argentino*. Salta, Argentina, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Salta.
- Paul, F., Barry, R. G., Cogley, J. G., Frey, H., Haeberli, W., Ohmura, A., . . . Zemp, M. (2010). *Guidelines for the compilation of glacier inventory data from digital sources*. Zürich, Universidad de Zürich, WGMS, GLIMS, GlobGlacier.
- Pellikka, P. y Rees, W. G. (2009). *Remote sensing of glaciers: Techniques for topographic, spatial and thematic mapping of glaciers*. London, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Rabassa, J. (1981). Inventario de glaciares y cuerpos de nieve en los Andes Patagónicos Septentrionales, Argentina. *Actas del VIII Congreso Geológico Argentino, San Luis*, 4, 109-122. Buenos Aires, Asociación Geológica Argentina.
- Rau, F., Mauz, F., Vogt, S., Singh Khalsa, S. J. y Raup, B. (2005). *Illustrated GLIMS glacier classification manual*. Freiburg, Alemania, GLIMS Regional Center “Antarctic Peninsula”.
- Stokes, C. R., Popovnin, V., Aleynikov, A., Gurney, S. D. y Shahgedanova, M. (2007). Recent glacier retreat in the Caucasus Mountains, Russia, and associated increase in supraglacial debris cover and supra-/proglacial lake development. *Annals of Glaciology*, 46(1), 195-203.
- Trombotto, D. T. y Ahumada, A. L. (2005). *Los fenómenos periglaciales: Identificación, determinación y aplicación*. Opera Lilloana 45. Tucumán, Argentina, Fundación Miguel Lillo.
- Tucker, C. J., Grant, D. M. y Dykstra, J. D. (2004). NASA's global orthorectified Landsat data set. *Photogrametric Engineering & Remote Sensing*, 70(3), 313–322.
- Viale, M. (2010). *Características de las precipitaciones orográficas de invierno sobre los Andes Subtropicales Centrales*. Tesis doctoral. Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Monitoreo de la Dinámica del Glaciar Pastoruri, Empleando Tecnología RPA

Monitoring the Dynamics of the Pastoruri Glacier Using RPA Technology

Alexzander Santiago Martel¹ (asantiago@inaigem.gob.pe), Edwin Loarte Cadenas¹, Ricardo Villanueva Ramírez¹

¹Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, Huaraz, Ancash

Resumen

En el estudio de investigación se empleó la tecnología RPA (remotely piloted aircraft), realizando dos campañas de vuelo, para obtener fotografías de un área puntual de la superficie del glaciar Pastoruri, ubicado en la Cordillera Blanca, Distrito de Cátac, Provincia de Recuay, Departamento de Ancash. En este proceso se capturaron 753 fotografías para el mes de julio y 892 para agosto de 2016. Para mejorar el nivel de posicionamiento de la información, se colectaron seis puntos de control empleando GPS sub-métrico. En base a procesamiento en gabinete se obtuvieron productos de ortofotos y modelo digital de superficie con una resolución espacial de 0.05 m. Para obtener los productos mencionados, se empleó softwares de fotogrametría, SIG y teledetección.

De los resultados obtenidos, podemos apreciar variaciones drásticas en cuanto al retroceso de los frentes y pérdida del área glaciar. Para el análisis se tomaron tres sectores del frente glaciar: Zona 1 ubicada al oeste, Zona 2 en el este y Zona 3 en la parte central, la cual será dividida en tres sectores (oeste, central y este) para el mejor análisis. Todas las zonas se encuentran adyacentes a la laguna en formación, a la que denominaremos Pastoruri. En el análisis de los frentes, la mayor variación se presentó en la Zona 1 con un máximo retroceso de 10 m, y el menor retroceso en la zona 2 con un retroceso máximo de 2.2 m.

La mayor formación de grietas se aprecia en el segundo mes de análisis, encontrándose una grieta con un ancho máximo de 22 m y una longitud máxima de 59 m.

Palabras clave: RPA, grietas, glaciar

Abstract

In this research study, RPA (remotely piloted aircraft) technology was used, carrying out two flight campaigns to obtain photographs of a specific area of the Pastoruri glacier surface, located in the Cordillera Blanca, Cátac District, Recuay Province, Department of Ancash. By this process, 753 photographs were captured for the month of July and 892 for August, 2016. To improve the level of positioning information, six control points were collected using sub-metric GPS. Subsequent processing of the information produced orthophotos and the digital model of the surface with a spatial resolution of 0.05 m, using photogrammetry, GIS and remote sensing software.

Based on the results obtained, we can see drastic variations in terms of the retreat of glacial fronts and loss of area. For the analysis, three sectors of the glacial front were used: Zone 1 located on the west side, Zone 2 on the east and Zone 3 in the central part, which is divided into three sections (west, central and east) for the best analysis. All areas are adjacent to the lake in formation, which we will call Laguna Pastoruri. In the analysis of the glacial fronts, the greatest variation was exhibited in Zone 1 with a maximum retreat of 10 m, and with least retreat was in Zone 2 with a maximum retreat of 2.2 m.

The greatest amount of crack formation is seen in the second month of analysis, with a crack with a maximum width of 22 m and a maximum length of 59 m.

Keywords: RPA, cracks, glacier

Introducción

Los Andes Peruanos poseen alrededor del 70% de glaciares tropicales del mundo, estos glaciares están considerados como los mejores indicadores de cambio climático (Oerlemans, 1994; Haeberli et al., 1999; Houghton et al., 2001). Estos glaciares están retrocediendo rápidamente a consecuencias del incremento de la temperatura (Vuille, Kaser y Juen, 2008; Vuille, 2013). Las observaciones de los cambios de los glaciares se realizan por diferentes organizaciones internacional, como el USGS o el proyecto GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space), este último designado especialmente para el monitoreo de los glaciares a nivel mundial, empleando información geoespacial (imágenes satelitales), con una resolución espacial de 15 m. Los cambios en los glaciares están generando alteraciones en la hidrología, las cuales afectan el suministro de agua en términos de cantidad (Baraër, 2012), siendo los glaciares el mayor componente del sistema hidrológico en las cuencas de los andes tropicales. Basados en imágenes ASTER, el reciente cambio glaciar indica que la recesión es acelerada, con una superficie que disminuye en 0.81% anual entre los periodos de 1990 y 2009 (Baraër, 2012).

Los objetivos del presente estudio son evaluar el retroceso del frente glaciar, la evolución de la laguna en formación, el agrietamiento de la masa de hielo y la formación de lagunas supra-glaciares. Para lograr estos objetivos se emplea tecnología RPA el cual ayuda a desarrollar mapeos detallados, con una resolución espacial

mayor a 50 cm, identificando las mínimas variaciones en la superficie. El estudio se realizó en dos periodos consecutivos que corresponden al mes de julio y agosto con una diferencia de 30 días.

El ámbito de estudio (Figura 1) es un corredor turístico de gran importancia, fuente principal de ingresos para la

población de Cátac, por lo que el proceso de retroceso causará efectos negativos en su desarrollo. Los glaciares permiten conocer directamente la magnitud de los impactos del cambio climático que serán de gran importancia para la población y tomadores de decisión, mostrándoles el comportamiento del glaciar frente a este fenómeno y como los podría afectar.

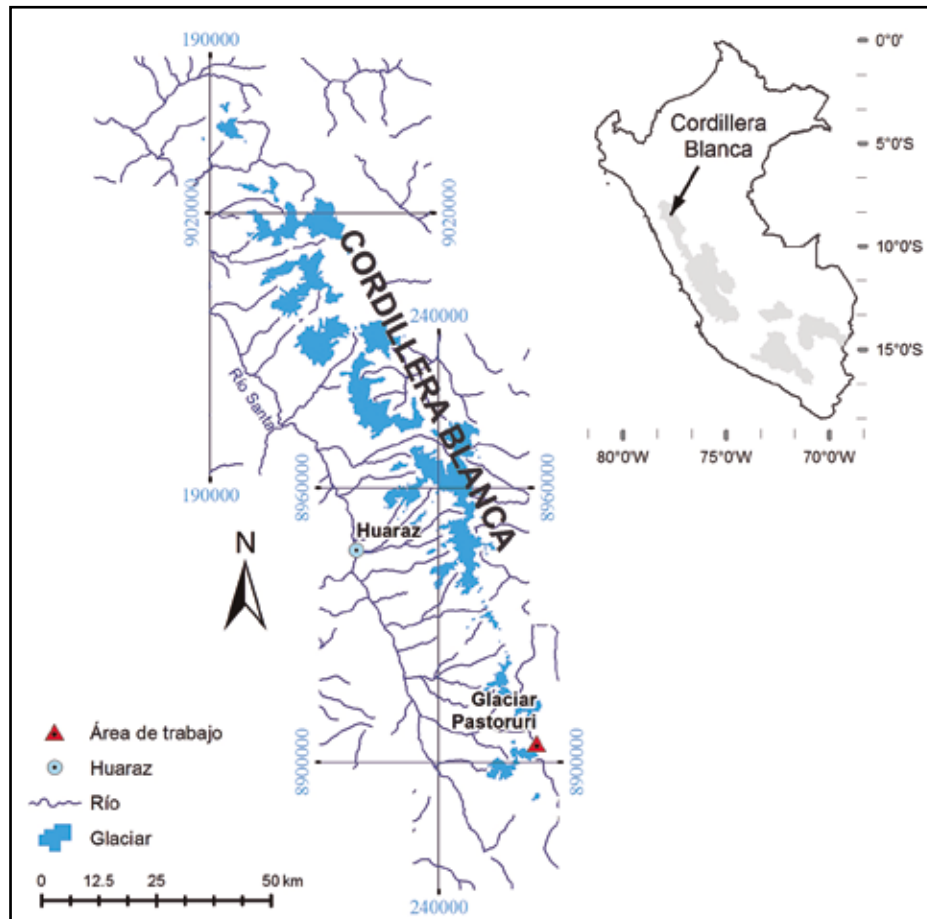


Figura 1. Ubicación del glaciar Pastoruri.

Metodología:

Especificaciones de la Plataforma RPA

Equipo multi-rotor de cuatro hélices (Figura 2), diseñado para realizar vuelos óptimos a una altitud máxima de 4500 msnm, con un máximo de velocidad de ascenso y descenso de 4-5 m/s y velocidad máxima de vuelo de 22 m/s. el equipo está diseñado para trabajar en temperaturas de -10 a 40 °C y una altitud máxima de 500 m de elevación desde el punto de vuelo.

El sistema está equipado con un gimbal (plataforma motorizada y controlada mediante una placa con varios sensores) que estabiliza la cámara.

Planeamiento de Vuelo

Se desarrollaron dos campañas para la realización de los vuelos fotogramétricos para los meses de julio y agosto



Figura 2. RPA cuadricoptero empleado para el trabajo.

de 2016, desarrollados por la Dirección de Información y Gestión del Conocimiento del INAIGEM.

La altura y velocidad fueron fundamentales para poder obtener una buena imagen del terreno y así un buen resultado final. Las condiciones meteorológicas son fundamentales para realizar la actividad (cielo despejado), las precipitaciones son limitantes para el equipo debido que los circuitos electrónicos están expuestos. La neblina es otro problema para realizar la captura del terreno, debido que obstaculiza la visibilizan de la cámara.

Luego de elegir el área donde se realizaría el vuelo, se procedió a identificar el sector específico del cual se realizaría el despegue del equipo, seguidamente se identificaron los puntos estables para ubicarlos en campo y tener un nivel de ajuste espacial de la información en

los dos periodos que se enfocó para el análisis. Del mismo modo, se realizó el análisis de las paredes laterales que colindan con el punto de despegue del equipo, para conocer la altura aproximada y realizar el vuelo sobre el obstáculo y así realizar la actividad sin dificultades.

Adquisición de Información

La captura de la información se desarrolló de forma manual con un lapso de tiempo de captura fotográfica de uno a dos segundos, con el objetivo de poseer mayor traslape entre cada toma (50%) y una distancia lateral de vuelo de 70 m, una altura de 100 m sobre el punto de vuelo, con un radio limitante de 500 m, realizando de esta manera el sobrevuelo del área colindante a la laguna en formación, que se localiza sobre los 5000 msnm (ver Figura 3).

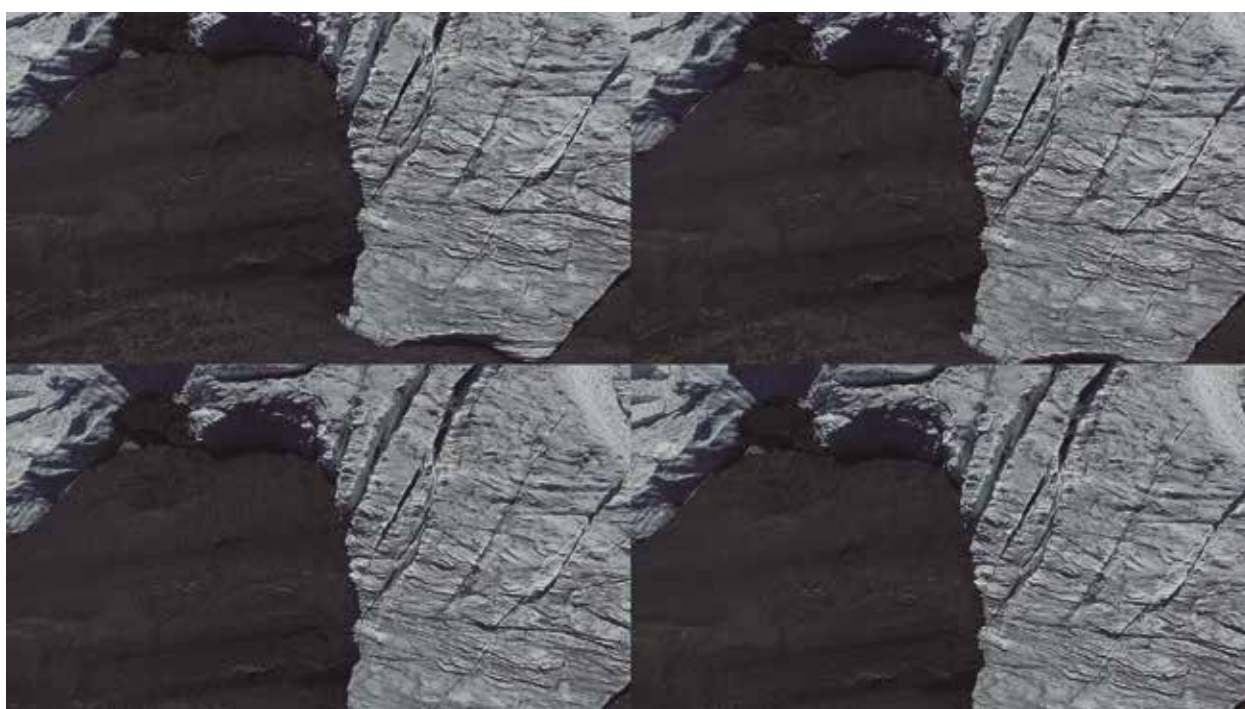


Figura 3. Sucesión fotográfica del área glaciar.

Procesamiento de la Información

Una vez realizado el barrido de la información del área de interés sobre el glaciar Pastoruri, se realiza la depuración de la data (fotografías) eliminando imágenes duplicadas, con la finalidad de optimizar el procesamiento. Filtrada la información, se realiza el procesamiento de las fotografías empleando el software Agisoft Photoscan, siguiendo una secuencia que nos permite obtener dos productos: el DSM y la ortofoto (ver Figura 4).

Resultados:

Variación del Frente Glaciar

Para analizar la variación del frente del glaciar, se consideraron tres sectores de análisis, a fin de conocer el comportamiento de la masa de hielo en diferentes orientaciones. El primer sector para el análisis está ubicado

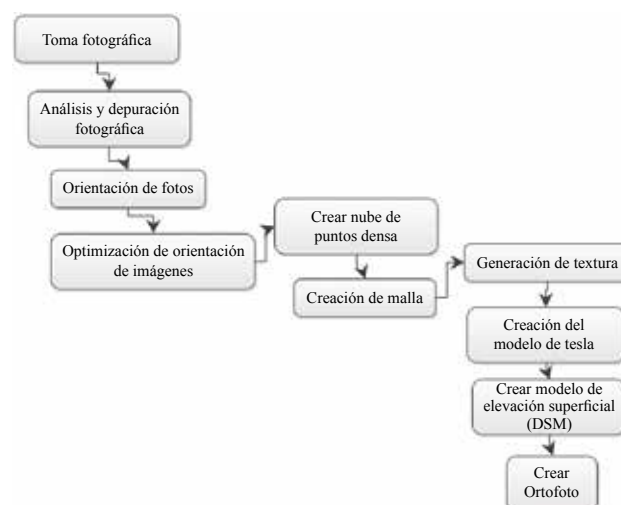


Figura 4. Secuencia para la obtención del DSM y la ortofoto.

al oeste del glaciar (Zona 1), seguido del sector este (Zona 2) y por último la variación del glaciar que se localiza sobre la laguna en el sector sur (Zona 3) (ver Figura 5).

Análisis de la Zona 1

Se aprecia el retroceso del frente glaciar, desaparición de bloques de hielo y formación de grietas; en el periodo de análisis el glaciar retrocedió 10 metros aproximadamente considerando el punto de control (punto verde) que se aprecia en la imagen del mes de julio.

En el análisis comparativo (Figuras 6 y 7), entre el mes de julio (Figura 6 - línea azul) y agosto (Figuras 6 y 7 - línea roja), se presentan grandes variaciones en el glaciar, sobre todo el retroceso del frente (aproximadamente 10 m) y la formación de una laguna. Se redujo un total de 525.81 m² de hielo dentro del área delimitada por la línea amarilla. Del mismo modo, se aprecian grandes bloques colindantes a la laguna (Figuras 6 y 7 - círculo rojo) que disminuyeron de 129.25 m² a 30.04 m², mostrando así una gran dinámica glaciar en la Zona 1.

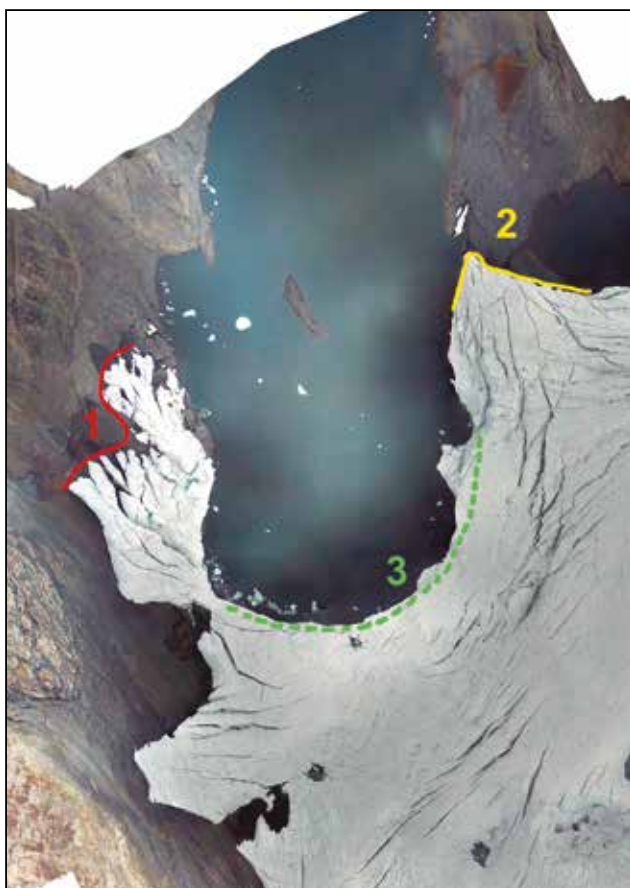


Figura 5. Las tres zonas de análisis del glaciar Pastoruri.

Análisis de la Zona 2

La Zona 2 (Figuras 8 y 9) presenta una variación menor en comparación a la Zona 1 con un retroceso del frente de solo 2.2 metros.



Figura 6. Zona 1 - Estado inicial del glaciar en julio.



Figura 7. Zona 1 - Variación del frente y agrietamiento en agosto.

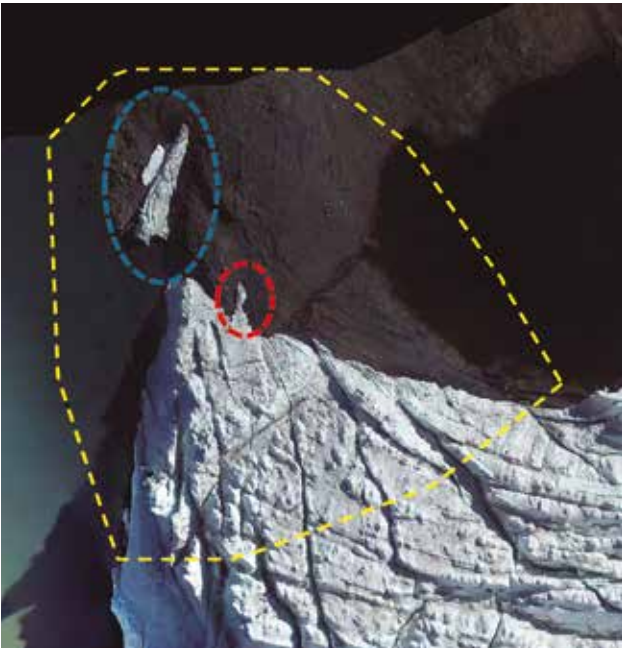


Figura 8. Zona 2 - Evolución del glaciar en julio.

En el análisis de las dos ortofotos se aprecia la reducción de la masa de hielo que se encuentra separada del macizo (círculo azul) y la extinción de una sobrealiente masa de hielo (círculo rojo), reduciendo la superficie de glaciar en aproximadamente 188.10 m^2 en la Zona 2 (área delimitada por una línea discontinua de color amarillo). Lo más notorio en este sector fue la variación del área identificada en el círculo azul, la cual, en el inicio de la investigación, poseía 175.36 m^2 y un mes después el área registrada fue 93.43 m^2 , representando una reducción de 81.93 m^2 .

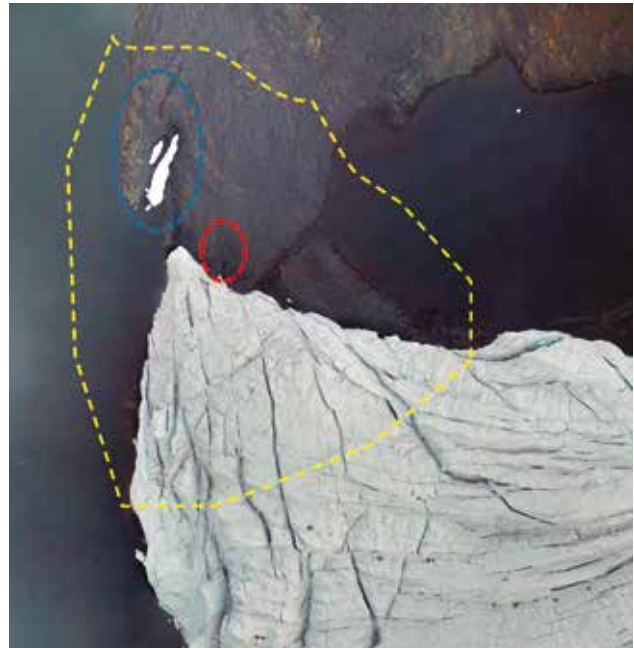


Figura 9. Zona 2 - Evolución del glaciar en agosto.

Análisis de la Zona 3

El área de análisis localizada aguas arriba de la laguna en formación presenta un notorio desarrollo de la laguna en el sector oeste. En base al análisis de la evolución de la laguna en este sector, el glaciar retrocedió aproximadamente 7.5 m , siendo el segundo mayor retroceso que se registra en el análisis de este frente. El menor retroceso se presenta en el sector central (4.9 m). El mayor retroceso se presenta en el sector este con 18.4 m (Figura 10). En este sector se aprecia un retroceso marcado y al mismo tiempo se aprecia

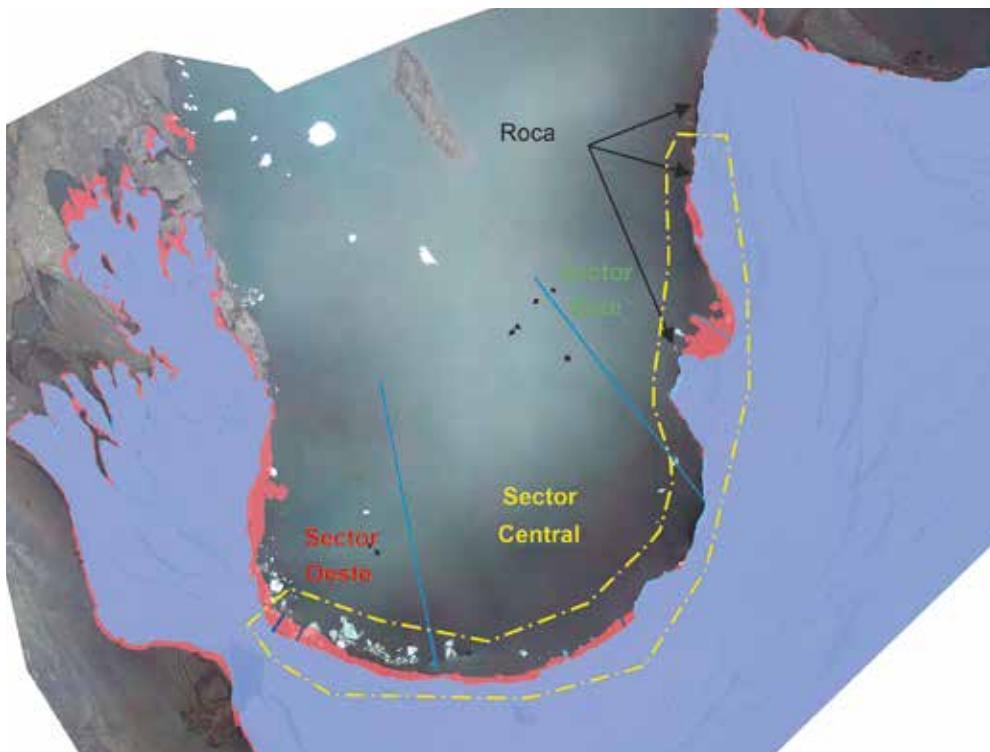
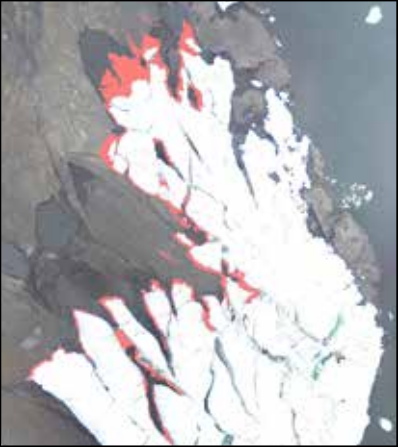

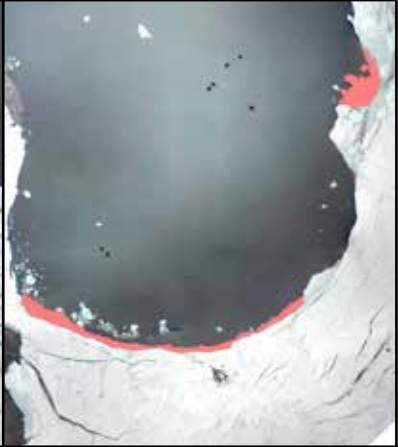


Figura 10. Zona 3 - Imagen del retroceso del glaciar en la parte posterior de la laguna: la superficie roja es la posición del glaciar en el mes de julio; la superficie azul es la posición en el mes de agosto.

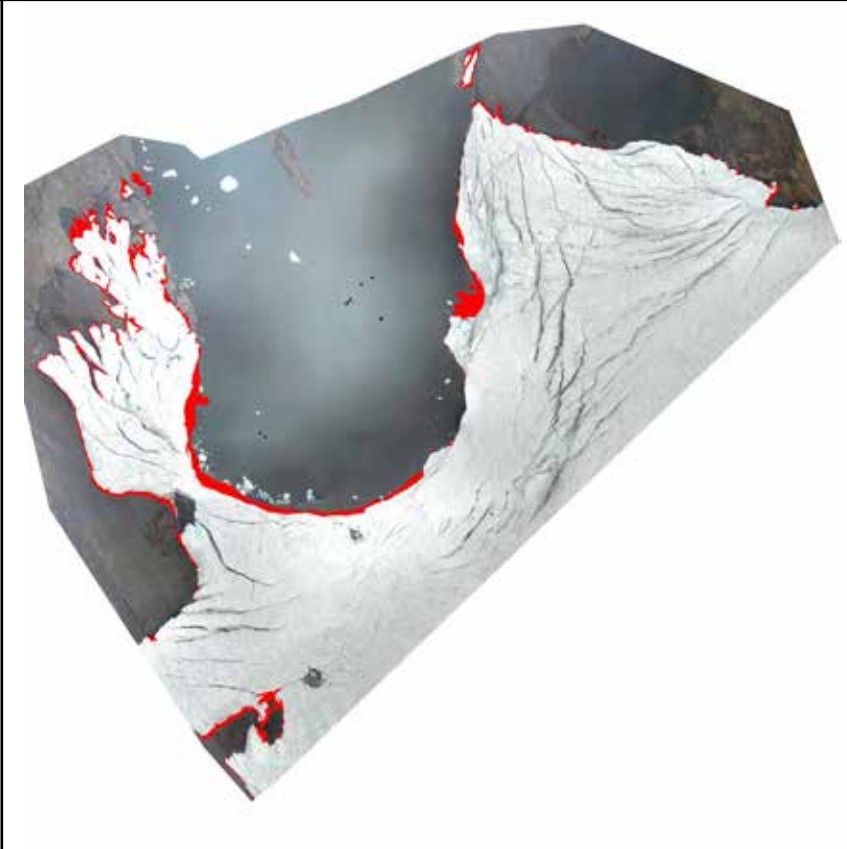
Área (m ²)			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3
	525.81	105.78	878.80

Cuadro 1. Pérdida de superficie glaciar por zona de análisis.

el afloramiento de la roca base. En este sector el desarrollo de la laguna se limita por la presencia de la roca base, lo que determina el máximo desarrollo de la laguna en este sector.

experimentó una mayor pérdida de 878.80 m² en el periodo de julio a agosto. Considerando el corto periodo de análisis, el retroceso que se evidencia es drástico en las tres zonas. La pérdida total de superficie glaciar en el área de análisis fue 3037.91 m² (ver Cuadro 2, el área de color rojo).

De las tres zonas de análisis (Cuadro 1), la superficie glaciar en contacto con la laguna en formación (Zona 3)

Área (m ²)	
	3037.91

Cuadro 2. Pérdida de superficie glaciar en todo el área de estudio.

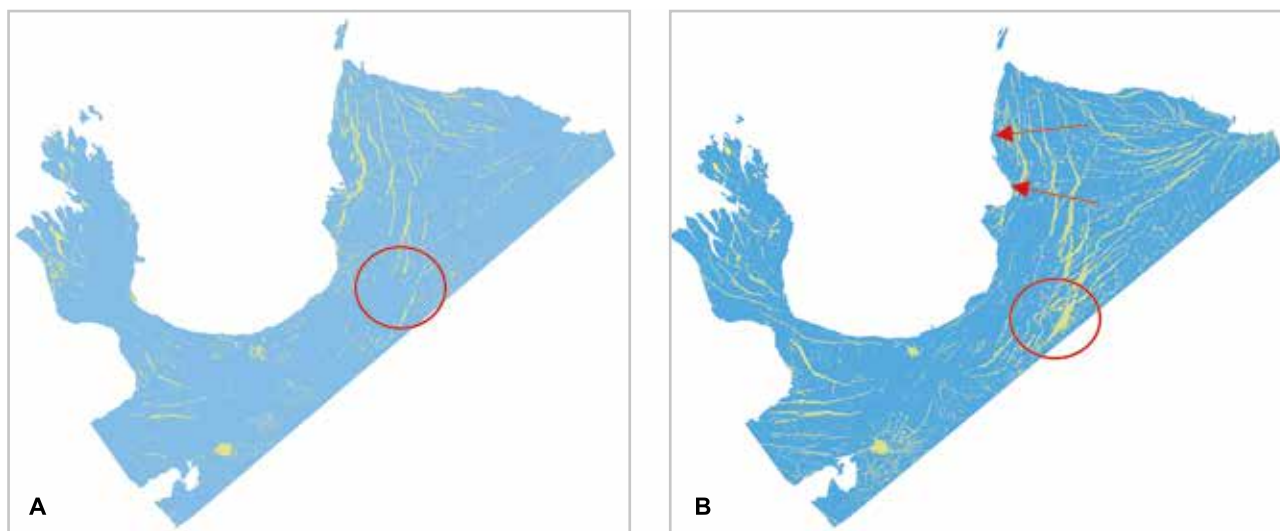


Figura 11. Agrietamiento del glaciar Pastoruri en los meses de julio (A) y agosto (B).

Agrietamiento

El proceso de fisuramiento de la masa de hielo del glaciar Pastoruri se aprecia con mayor claridad en el mes de agosto. En este periodo se presentó el mayor número de agrietamientos en el hielo (Figuras 11A y B). Estas grietas se desplazan hacia la parte inferior en dirección hacia la laguna.

Este comportamiento de desplazamiento de la masa de hielo, evidente por su agrietamiento, es debido a las direcciones de los flujos de las corrientes internas del agua, como resultado de la desglaciación.

Las grietas de mayor dimensión se encontraron el mes de agosto con una de 22 m de ancho y 59 m de largo, ubicada en la parte superior del glaciar (círculo rojo en la Figura 11B). En el mes de julio, la misma grieta tenía 18 m de ancho y una longitud de 50 m.

Conclusiones

En el área investigada, empleando tecnología RPA, se ha mostrado que el retroceso del glaciar fue marcado. Se registró un total de de 3037.91 m² de reducción de área glaciar en el periodo de análisis de dos meses. La Zona 3 presentó la mayor pérdida con 878.80 m², y la Zona 2 registró la menor con una pérdida de 105.78 m². En la Zona 1, la masa de hielo retrocedió aproximadamente 10 m durante el periodo de análisis. Se evidencia la formación y crecimiento de una pequeña laguna supraglaciar que favorece al proceso de retroceso del glaciar por socavamiento (el calor latente del agua acelera la fusión

glaciar). A su vez, la zona presenta agrietamientos marcados que están generando la fragmentación de la masa glaciar, incrementando así el proceso de fusión. En comparación con la Zona 1, en la Zona 2 no se presentan grandes cambios. En esta área el retroceso máximo del frente es alrededor de 2.20 m, con grietas de gran longitud y mínimo ancho. Se espera que en posteriores periodos, estas grietas se incrementen debido a la acelerada dinámica glaciar. En la Zona 3 se observan pérdidas máximas del frente (sector Oeste) de aproximadamente 7.5 m a 18.4 m en el sector Este, siendo el retroceso más marcado en toda el área de análisis. Esta variación se debe a factores de la dinámica de la laguna.

La pérdida de área y masa glaciar observada en el frente glaciar de Pastoruri se debe a factores diversos, entre ellos, la acción de la laguna en formación que produce el desplome de bloques de hielo, siendo este proceso el que más contribuye a la pérdida de área en el frente glaciar, aún más que el proceso de fusión.

Se apreció la evolución de las grietas entre periodos (Figuras 11A y B), evidenciándose la formación del mayor número de grietas en el mes de agosto. La grieta con la mayor anchura tenía 18 metros en el mes de julio; y en el mes de agosto esta anchura se incrementó en cuatro metros. El mayor número de grietas se registró en el sector este del glaciar para ambos periodos de análisis.

Agradecimientos

Danilo Yauri Caldua colaboró en la realización de los vuelos con RPA.

Referencias

- Baraër, M. (2012). *Hydrogeology in the Cordillera Blanca, Peru: Significance, processes and implications for regional water resources*. Tesis doctoral. Montreal, Department of Earth and Planetary Sciences, McGill University.
- Haeberli, W., Frauenfelder, R., Hoelzle, M. y Maisch, M. (1999). On rates and acceleration trends of global glacier mass changes. *Geografiska Annaler*, (Series A – Physical Geography), 81(4), 585 -591.
- Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K. y Johnson, C.A. (Eds.). *IPCC, 2001: Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Oerlemans, J. (1994). Quantifying global warming from the retreat of glaciers. *Science*, 264(5156), 243-245. DOI: 10.1126/science.264.5156.243
- Vuille, M. (2013). *Climate change and water resources in the tropical Andes*. IDB Technical Note 515. Inter-American Development Bank.
- Vuille, M., Kaser, G. y Juen, I. (2008). Glacier mass balance variability in the Cordillera Blanca, Peru and its relationship with climate and the large-scale circulation. *Global and Planetary Change*, 62(1-2), 14-28.

A Qualitative Assessment of Contemporary Glacier Loss in the Cordillera Blanca, Peru, Using Repeat Photography

Una Evaluación Cualitativa de la Pérdida Actual de Glaciares en la Cordillera Blanca, Perú, Usando la Fotografía Repetitiva

Alton C. Byers¹

¹*Institute of Arctic and Alpine Research (INSTAAR), University of Colorado at Boulder*

Resumen

Fotografías repetidas de los glaciares de la Cordillera Blanca, tomadas por las expediciones de escalada y cartografía de 1932, 1936 y 1939 del Deutscher und Österreichischer Alpenverein (DuÖAV o Asociación Alpina Alemana y Austriaca), ilustran el importante retroceso del hielo glaciar y el crecimiento de los lagos glaciares que ha ocurrido durante los últimos 80 años. A medida que las tecnologías de modelado predictivo y de teledetección se vuelven cada vez más sofisticadas, se sugiere que la fotografía repetida puede complementar estos métodos proporcionando una gama de herramientas históricas, educativas y de participación comunitaria para uso en el campo. También se sugiere que la fotografía repetida probablemente seguirá siendo un valioso método de investigación en las décadas venideras a medida que aumenta la base de datos fotográficos oblicuos y a medida que las nuevas generaciones de científicos físicos y sociales lleguen al campo en busca de una mayor comprensión del mundo de alta montaña.

Palabras clave: *Fotografía repetida, retroceso glaciar, formación de lagos glaciares*

Abstract

Repeat photographs of Cordillera Blanca glaciers, taken by the 1932, 1936, and 1939 climbing and cartographic expeditions of the Deutscher und Österreichischer Alpenverein (DuÖAV or German and Austrian Alpine Association), illustrate the significant retreat of glacial ice and the growth of glacial lakes that has occurred during the past 80 years. As predictive modeling and remote sensing technologies become more sophisticated with each passing year, it is suggested that repeat photography can nevertheless complement these methods by providing a range of field-based historic, educational, and community involvement tools. It is also suggested that repeat photography will most likely remain a valuable research method in the decades to come as the oblique photographic database increases, and as new generations of physical and social scientists take to the field in pursuit of enhanced understandings of the high mountain world.

Keywords: *Repeat photography, glacial retreat, glacial lake formation*

Introduction

Repeat photography involves the replication of an older photograph, ideally from the exact location and same circumstances as the original, to gain a deeper understanding of changes in the physical and cultural landscape that have occurred in the interim (Byers, 1999, 2000; Klett, 2011). Most commonly used for landscape change assessments (e.g., Webb, 1996; Bahre, 1991; Grafe and Horsted, 2002; Gurung, 2004; Kull, 2005), repeat photography has been increasingly used to illustrate a number of the more dramatic impacts of contemporary climate change in high mountain environments, e.g., glacial recession and ablation, the formation of new glacial lakes and meltwater ponds, and upward retreat of hanging glacial ice (e.g., Byers, 2008, 2010a, 2010b; Hastenrath, 2008; Jiduc, 2016). The following essay provides nine unique historic and repeat photo pairs of glaciers in the Cordillera Blanca that offer an oblique perspective of glacier change since the early 1930s, and argues that repeat photography can continue to complement the power of more recent technologies, such as remote sensing analyses of change, by providing a range of complementary educational, community consultation, and interpretive tools.

Background

In 1997 and 1998, I completed a series of investigations focused on contemporary landscape change in the Cordillera Blanca of Peru using repeat photography and ground truth sampling. I used the photogrammetric images of Austrian climber/cartographer Erwin Schneider, and hand-held Leica images of Hans Kinzl, taken during the 1932, 1936, and 1939 climbing/cartographic expeditions of the Deutscher und Österreichischer Alpenverein (DuÖAV, or German and Austrian Alpine Associations) to the Cordilleras Blanca and Huayhuash (Figure 1) (Kinzl and Schneider, 1950; Byers, 1999; Hoerlin, 2011; Carey et al., 2016). As climate change had yet to enter the popular vernacular and development agenda, and as a continuation of my landscape change work in the Mt. Everest region of Nepal (Byers, 1987, 2005), these studies had as their focus the documentation of change in the physical and cultural landscape of the Cordillera Blanca, i.e., changes in forest cover, pastures, villages, and urban areas. Yet, a recent re-examination of many of these same photographs, plus the discovery of new DuÖAV photographs of the Cordillera

Blanca and its glaciers since my work in the 1990s, now allows for a more focused, qualitative examination of changes in glacier cover since the 1930s. These are presented in the following photo essay as an addendum to my previous work, in the interests of making available these older photographs and their more recent replications to future generations of high mountain social and physical scientists.



Figure 1. The 1932 German-Austrian Mountaineering and Cartographic Expedition to the Cordillera Blanca. Standing (left to right): Erwin Hein, Wilhelm Bernard, Bernard Lukas, Hermann Hoerlin and Erwin Schneider; seated (left to right): Philipp Borchers and Hans Kinzl. Photo: Historisches Archiv, Innsbruck.

Methods

In 1997, I traveled to the Österreichischer Alpenverein in Innsbruck, Austria, which is one of several archives in Europe containing the glass plate negatives of the Himalayas, Andes, and/or other mountain ranges taken by the Austrian alpinist and cartographer Erwin Schneider (1906-1987) (M. Achraimer, pers. comm. 2016; H. Schneider, pers. comm. 2016). In 1998, I sent the late alpinist and geographer Adam Kolff, an American volunteer with the Instituto de Montaña in Huaraz, Peru, back to Innsbruck to continue the search. Together we collected dozens of Schneider's 1932, 1936, and 1939 photogrammetric photographs of the Cordillera Blanca used to produce the beautiful Cordillera Blanca Alpenvereinskarte maps (Kostka, 1993), and hand-held Leica photographs of expedition leader and geographer Hans Kinzl. Thus began the task of relocating the mountains, glaciers, villages, fields, and forests shown in the older photographs, producing the replicates, and interpreting and documenting the changes observed (Byers, 1999, 2000).

Ideally, photo replicates are taken from the original photopoint, which can often be located through the creative use of expedition journals, old maps, interviews with local people, one's own familiarity with the landscape, and the guidance of national experts (Byers, 1987, 1999, 2008). The late Alcides Ames, for example, could look at any of the Schneider or Kinzl photographs that Adam and I showed him and identify their precise location within

seconds. Replicating a photograph during the same season, time of day, and weather conditions can also enhance the resultant photo comparisons. Finding the exact location of a photopoint, however, is sometimes not possible in the high mountain environment because of a range of contemporary impacts of climate change, such as the formation of lakes that did not exist 60 years ago (e.g., see Figures 6 and 7), and/or natural hazards such as avalanches and landslides that have occurred in the interim, obscuring or destroying the original photopoint (Byers, forthcoming).

The Photographs

For the present paper, I used the 1932-1939 Schneider and Kinzl photographs and replicates that I made in 1997, 1998, and 2009 to develop an expanded repeat photography essay with a specific focus on the receding glaciers of the Cordillera Blanca. Brief descriptions of the old and newer photographs, and the changes that they illustrate, are contained in the captions of each photo pair below.

Yanapacha (Figuras 2-5)



Figure 2. Yanapacha (5469 m) ice cover in 1939. The photopoint is located just off the trail to the Pisco refugio and basecamp. Photo: E. Schneider.



Figure 3. Yanapacha ice cover in 1998. At the time, I was more interested in landscape change than in glaciers, particularly in the *Polylepis* forest in the lower left of the photograph. I concluded that the forest had survived through the years only because it was located on top of a huge, ancient rock avalanche that was inaccessible to cattle, which otherwise would have consumed all of the seedlings. Photo: A. Byers.



Figure 5. Yanapacha panorama in 2009. Although snow had accumulated at the ice line due to a recent storm, recession and thinning of the glacier has clearly continued in the 11-year interval. Photo: A. Byers.

Figure 4. Yanapacha in 1998. The red line traces the 1939 ice cover when photographed by Schneider. The blue line shows the extent of its recession in the 59-year interim period. Such perspectives can add decades to the insights derived from satellite-based remote sensing, which only became available in the early 1970s. Photo: A. Byers.



Pucaranracochoa (Figuras 6-7)



Figure 6. Pucaranracochoa glacier, Quebrada Honda, in 1932. Note that a small glacial lake had already begun to form at the time. The recession of Peruvian glaciers some 80-100 years before glaciers elsewhere in the world can be linked to their exposed (non-debris covered) surfaces, low gradients that encourage the formation of lakes, lower altitudes, and lower latitudes. Photo: H. Kinzl.



Figure 7. Pucaranracochoa glacier in 2009. The red line shows the extent of the 1932 glacier; the blue line, the extent of the 2009 ice. The exact same photopoint was not possible to locate because of the growth of the lake in the interim period. Photo: A. Byers.

Laguna Shallap (Figuras 8-9)



Figure 8. Laguna Shallap in 1936. The Tumarinaraju (5668 m) glacier extended all the way down to the glacial lake that started forming some years earlier. Note again that a small glacial lake had already begun to form at the base of the remaining glacier by the 1930s. Photo: H. Kinzl.



Figure 9. Laguna Shallap in 1998. Extensive recession of the Tumarinaraju glacier had occurred between 1936 and 1998. The structures in the foreground are left over housing for staff of the Glaciological Unit which began to lower and control potentially dangerous glacial lakes in the Cordillera Blanca in the 1950s, following three disastrous glacial lake outburst floods in the 1940s. Photo: A. Byers.

Cashan (Figuras 10-12)



Figure 10. Cashan (5701 m) in 1936. Note again that a sizeable glacial lake had already formed at the base of the glacier by the 1930s. Photo: H. Kinzl.



Figure 11. Cashan in 2009. The red line approximates the extent of the 1936 ice; the blue line, the extent of the ice in 2009. Photo: A. Byers.



Figure 12. Cashan panorama in 2009. Because of growing water scarcity, the lake provides water to downstream communities through a system of recently built irrigation canals. Photo: A. Byers.

Huantsán (Figuras 13-14)



Figure 13. Huantsán (6050 m) from the Cordillera Negra in 1932. Photo: E. Schneider.



Figure 14. Huantsán from the Cordillera Negra in 1998. The 1932 ice line is shown in red, illustrating that some recession and thinning of the ice has occurred in the interim. Photo: A. Byers.

Ticapampa (Figuras 15-16)



Figure 15. The village of Ticapampa from the Cordillera Negra in 1932. Photo: H. Kinzl.



Figure 16. The town of Ticapampa from the Cordillera Negra in 1998. Note the loss of ice on the mountains in the background, the increase in eucalyptus tree cover, the growth of the town, and the mining tailings in the left foreground. Photo: A. Byers.

Ranrapalca (Figuras 17-19)



Figure 17. Ranrapalca (6162 m) on the left and Ishinca (5530 m) on the right, taken from Huapi Pass in 1939. Photo: E. Schneider.



Figure 18. Ranrapalca and Ishinca from Huapi pass in 2009. The red line traces the extent of the 1940s ice cover and illustrates that considerable recession and thinning have occurred in the interim. Photo: A. Byers.



Figure 19. Panorama of Ranrapalca and Ishinca from Huapi pass in 2009. Photo: A. Byers.

Llanganuco (Figuras 20-21)



Figure 20. Huandoy South (6160 m) from above Lake Llanganuco in 1932. Photo: H. Kinzl.



Figure 21. Huandoy South from above Lake Llanganuco in 2009. Although the ice on the upper reaches of Huandoy appears to have changed little, the lower reaches are obscured by the mountains in the foreground so that no changes in ice cover can be seen. Photo: A. Byers.

Yanamarey (Figuras 22-24)



Figure 22. Yanamarey (5237 m) from Laguna Querococha in 1936. Photo: H. Kinzl.



Figure 23. Yanamarey from Laguna Querococha in 1998. The red lines show the extent of the ice in 1936, now largely gone. Photo: A. Byers.



Figure 24. Panorama of Yanamarey and Laguna Querococha in 2009. Photo: A. Byers.

Discussion: Contemporary Glacier Loss and Role of Repeat Photography

As demonstrated by the preceding photo essay, glaciers in the Cordillera Blanca have changed dramatically during the past 100+ years. In fact, they began receding and forming glacial lakes in the late 19th and early 20th centuries (Carey, 2010), some 80-100 years before similar processes began occurring in the Himalayas and elsewhere (Bolch, Pieczonka and Benn, 2011; ICIMOD, 2008). Several contributing factors to the Blanca's earlier response to warming trends includes its glaciers' lack of a buffering debris-cover (Benn and Evans, 2010), lower altitudes compared with other high mountain glaciers, low surface gradients that can encourage the formation of glacial lakes (Quincey et al., 2007; C. Portocarrero, pers. comm. 2011), and generally lower latitudes than their Himalayan and other high mountain counterparts. Associated hazards and problems have included a series of catastrophic glacial lake outburst floods (GLOF) since the early 1940s that have killed thousands of people (Carey, 2010), other glacier-related hazards such as the destruction of Yungay in 1970 by an earthquake-triggered glacial ice avalanche and debris flow (Carey, 2008; Evans et al., 2009), uncertainties related to future water supplies for both rural and urban dwellers alike (Instituto de Montaña, 2013), and negative impacts on some forms of adventure tourism (e.g., mountaineering). As noted by Carey (2010), more than 25,000 people were killed in the Cordillera Blanca in glacier-related disasters

during the 20th century, the highest of any region in the high mountain world (see also: Evans et al., 2009; Wegner, 2014). The Peruvian Government's establishment of a Glaciological Unit in the 1950s led to the lowering and/or control of 35 dangerous glacial lakes (Portocarrero, 2013), using techniques developed by its own engineers. Today, however, continued warming trends, the melting of permafrost, accelerated growth of glacial lakes, and destabilization of overhanging ice are signaling a new era of possibly accelerated glacier, glacial lake, and high mountain risks and hazards (W. Haerberli, pers. comm. 2013). The city of Huaraz, for example, which experienced a GLOF from Laguna Palcacocha on 13 December, 1941 that killed an estimated 1,800 people (Wegner, 2014: 41), is once again highly vulnerable to a Palcacocha flood because of the lake's accelerated re-growth since the 1970s, de-stabilization of overhanging ice, and current lack of an early warning system (Rivas et al., 2015; Somos et al., 2016).

In order to confront the growing number of climate change-related challenges to life and property within the Cordillera Blanca and other high mountain regions of the world, the continued development and refinement of a range of descriptive and predictive tools will be necessary. Remote sensing, for example, has proven to be particularly effective in the quantification and predictive modeling of climate change phenomena upon high mountain environments (e.g., glacial lake attributes, risk of flooding;

see Rounce et al., 2016), and its power and accuracy improve with each passing year. Repeat photography can nevertheless enhance the utility of remote sensing by providing a number of complementary, qualitative, and in some cases unique, attributes.

For example, oblique photography predates remote sensing by at least 90 years, thus offering a more extended window into the past, as well as providing useful high resolution and oblique data and detail (Kull, 2005). Photographs of glaciers throughout the world have been taken since at least the late 1800s, e.g., the photographs by the Italian photographer Vittorio Sella of North American, Ugandan, Karakorum, and Himalayan glaciers during the climbing expeditions of the Duke of the Abruzzi in the early 1900s (Aperture Foundation, 2000; Tenderini and Shandrick, 1997).

Repeat and time lapse photography can also be used as effective educational tools as well illustrating, even to the untrained eye, if properly presented, the changes in landscapes (cultural and physical), vegetation, glaciers, glacial lakes, and polar ice that have taken place over the past 100 years or more. Examples include the educational videos and traveling displays of Glacier National Park by the USGS (2017), the Himalayan-Hindu Kush exhibits of GlacierWorks (2017), recent repeat photography exhibits of the Mt. Everest region by the International Centre for Integrated Mountain Development (Byers, 2007; ICIMOD, 2008; Figure 25), videos and exhibits of the Extreme Ice Survey (Balog, 2014), and in films such as the UNDP's "Revealed: Himalayan Meltdown" (UNDP, 2010).



Figure 25. Display of the author's Himalayan repeat photography work at the 2008 IUCN Annual Meetings, Barcelona, Spain, which toured an additional five European cities. Smaller exhibits were displayed in the Everest basecamp during the spring of 2008. Both were funded and hosted by the International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD), Kathmandu, Nepal. Photo: A. Byers.

Repeat photography also encourages a level of communication with local people rarely found in technical field studies, since simply finding photopoints is almost always facilitated by individual or group interviews, the

sharing of older photographs, and discussions regarding perceived change. Regular discussions with *arrieros* (mule drivers), farmers, and trekking/climbing guides were of immense help in locating the photopoints, and in interpreting the changes in the historic photographs used in this essay (Figure 26). On a more rigorous level, Garrard et al. (2012) used repeat photography and participatory research as tools for assessing changes in environmental services in Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal. They argue that the method can complement existing biophysical ecosystem assessments in mountain protected areas because of its ability to integrate "...diverse stakeholder's knowledge, [recognize] power imbalances, and [grapple] with complex social-ecological systems."



Figure 26. Finding photopoint locations, and interpreting the changes, was enhanced by sharing the historic photographs with arrieros, local farmers, and trekking/climbing guides. Photo: A. Byers.

Finally, repeat photography encourages a spirit of exploration and discovery, as well as a merging of art, photography and science. Retracing the footsteps of the early climber-scientists who took the older photographs, such as Erwin Schneider and Hans Kinzl in the Cordillera Blanca, or Victoria Sella, Charles Houston, Charles Evans, and Fritz Müller in the Hindu Kush-Himalaya, can range from a pleasant hike through the high mountain landscape, to an interesting rock scramble, to a semi-technical rock or glacier climb that should only be attempted by the experienced mountaineer. Reading changes in the landscape and interpreting the changes that appear to have occurred based upon oral testimony, ground truth sampling, literature reviews and other methods, demand the use of a range of skills from the physical, social and photographic sciences. In an age where "citizen science" is becoming more and more popular (Carey et al., 2016), repeat photography can play important roles in our understanding of change while encouraging the development of field-based, interdisciplinary research approaches within the next generation of high mountain scholars and field practitioners.

Conclusion

Nine sets of photo comparisons of glaciers from the 1930s to 2009 illustrate the profound changes in ice cover and glacial lake formation that have occurred in the Cordillera Blanca during the past 80 years. Because of the continuation of warming trends, continued and perhaps accelerated glacial recession can be expected to occur, accompanied by an increased risk in associated glacier-related hazards. As the accuracy and utility of remote sensing and other laboratory-based technologies continue to grow, repeat oblique photographs can still provide complementary tools because of their ability to extend the historic record further back into the past, proven use as educational tools, encouragement of interaction with local communities, and promotion of a spirit of exploration, discovery, and development of interdisciplinary field skills. Repeat photography will most likely remain a valuable qualitative tool and complement to remote sensing and other forms of laboratory- and field-based research in the decades to come, as the oblique photographic database increases and new generations of physical and social scientists take to the field in pursuit of answers and enhanced understandings of the high mountain world.

Acknowledgements

The author would like to thank Mr. Martin Achraimer, Österreichischer Alpenverein, Historisches Archiv, Innsbruck for permission to use the Erwin Schneider and Kinzl photographs in this essay. Ms. Hanna Schneider is warmly thanked for providing information about the various photographic archives, and their whereabouts, of her late father. The Mountain Institute, Washington, D.C., and Instituto de Montaña, Huaraz and Lima, Peru, are thanked for their interest in and support of the author's work throughout the years.

References

- [Note: A more detailed repeat photography bibliography related to the Cordillera Blanca can be found in Byers (1999, 2000).]
- Aperture Foundation. (2000). *Summit: Vittorio Sella: Mountaineer and Photographer: the Years 1879-1909*. New York: Aperture Foundation.
- Bahre, C. J. (1991). *A legacy of change: Historic human impact on vegetation of the Arizona borderlands*. Tucson, The University of Arizona Press.
- Balog, J. (2014). Extreme ice survey – a program of Earth Vision Institute. Website <http://extremeicesurvey.org/>. Accessed 28 January 2017.
- Benn, D. I. and Evans, D. J. A. (2010). *Glaciers and glaciation*. London, Hodder Education.
- Bolch, T., Pieczonka, T. and Benn, D. I. (2011). Multi-decadal mass loss of glaciers in the Everest area (Nepal Himalaya) derived from stereo imagery. *The Cryosphere*, 5, 349-358.
- Byers, A. (1987). An assessment of landscape change in the Khumbu region of Nepal using repeat photography. *Mountain Research and Development*, 7(1), 77-81.
- Byers, A. C. (1999). *Cambios en el paisaje contemporáneo del Parque Nacional Huascarán y su zona de amortiguamiento, Cordillera Blanca, Peru*. Instituto de Montaña, Programa Andino, Serie Documentos de Trabajo 99-1. Huaraz, Peru.
- Byers, A. C. (2000). Contemporary landscape change in the Huascarán National Park and buffer zone, Cordillera Blanca, Peru. *Mountain Research and Development*, 20(1), 52-63.
- Byers, A. C. (2005). Contemporary human impacts on alpine ecosystems in the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Khumbu, Nepal. *Annals of the Association of American Geographers*, 95(1), 112-140.
- Byers, A. C. (2008). An assessment of contemporary glacier fluctuations in Nepal's Khumbu Himal using repeat photography. *Himalayan Journal of Sciences*, 4(6), 21-26.
- Byers, A. C. (2010a). Fifty years of climate, culture, and landscape change in the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal. *Education About Asia*, 15(3), 9-14.
- Byers, A. C. (2010b). Melting glaciers, freshwater, and conservation in the Mt. Everest region of Nepal. In Straight, S. (Ed.). *Written in Water*. Washington, D.C., National Geographic Society.
- Byers, A. C. (forthcoming). *Khumbu 1950-2015: 65 years of cultural, climate, and landscape change in the Mt. Everest region of Nepal*. Kathmandu, ECS Publications.
- Carey, M. (2008). The politics of place: Inhabiting and defending glacier hazard zones in Peru's Cordillera Blanca. In Orlove, B., Wiegandt, E. and Luckman, B. H. (Eds.). *Darkening peaks: Glacier retreat, science, and society*, 229-240. Berkeley, University of California Press.
- Carey, M. (2010). *In the shadow of melting glaciers: Climate change and Andean society*. New York, Oxford University Press.
- Carey, M., Garrard, R., Cecale, C., Buytaert, W., Huggel, C. and Vuille, M. (2016). Climbing for science and ice: From Hans Kinzl and mountaineering-glaciology to citizen science in the Cordillera Blanca. *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, 1(1), 59-72.

- Evans, S. G., Bishop, N. F., Smoll, L. F., Valderrama Murillo, P., Delaney, K. B. and Oliver-Smith, A. (2009). A re-examination of the mechanism and human impact of catastrophic mass flows originating on Nevado Huascarán, Cordillera Blanca, Peru in 1962 and 1970. *Engineering Geology*, 108, 96–118.
- Garrard, R., Kohler, T., Wiesmann, U., Price, M., Byers, A. C. and Sherpa, A.R. (2012). Depicting community perspectives: Repeat photography and participatory research as tools for assessing environmental services in Sagarmatha National Park, Nepal. *Eco.mont*, 4(2), 21-31.
- Grafe, E. and Horsted, P. (2002). *Exploring with Custer: The 1874 Black Hills expedition*. Black Hills, South Dakota, Golden Valley Press.
- GlacierWorks. (2017). GlacierWorks Mission [website]. <http://more.glacierworks.org/the-mission-of-glacierworks/>. Accessed 28 January 2017.
- Gurung, H. (2004). *Landscape change in the Nepal hills: Evidence from Lamjung*. Kathmandu, International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD).
- Hastenrath, S. (2008). *Recession of equatorial glaciers: A photo documentation*. Madison, Wisconsin, Sundog Publishing.
- Hoerlin, B. (2011). *Steps of courage: My parents' journey from Nazi Germany to America*. Bloomington, Indiana, Authorhouse.
- ICIMOD. (2008). Himalaya—Changing Landscapes [photo exhibition]. Website <http://www.icimod.org/changing-landscapes/>. Accessed 28 January 2017.
- Instituto de Montaña. (2013). Local adaptation plan of action. High Mountains Adaptation Partnership (HiMAP). Huaraz, Peru, Instituto de Montaña.
- Jiduc, S. G. (2016). Contemporary landscape changes in the Cordillera Blanca and Cordillera Huayhuash of Peru (1936-2012). *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, 1(1), 37-50.
- Kinzl, H. and Schneider, E. (1950). *Cordillera Blanca (Perú)*. Innsbruck, Universitäts-Verlag Wagner.
- Klett, M. (2011). Repeat photography in landscape research. In Margolis, E. and Pauwels, L. (Eds.). *The Sage Handbook of Visual Research Methods*, 114-131. London, SAGE Publications Ltd.
- Kostka, R. (1993). The problems of high mountain cartography. Lecture in memory of Erwin Schneider. *Journal of the Nepal Research Centre*, 9,1-15. Kathmandu.
- Kull, C. A. (2005). Historical landscape repeat photography as a tool for land use change research. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 59(4), 253–268. Oslo.
- Portocarrero, C. (2014). *The glacial lake handbook: Reducing risk from dangerous glacial lakes in the Cordillera Blanca, Peru*. Washington, D.C., United States Agency for International Development (USAID).
- Quincey, D. J., Richardson, S. D., Luckman, A., Lucas, R. M., Reynolds, J. M., Hambrey, M. J. and Glasser, N. F. (2007). Early recognition of glacial lake hazards in the Himalaya using remote sensing datasets. *Global and Planetary Change*, 56(1-2), 137-152.
- Rivas D. S., Somos-Valenzuela, M. A., Hodges, B. R. and McKinney, D. C. (2015). Predicting outflow induced by moraine failure in glacial lakes: The Lake Palcacocha case from an uncertainty perspective. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 1163–1179.
- Rounce, D. R., McKinney, D. C., Lala, J. M., Byers, A. C. and Watson, C. S. (2016). A new remote hazard and risk assessment framework for glacial lakes in the Nepal Himalaya. *Hydrology Earth System Sciences*, 20, 3455–3475.
- Somos-Valenzuela, M. A., Chisolm, R. E., Rivas, D. S., Portocarrero, C. and McKinney, D. C. (2016). Modeling a glacial lake outburst flood process chain: The case of Lake Palcacocha and Huaraz, Peru. *Hydrology Earth System Sciences*, 20, 2519–2543.
- Tenderini, M. and Shandrick, M. (1997). *The Duke of the Abruzzi: An explorer's life*. Seattle, Mountaineers Books.
- UNDP (United Nations Development Program). (2010). *Revealed: Himalayan meltdown* [video]. <https://vimeo.com/42518284>. Accessed 28 January 2017.
- USGS. (2017). Retreat of glaciers in Glacier National Park. Website https://www.usgs.gov/centers/norock/science/retreat-glaciers-glacier-national-park?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects. Accessed 28 January 2017.
- Webb, R. H. (1996). *Grand Canyon, a century of change: Rephotography of the 1889-1890 Stanton Expedition*. Tucson, The University of Arizona Press.
- Wegner, S. (2014). *Lo que el agua se llevó: Consecuencias y lecciones del aluvión de Huaraz de 1941*. Nota Técnica 7. Lima, Ministerio del Ambiente.

Water, Silt and Dams: Prehispanic Geological Storage in the Cordillera Negra, North-Central Andes, Peru

Agua, Limo y Represas: Almacenaje Geológico Prehispánico en la Cordillera Negra, Andes Norcentrales, Perú

Kevin Lane¹ (kevin.lane@cantab.net)

¹CONICET - Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina

...Y después mandó los señores reyes ingas guardar la costumbre y ley de que no meneasen todas las dichas acequias, agua de regar las dichas sementeras, hasta los pastos de ganado regaban en los altos y quebradas...

(Guaman Poma de Ayala, 1993 [1615],780)

Abstract

Over the past few decades there has been an increasing interest in building micro-dams across the whole of the Cordillera Negra, North-Central Andes, Peru. Given the difficulties in maintaining a regular flow of water, especially during the dry season, it is a logical response to a pressing need. Yet, lack of water is not a modern phenomenon, it is a long-standing problem that was tackled in a similar fashion in the past. Then, indigenous skill and landscape knowhow informed the selection of sites for damming.

Modern engineers have followed their lead, such that present-day micro-dams often occupy the same space as the prehispanic ones. Aside from the obvious destruction of cultural heritage – usually without a proper archaeological survey – there is one other problem with this policy: not all the old dams which are now being reconstructed were built for retaining just water. With an intimate knowledge of their Andean environment, humans adapted and altered the land around them. To this end, alongside water dams, other structures were built, such as silt dams.

Although outwardly like water dams, silt dams evinced a very different purpose. These structures acted as large check dams which accumulated run-off silt and other sediments, fostering a *bofedal*-type microclimate, while likewise trapping and purifying water within the silt. Nowadays, these unique structures are under threat from engineers with little understanding of the true purpose of these hydraulic monuments. This article describes these silt dams, using a case-study from the Upper Nepeña Valley, their form and function.

Keywords: *Ancash, silt dams, geological storage, prehispanic, bofedales*

Resumen

En las últimas décadas, hubo un importante incremento en la construcción de microrepresas a lo largo de la Cordillera Negra, Andes Norcentrales del Perú. Debido

a las dificultades en mantener un flujo regular de agua, especialmente durante la estación seca, esto constituye una respuesta lógica a una necesidad urgente. Sin embargo, la falta de agua no es un fenómeno moderno, es un problema de larga data que se abordó de forma similar en el pasado. Por lo tanto, el conocimiento del paisaje y las habilidades indígenas llevaron a la selección de sitios para hacer represas.

Los ingenieros modernos han seguido su ejemplo, de modo que las microrepresas usualmente ocupan los mismos espacios que las que fueron realizadas en contextos prehispánicos. Además de la obvia destrucción del patrimonio cultural – generalmente sin un estudio arqueológico apropiado – existe otro problema con esta política: no todas las antiguas represas reconstruidas en la actualidad fueron originalmente hechas para retener solamente agua. A partir de un profundo conocimiento del ambiente andino, las poblaciones humanas adaptaron y alteraron la tierra que los rodeaba. Con este objetivo, además de las represas para contener el agua, se construyeron otras estructuras como las represas para retener limo.

Si bien son exteriormente similares a las represas hidráulicas, las estructuras para contener limo tuvieron un propósito muy distinto. Estas represas permitieron controlar y acumular flujos de limo y otros sedimentos, lo cual fomentó un microclima de tipo *bofedal*, al mismo tiempo que retenían y purificaban el agua contenida en el limo. Actualmente, estas estructuras únicas se encuentran amenazadas por ingenieros con escasa comprensión del verdadero propósito de estos monumentos hidráulicos. Este artículo describe estas represas para controlar y acumular limo, usando un caso de estudio del valle alto de Nepeña, principalmente su forma y función.

Palabras clave: *Ancash, represas de limo, almacenaje geológico, prehispánico, bofedales*

Introduction

Over the past few decades, the complexity and diversity of Andean hydraulic engineering have been studied and highlighted as never before (Denevan, 2001; Herrera, 2011; Lane, 2014; Orloff, 2009). This is especially true of the highlands, which until recently were singularly under-researched. Nevertheless, there is still much new material to be investigated and assimilated, as studies into the *amunas* systems of the Central Andes demonstrate (Alencastre, 2012; Apaza, Hurtado and Alencastre, 2006).

This study presents and describes a series of structures known as *represas de limo* or silt dams. Silt dams were structures primarily built to contain erosion (a sort of massive check dam), while concomitantly providing a stable platform for the creation of artificial *bofedales* (irrigated moorland). Although initially identified for the Cordillera Negra, Ancash, new research has uncovered evidence of similar constructions in the Upper Ica Basin (Huamán and Lane, 2014), suggesting that these typesites were more common across the Andes than originally envisaged (Figure 1).

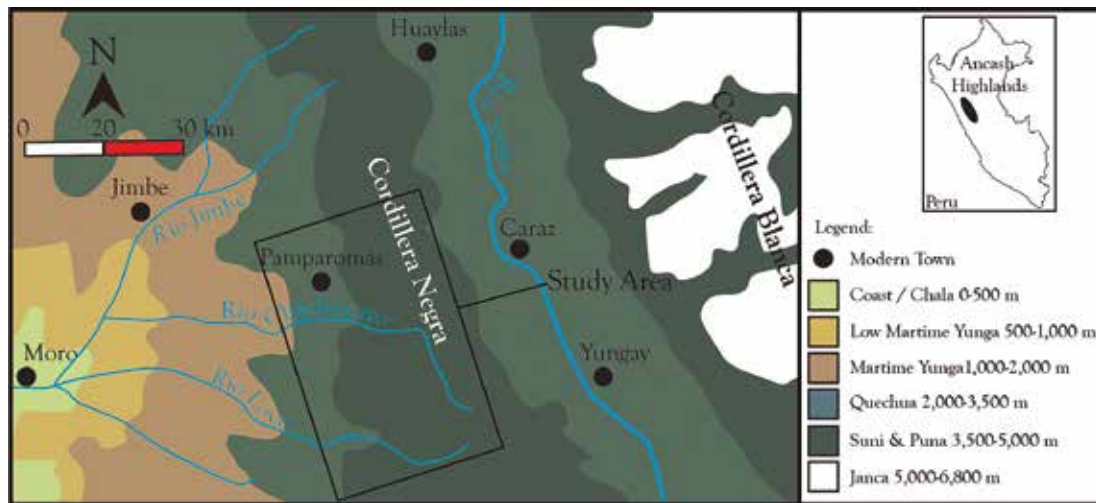


Figure 1. Map of study area – Pamparomás District, Huaylas Province, Ancash.

Although outwardly similar to prehispanic water dams, these silt dams were very different in their use and location. Nevertheless, the general similarities in structure and construction have led to misidentification of these features as water dams, in turn leading to the destruction of some of them (Lane, 2013). In this article, we describe these silt dams – their state of preservation, form and function – in the Cordillera Negra, Department of Ancash.

Silt Dams

Silt dams are large stone and fill structures that essentially serve three basic functions:

1. Accumulate silts and sediments that erode from the mountain slopes;
2. Retain and store water within the trapped silts and sediments;
3. Provide a rich soil matrix platform for the creation of an artificial *bofedal*.

These three functions are obviously interlinked. In addressing the first function, given the annual high-energy water discharge associated with the austral summer rains and therefore the propensity for landslides and avalanches (*huaicos*), it makes logical sense to construct barriers to halt and control the flow of water and sediment. In this remit, silt dams act like large check dams which cut across the path of main water flow (Denevan, 2001). While the features described by Denevan (2001: 171-185) were

grouped and stepped, built across very narrow ravines – and therefore more analogous to the silt reservoirs described for the Ancash region (Lane, 2009) – these silt dams are large constructions (usually over 80 m in length) spanning across a whole valley or side-valley floor.

Indeed, this function was highlighted by Freisem (1998), who identified them as *secondary erosion dams*, which ameliorate the effects of *huaicos* and thereby protect the lower-lying cultivation fields and settlements. Yet this is only part of the story. Silt dams, like the silt reservoirs, were more than just devices to prevent erosion flooding. The sediment generated by hill-wash and general erosion provided an important platform for pasture, and retained mineral salts that were in turn consumed by animals.

Likewise, the function of trapping silts and sediments (Point 2 above) does not preclude the fact that these structures also store and contain water. In this case, silt dams act not so much as dams but rather sieves that filter hydraulic overflow while maintaining the trapped sediments behind the wall structure saturated with water. In so doing, these features act to store water and help in replenishing underground aquifers (*sensu* Fairley, 2003). Finally, (Point 3 above) the dual accumulation of sediments and water creates the conditions for *bofedales* (moorland ecotone).

Bofedales are important highland ecotones that help create and sustain particular niche habitats. In this case,

bofedales provide optimum pasture conditions for use by herd animals (Maldonado, 2014/15). While these occur naturally, there is a long pedigree in the Andean highlands of human-made *bofedales* (e.g. Flores and Paz, 1986; Flores, Paz and Rozas, 1996; Palacios, 1977, 1981, 1996). To these systems can now be added that of silt dams first identified for the North-Central Andes (Lane, 2006, 2009), and subsequently found in other parts of the Andean highlands (Huamán and Lane, 2014).

A thorough survey of the Upper Nepeña drainage (1999-2008) – the Loco River and Chaclancayo River – revealed twenty-nine sites with hydraulic features, ranging from major dams to water reservoirs, small check dams and large silt dams (Figure 2). Five of these were silt dams. In turn, these various water and/or silt storage structures combine with fields, terraces and canals to create complex hydraulic systems that can encompass whole valleys. This systemic control of water emphasizes the highly-specialized relationship that existed between people, water and technology in the past. It was this syncretic relationship that underpinned the development of novel hydraulic constructions, such as silt dams.

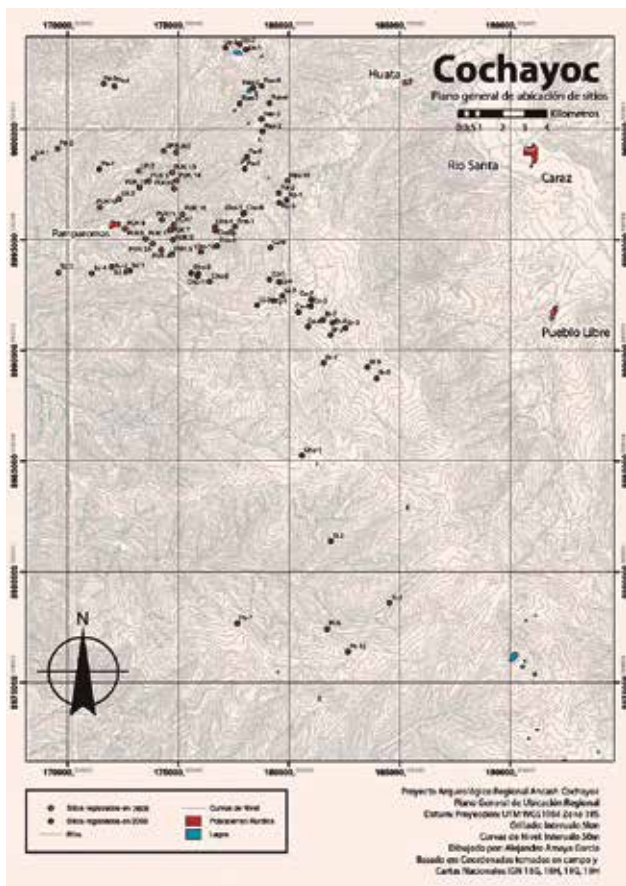


Figure 2. Detailed map of survey area.

In the study area, two types of hydraulic features were primarily used for the creation and maintenance of *bofedales* – silt dams and the smaller check dams – here

we concentrate on the former. The scale of these features precludes them being managed at the household (see Aldenderfer, 1998; Carhuallanqui, 1998; Kuznar, 1995), rather it is more in keeping with the large moorlands created and nurtured by the Chichillapi herders of Puno (Palacios, 1977, 1981, 1996). In this community, a complex system of canals was used to irrigate high altitude pastures creating *bofedales*. In the Cordillera Negra highlands with the construction of silt dams and check dams, large areas of the *puna* were turned into a rich plant biota for camelids, especially the less robust alpaca (*Lama pacos*).

The five silt dams identified for the study area combine to cover an area totalling 372,027 m² of artificial *bofedal*, and include Oleron Cocharuri [Cho 2], Collpacocho [Co 1], Tsaquicocha [Pa 5], Huancacocho [Rac 1], and Tsaquicocha [Uc 3]. As calculated by Browman (1990), these more than 372 ha of deposited silts and moor-like environments would have supplied forage for an extra 1200 animals, calculating at 3.25 animals per hectare of *bofedal*. While this might seem a paltry sum, one also has to consider the already existing natural areas of *bofedal*, as well as those created by the silt reservoirs. Jointly, all these areas would have provided an important mosaic of herding options within the *suní-puna* environment.

Structurally, silt dams are strikingly similar to the normal water dams in that they were constructed of double-faced walls, in-filled with compacted earth, stone and clay, making an almost impermeable barrier behind which sediment and water were stored.² Like the water dams, these constructions were gravity structures, in that their solidity and weight is what anchors them in place. The central part of many of the dams was reinforced by step-like walling, given the added soil and water pressure present in this area of the structure.

Unlike water dams, silt dams were not necessarily anchored onto rock, given that water overflow along the sides of the structure was not an issue. They also usually had only one discernible outtake sluice located along the base of the structure, usually at its center. The basic principle governing the silt dam was that of geologic water storage (Fairley, 2003); in this case the accumulated soil basin acted as an aquifer in which water was both stored and purified through the soil. Since the soil also acted as a barrier to water seepage, the sluice should be viewed rather as a 'sieve' which siphons excess water out of the dammed basin while the soil retains enough moisture for the growth of a *bofedal*-type micro-environment.

Also, unlike water dams, the silt dams are located much lower down in altitude, occurring between 3825 and 4425 m (as opposed to 4600-5200 m). The only exception to this is the small silt dam at Tsaquicocha [Pa 5], located at 4625 m. The local geology of loose and eroded earthen hills probably occasioned the swift silting of this basin, which

²These stone and earth walls were never meant to be completely impermeable. These structures can shift during tremors and earthquakes, usually settling back in with minimal damage to the structure. In contrast, modern rigid concrete dams tend to crack.

made the creation of a silt dam at this location desirable. In the other instances, they are located sufficiently low enough in a valley to best trap hill-wash and silt from the surrounding area. Currently for the area, elevations above 4200 m are rarely visited by modern goat and sheep herders. Therefore, these abandoned silt dams are used by the few cattle and donkeys that roam semi-wild in the *sierra*.

More commonly, the silt dams were located downriver from one or more larger bodies of water and dams. In these circumstances Tsaquicocha [Uc 3] is set below the large water dam of Agocochoa/Negrahucanan [Uc 2]. The silt dam of Oleron Cocharuri [Cho 2] is likewise sited below the water dams of Yanacochoa [Cho 1] and Orconcocha [Cho 6], while the silt dam of Huancacochoa [Rac 1] is located below Sacracocha [Rac 2]. The large silt dam of Collpacochoa [Co 1 at 3950 m] accumulates the sediment discharge from the source of the Chaclancayo River located upslope in the puna.

Silt dams are the result of a long process of construction and years of careful management. In the main, the initial silt basin was probably small and would have grown slowly through silt accretion during the annual rains. This system of accretion is sometimes known as varve-formation (Leet, Judson and Kauffman, 1982). The overflow and eroded conditions seen today on many of these silt dams, such as Collpacochoa [Co 1] and Huancacochoa [Rac 1], are not indicative of how these dams would have looked and functioned in the past. It is probable that, in the past, parts of these structures were periodically de-silted. This occurred with the Indian *gababand* silt-traps (Possehl, 1975). It is possible that the excess silt thus recovered was relocated to nearby terraces and cultivation fields. Below we describe the five silt dams present in the study area.

Oleron Cocharuri [Cho 2] Silt Dam

Cho 2 is located in the Chorrillos Valley, which branches out to the north from the main Chaclancayo Valley. The site itself is composed of three sectors (A-C) between 4185 m and 4220 m and lies altitudinally 450 m below the water dam of Yanacochoa [Cho 1] on a type of natural platform (Figure 3).

Sector A is the main silt dam itself and describes a C-shaped walled structure about 76 m long (Figure 4). The wall is composed of two parallel stone walls, infilled with packed earth and stone, with a width that varies between 2.15 m and 4.30 m. The height varies between 0.50 m and 0.57 m at the extremities, rising to a maximum of 2.50 m along the central part. Part of the height discrepancy is due to the V-shape of valley itself, which makes the central section higher while maintaining an almost level dam crest. The dam uses large, naturally occurring rock outcrops as integral parts of the structure. The dam is in a good state of preservation, with only the center having partially collapsed. The Chorrillos stream flows through this eroded center. The two ends of the dam are anchored onto the valley flanks, a clear indication that this is a silt



Figure 3. Photograph of Cho 2 – Oleron Cocharuri, Chorrillos River. Observe *bofedal* behind dam wall. Photo: K. Lane, 2002.

dam. A single sluice located at the base of the center of the structure drains excess water. The level area behind the dam wall recreates a *bofedal*-type environment of 53,125 m².

Sector B is located approximately 350 m upstream to the north of Sector A. It comprises a seasonal natural pool (*ojo de agua*) circular in shape, and approximately 4 m in diameter. It is located on a bedrock outcrop that stands about 8 m in height. It does not seem to have been artificially modified, and it feeds into Cho 1. Finally, Sector C (Patoparanán) is located downstream from Sector A comprising the edge of the natural platform on which Cho 1 is situated. It comprises two small, low, C-shaped stepped walls. The structures are no more than 70-80 cm high and both have a sluice located in the central part near the base. Behind these walled structures, a small *bofedal* has formed. These two structures represent silt reservoirs or check dams, which have been described elsewhere (Lane, 2009).

Collpacochoa [Co 1] Silt Dam

The lack of a management system can be most aptly appreciated at the site of Collpacochoa [Co 1] silt dam (Figure 5). Here, the large 28.5 ha silt basin is slowly drying out. Although the primary function of the site is under threat, the *bofedal* created by the partial working of

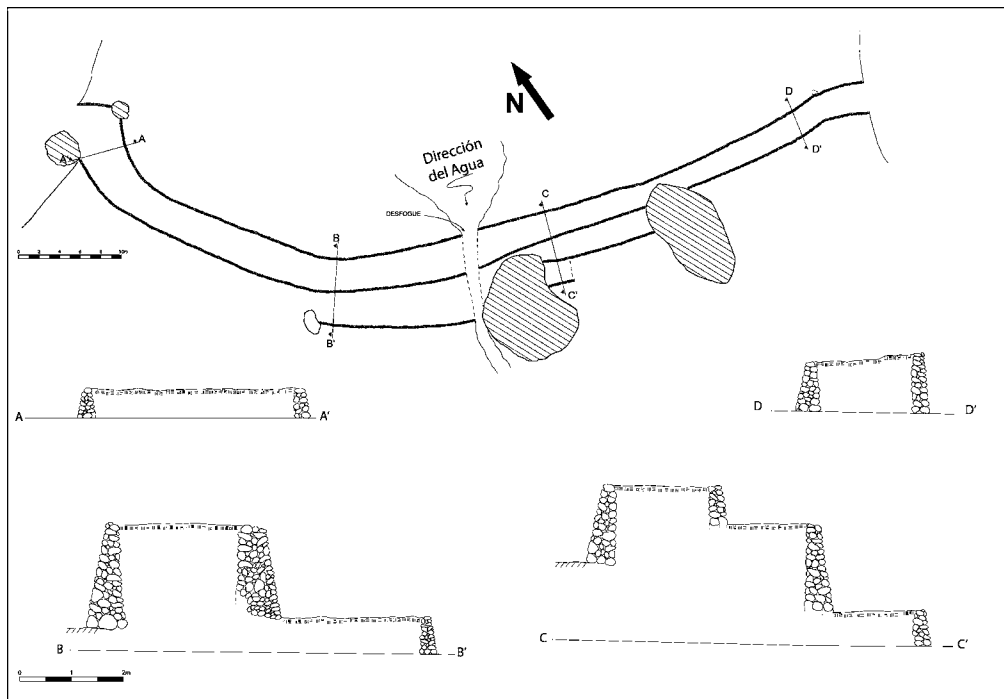


Figure 4. Plan of Cho 2 – Oleron Cocharuri.

the system still represents an important source of forage for the herds of three local communities - Putaca, Cajabamba Alta and Breque (Figure 6). These three villages all have overlapping rights to the area and conflicts between them are common. The dam stretches across the whole of a large flat plain that extends from just above the confluence of the Rico and Huinchos River, where it is renamed the Chaclancayo River, to the village of Breque, located on a southern curvature of the basin and Huinchos River. The silt depth of the dam is over 6.5 m near the dam itself, slowly rising to 1.2 m at a distance of 750 m from the dam. The *bofedal* though extends almost to the village of Breque, located about 3 km distant.



Figure 5. Photograph of Co 1 – Collpacocha, Chaclancayo River. Photo: K. Lane, 2002.

This silt dam is unique not only for the immense size of its basin but also because of its close location to the important Inca settlement of Intiaurán [Co 2] (Lane and Contreras, 2007). While it is likely, as with the other structures in the study area, that the dam was built during the Late Intermediate Period (AD 1000-1480), it is also

probable that it was refurbished or expanded during the Inca Period (AD 1480-1532). Given the amount of time that this basin would have required to silt up, it is possible that for a considerable period the basin would have been partially *bofedal* and partially water.

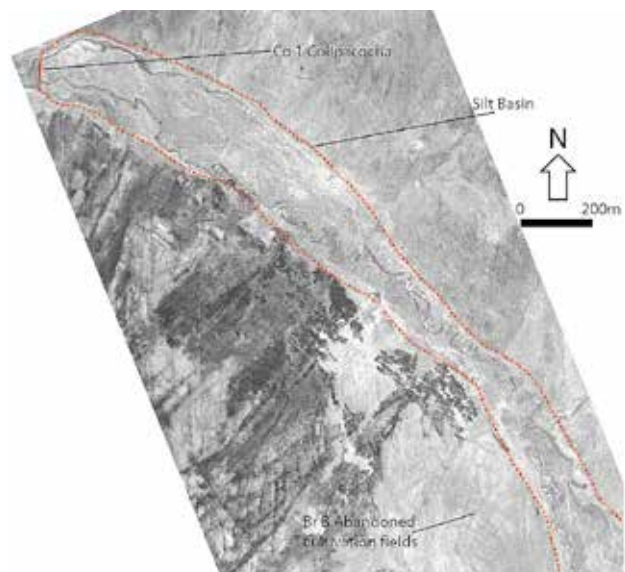


Figure 6. Aerial photograph of Co 1 - Collpacocha, showing *bofedal* behind dam wall.

Photo: Instituto Geográfico Nacional, Lima).

Collpacocha [Co 1] is 100 m in length, oriented north to south, cutting directly across the path of the Huinchos River. At its widest, it is 11 m thick and is constructed of three major stone steps, in-filled with medium and small stones compacted with silty clay (Figure 7). Parts of the structure, especially along the center and the southern end, were stripped of construction stone blocks, possibly removed by either erosion or local people. The total height

of the structure is 5.4 m. In marked difference to other silt dams, Collpacocha has three sluices, located at different heights. The first sluice, located in the north section of the dam, is set at a middle height in the dam wall just 95 cm below the top level of the dam. The sluice has a height of 60 cm and a width of 72 cm. The sluice decants onto a pond that then channels the water onto the main stream. The present outflow from the sluice is low, probably a reflection of the high degree of water flow through the river breach at the center of the structure. This outflow is orange in color, demonstrating a high level of iron content in the trapped soil behind the structure.

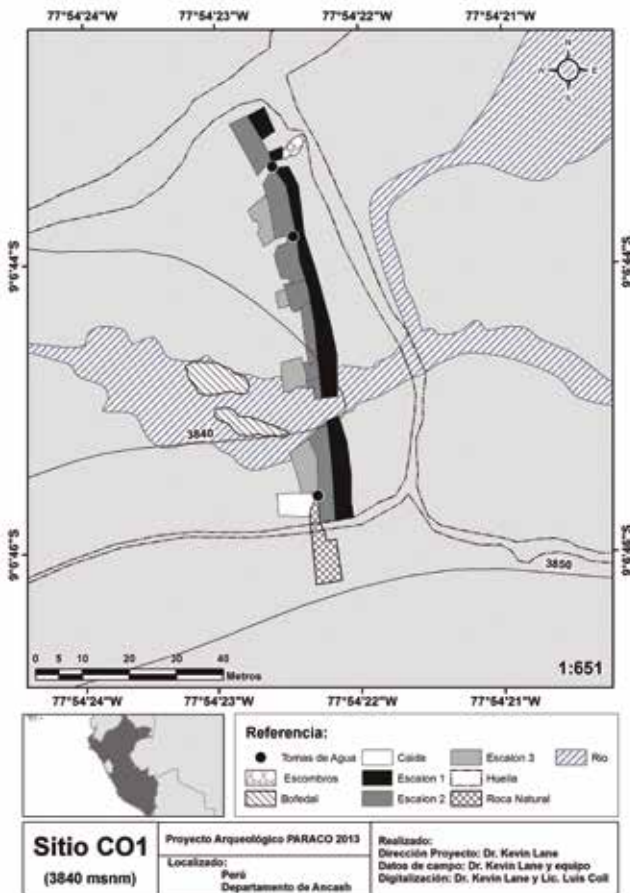


Figure 7. Plan of Co 1 – Collpacocha. Direction of water flow is from east to west (right to left).

The second sluice is also located along the northern half of the structure, although closer to the center of it. A large 60 cm by 60 cm opening still shows a modest orange water flow that joins the same channel as the first sluice. Just beyond this sluice is the main water outflow. This outflow is actually an erosion break in the dam wall. As this high-energy outflow cascades downwards, it is slowly undermining the integrity of the base of the structure. The last sluice is located at the extreme south of the structure cut into the rock outcrop to which the dam is anchored. This sluice is level with the basin and probably represented the main water outflow when the dam was in working order. The drop-pond for this outtake is cut into the natural stone to a level below the earthen channel that subsequently takes the water to the central stream. This feature would have regulated the speed of the water outflow away from

the dam, causing a substantial drop in water flow speed. This drop-pond feature is a prime component of modern dams, and serves to show the engineering knowledge of these prehispanic builders.

Sedimentation has banked all across the dam wall, while – as mentioned above – the river has cut through the center of the structure. The *bofedal* itself is rich in hard *ichu* grass and other types of forage plants, but the drying of the sides of the dam due to the present unregulated water flow means that the moor-like area is now limited to a narrow central strip along the center of the basin. Manual augering (Dutch and gauge auger) of the dam was undertaken to understand the functioning of the structure. Sixteen auger holes were drilled into the silt basin covering an area 560 m in length and 177 m in width. Although the basin continues towards the modern village of Breque, the main area of the *bofedal* was that covered by our augering survey.

Preliminary results from the boreholes show that the lowest layer is mainly composed of a dark blue-grey clay layer, probably the original water or silt basin that existed before the construction of the dam. From 4.5 m downward, the deposits were very water-logged, confirming the existence of a permanent aquifer at this depth. The residual nature of the organic remains up to a depth of 2.5 m below the surface suggests that the aquifer was previously substantially larger. Between 2.5 and 4.5 m there were layered sections of low-energy deposited organic loam interspersed with medium to high energy sand deposits. These layers probably correspond to separate stable *bofedal* periods, interspersed with high energy episodes, perhaps *huaicos*. Above these layers, between 0 and 2.5 m, there was significant geoturbation of the soil with many high-energy sand and rock deposits, most likely as a consequence of the river frequently changing course. The lack of association between layers in different boreholes implies a degree of soil matrix truncation by the river. These upper layers probably date to the abandonment and general disuse of the site and area from the 16th or 17th century onwards.

The augering of the dam at Collpacocha [Co 1] proves that the main function of the site was that of generating and sustaining a *bofedal*-type environment, while the prevalence of grey organic silts and clays in the lower layers of the first boreholes shows that a water pond existed for a period of time right against the dam wall itself. The *bofedal* at Collpacocha [Co 1] would have allowed the periodic concentration of animals, which might well have been a major consideration in the placement of the Inca administrative site of Intiaurán in close proximity.

Tsaquicocha [Pa 5] Silt Dam

Located at 4625 m and adjacent to Tsaquicocha Lake, it lies directly to the south of the Carhuacocha Dam [Pa-6], representing the southern source of Collapampa stream. The center of the wall has collapsed and the water drains through it. The dam is 13.7 m long, with a varying width of

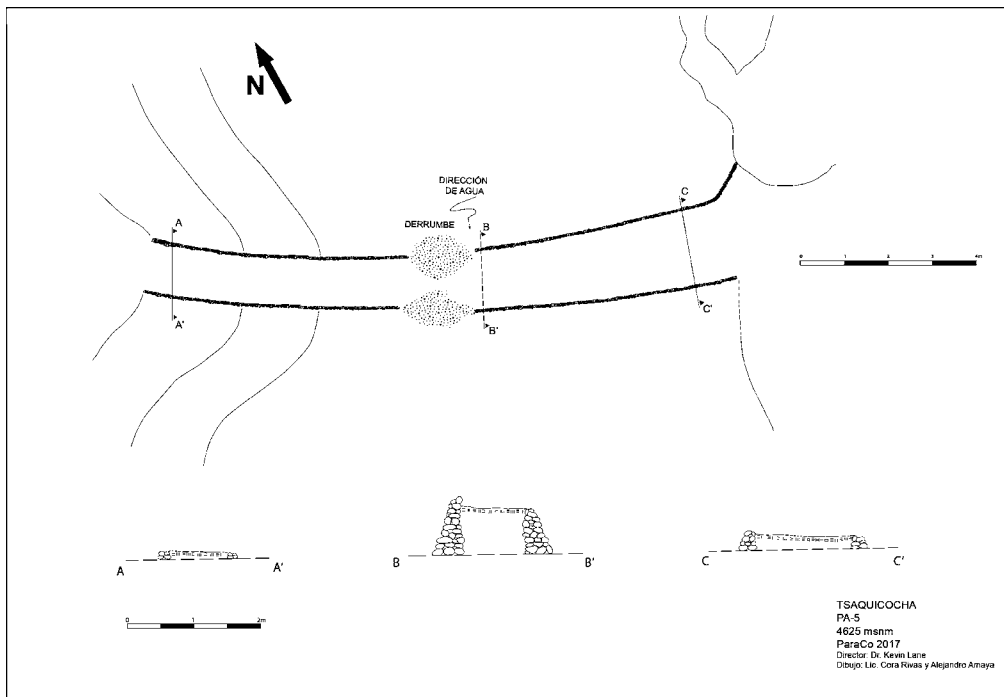


Figure 8. Plan of Pa 5 – Tsaquicocha, Collapampa River.

between 1.1 m and 1.83 m, with a maximum height 1.3 m (Figure 8). If a sluice existed, it would have been located on the central section of the structure. The dam was triple-stepped on its exterior face and the upper level is very deteriorated. The *bofedal* thus created covers 1027 m². The south-eastern end of the dam is anchored to bedrock, while the north-eastern one abuts the natural earthen slope. Given the characteristics of the site and its height, it is possible that this structure started as a water dam that then dried-up and was used as a small silt dam – the prefix *tsaqui* means “dry”, and *cocha* means “lake”, in the local Quechua language.

Huancacocha [Rac 1] Silt Dam

Located in the upper section of the Racratumanca side-valley adjacent to the town of Pamparomás, the silt dam of Huancacocha lies at 4425 m (Figure 9). The site itself is set in a natural terrace or platform – much like Cho 2 above – surrounded by steep, rocky hills. Behind the wall there is an extensive area of *bofedal* covering 17,500 m². This silt dam, double-walled and infilled with packed earth and stones, lies directly downstream from Huaytacocha (4500 m) to the northeast. The height of the structure varies between 0.3 m and 1.4 m, while its maximum width is 3 m. The wall zigzags over 50 m, making best use of the available rock outcrops (Figure 10). A single sluice 0.4 m wide by 0.6 m high drains excess water. The masonry is rough, with no evidence for repairs or reconstruction of the dam. Both extremities of the dam are anchored on bedrock.

Tsaquicocha [Uc 3] Silt Dam

Tsaquicocha is a large silt dam, located at 4300 m in the upper end of Uchpacancha Valley, directly below the large Agococha/Negrahucanan [Uc 1] water dam (4525

m). Oriented southeast-northwest, the structure is very well constructed and solid, with a double-faced wall and compacted fill stones and earth. The dam measures 75 m in length, and its width varies between 1 m – at the extremities – and 3.6 m at the center, with a maximum height of between 1 m and 4.7 m (Figure 11). The structure is anchored onto the earthen slopes of the valley. There was no sluice to the dam, with water currently filtering from beneath the wall. Behind the dam, a 16,000 m² *bofedal* is forming.



Figure 9. Photograph of Rac 1 – Huancacocha, Racratumanca Valley. Photo: K. Lane, 2002.

Conclusion

This study shows that silt dams are an intrinsic feature of the Andean hydraulic landscape, capturing water, silts and sediments, ameliorating the effects of erosion and landslides, while providing a fertile platform for animal foraging. The five examples presented here are probably just a few of the many such structures that exist across the Cordillera Negra and most likely throughout the entire

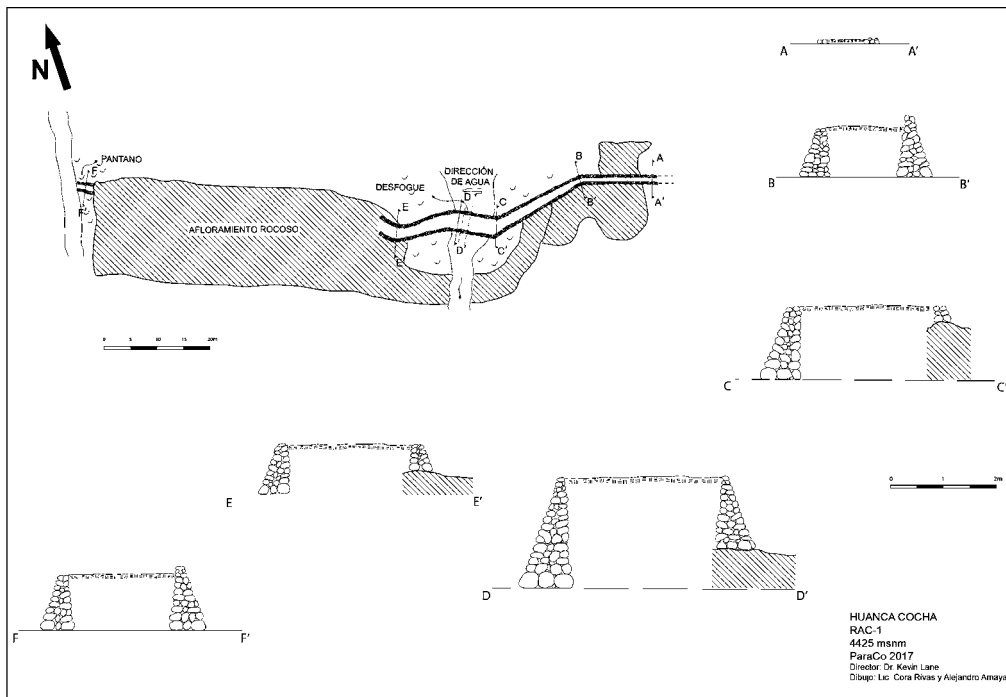


Figure 10. Plan of Rac 1 – Huancacocha.

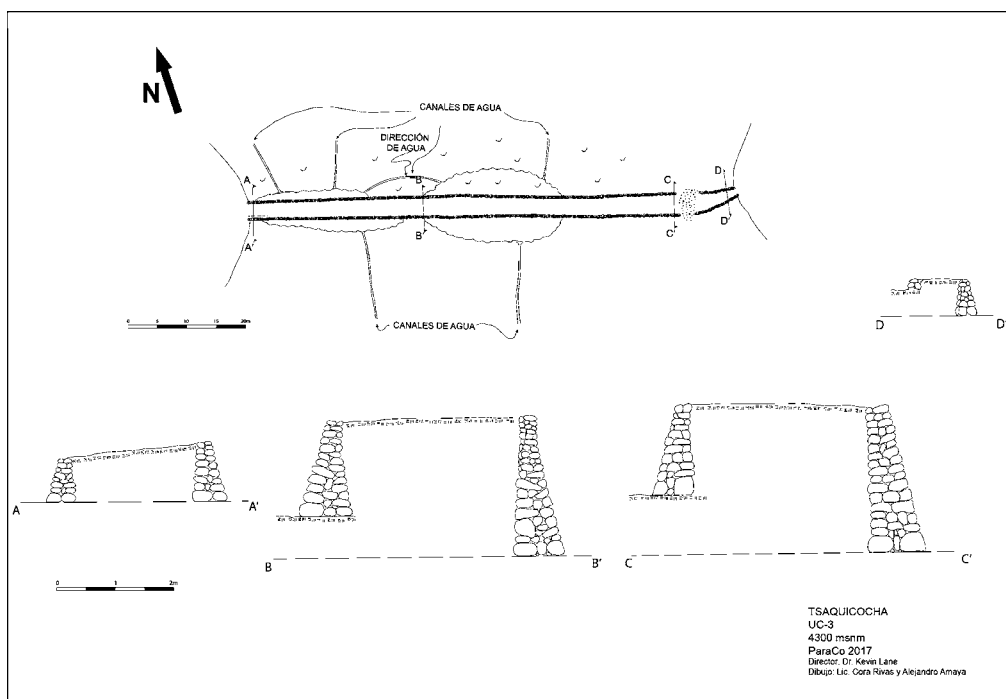


Figure 11. Plan of Uc 3 – Tsaquicocha, Uchpacancha Valley.

western *sierra*. It is this watershed that will logically have the greatest number of water and soil harvesting technology given that, unlike the glacier-capped intermontane cordillera, there is no permanent source of water aside from the seasonal rains.

Prehispanic communities developed the means to guarantee – as far as possible – continuous access to water. Yet, concomitant with this, as befitting an agropastoralist society, went a policy of controlling soil seen in the construction of these silt dams. These in turn provided the wherewithal for the creation of artificial pastures –

bofedales. At present, these features are abandoned or under threat from redevelopment as water dams. The latter should be avoided as silt dams served a set of functions which are as necessary now as they were in the past.

As this paper shows, not everything is necessarily as would seem at first sight, with the added implication that all these features need to be understood within the context of the landscape in which they are found. Only then can we have a better insight into the use, function and possible rehabilitation of these hydraulic structures, and thereby recover a small part of this lost indigenous knowledge.

References

- Aldenderfer, M. S. (1998). *Montane Foragers: Asana and the South-Central Andean Archaic*. Iowa City, University of Iowa.
- Alencastre Calderón, A. (2012). Las amunas: Siembra y cosecha del agua. *Leisa (Revista de Agroecología)*, 28(1), 35.
- Apaza Idme, D., Arroyo Hurtado, R. and Alencastre Calderón, A. (2006). *Las amunas de Huarochiri: Recarga de acuíferos en los Andes*. Lima, Gestión Social del Agua y Ambiente en Cuencas (GSAAC).
- Browman, D. L. (1990). High altitude camelid pastoralism of the Andes. In Galaty, J. G. and Johnson, D. L. *The world of pastoralism: Herding systems in comparative perspective*, 323-352. New York, Guilford Press.
- Carhuallanqui, R. M. (1998). *Pastores de altura: Magia, ritos y danzas*. Lima, Red de Solidaridad (REDES).
- Denevan, W. M. (2001). *Cultivated landscapes of native Amazonia and the Andes*. Oxford Geographical and Environmental Studies Series. Oxford, Oxford University Press.
- Fairley, Jr., J. P. (2003). Geologic water storage in precolumbian Peru. *Latin American Antiquity*, 14(2), 193-206.
- Flores Ochoa, J. and Paz Flores, M. P. (1986). La agricultura en lagunas (qochas). In de la Torre, C. and Burga, M. (Eds.). *Andenes y camellones en el Peru andino: historia, presente y futuro*, 85-106. Lima, Ministerio de la Presidencia, CONCYTEC.
- Flores Ochoa, J., Paz Flores, M. P. and Rozas, W. (1996). Un (re-) descubrimiento reciente: La agricultura en lagunas temporales (qocha) en el altiplano. In Morlon, P. (Comp.). *Comprender la agricultura campesina en los Andes Centrales: Perú-Bolivia*, 247-256. Lima, Institut français des études andines (IFEA)/Centro de Estudios Regionales Andinos "Bartolomé de Las Casas" (CBC).
- Freisem, C. (1998). *Vorspanische Speicherbecken in den Anden: Eine Komponente der Bewirtschaftung von Einzugsgebieten das Beispiel Nepeñatal-Peru* [Almacenamiento prehispánica en los Andes: Un componente del manejo de cuencas, el ejemplo del valle de Nepeña-Perú]. Diplomarbeit (Tesis). Berlin, Umwelt und Gesellschaft Landschaftsentwicklung, Technische Universität Berlin.
- Guaman Poma de Ayala, Felipe. (1993 [1615]). *Nueva corónica y buen gobierno*. Transcribed by Pease G. Y., vols. 1-3. Lima, Fondo de Cultura Económica.
- Herrera Wassilowsky, A. (2011). *La recuperación de tecnologías indígenas: arqueología, tecnología y desarrollo en los Andes*. Bogotá, Instituto de Estudios Peruanos, Universidad de los Andes/CESO/CLACSO.
- Huamán Oros, O. and Lane, K. (2014). Informe final: Proyecto de investigación arqueológica de la Cuenca de Ica [PIACI] - Temporada 2013. Submitted to the Dirección General de Patrimonio Arqueológico Inmueble, Ministerio de Cultura, Lima.
- Kuznar, L. A. (1995). *Awatimarka: The ethnoarchaeology of an Andean herding community*. Case Studies in Archaeology. Fort Worth, Texas, Harcourt Brace College Publishers.
- Lane, K. (2006). *Engineering the puna: The hydraulics of agro-pastoral communities in a north-central Peruvian valley*. Doctoral dissertation. Cambridge, Department of Archaeology, University of Cambridge.
- Lane, K. (2009). Engineered highlands: The social organization of water in the Ancient North-central Andes (AD 1000-1480). *World Archaeology*, 41(1), 169-190.
- Lane, K. (2013). Entre el agua y la pared: patrimonio, desarrollo, campesinos y arqueólogos en la Cordillera Negra, Perú. In Herrera, A. (Comp.). *Arqueología y Desarrollo en América del Sur: de la Práctica a la Teoría*, 97-117. Bogotá, Ediciones Uniandes, Universidad de los Andes/ Instituto de Estudios Peruanos.
- Lane, K. (2014). Water technology in the Andes. In Selin, H. (Ed.). *Encyclopaedia of the history of science, technology, and medicine in non-Western cultures*, 1-24. New York, Springer.
- Lane, K. and Contreras Ampuero, G. (2007). An Inka administrative site in the Ancash highlands, north-central Andes. *Past: The Newsletter of the Prehistoric Society*, 56, 13-15.
- Leet, L. D., Judson, S. and Kauffman, M. E. (1982). *Physical Geology*. Sixth Ed. Engelwood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- Maldonado Fonkén, M.S. (2014/15). An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes. *Mires and Peat*, 15(Art. 5), 1-13.
- Orloff, Charles R. (2009). *Water engineering in the ancient world: Archaeological and climate perspectives on societies of ancient South America, the Middle East, and South-East Asia*. Oxford, Oxford University Press.
- Palacios Ríos, F. (1977). Pastizales de regadío para alpacas. In Flores Ochoa, J. (Ed.). *Pastores de puna: Uywamichiq punarunakuna*, 155-170. Estudios de la Sociedad Rural 5. Lima, Instituto de Estudios Peruanos.
- Palacios Ríos, F. (1981). Tecnología del pastoreo. In Lechtman, H. and Soldi, A. M. (Eds.). *La tecnología en el mundo andino: Runakunap kawsayninkupaq rurasqankunaqa*, 217-232. Mexico, D.F., Universidad Nacional Autónoma de Mexico.

- Palacios Ríos, F. (1996). Pastizales de regadío para alpacas en la puna alta (El ejemplo de Chichillapi). In Morlon, P. (Comp.). *Comprender la agricultura campesina en los Andes Centrales: Perú-Bolivia*, 207-212. Lima, Institut français des études andines (IFEA)/Centro de Estudios Regionales Andinos "Bartolomé de Las Casas" (CBC).
- Possehl, G. L. (1975). The chronology of Gabarbands and Palas in Western South Asia. *Expedition Magazine*, 17(2), 33-37.

Legado de los Programas de Desarrollo Ambiental Participativo (PDAP) en los Andes: Lecciones Aprendidas

The Legacy of Participatory Environmental Development Programs in the Andes: Lessons Learned

Charles B. Kenny-Jordan (kenny-jordan@charlesjordangroup.com)

¹*The Charles Jordan Group, Quito, Ecuador*

Resumen

Los Andes son un mosaico de tierras agrícolas productivas e improductivas, plantaciones forestales, bosques nativos, páramos, laderas, valles, humedales, lagos, ríos y quebradas. Los agricultores andinos dependen de estos paisajes para obtener una amplia variedad de servicios: agua, suelos, pastos, alimentos, madera, medicinas, deportes, bienestar cultural y equilibrio espiritual. Décadas de mal uso han afectado seriamente la capacidad de muchos de estos paisajes de continuar proporcionando estos servicios, poniendo en riesgo a las familias campesinas. Programas de desarrollo rural y ambiental que llevaron a cabo instituciones nacionales, internacionales, ONGs y algunas empresas privadas en las últimas cuatro décadas han ayudado a disminuir los riesgos de cientos de miles de agricultores andinos, mediante la promoción e implementación de planes comunitarios y/o familiares de manejo ambiental de autosuperación. Motivados por estos éxitos, muchas organizaciones locales (corporaciones de desarrollo, municipios, ONGs y comités campesinos) crearon programas propios de desarrollo ambiental. Sin embargo, estos programas se enfrentan hoy a muchos obstáculos, incluyendo el paternalismo, la desconfianza, el debilitamiento comunitario, prácticas agrícolas y forestales poco productivas y ecológicamente hostiles, procedimientos comerciales desleales, programas de capacitación y extensión campesina ineficaces, la desigualdad de género, proyectos de infraestructura y minería dañinos, la lucha interna institucional, el crimen y la violencia. Este documento va dirigido a estudiantes, jóvenes profesionales y a otros futuros agentes de desarrollo. Les enseña cómo superar estos obstáculos, concluyendo que la mejor manera de promover el manejo sostenible de los recursos naturales en los Andes es a través del liderazgo bien informado y capacitado de comunidades de familias campesinas que habitan las tierras altas andinas.

Palabras clave: *los Andes, familias campesinas, desarrollo sostenible, planificación participativa, capacidades institucionales y gestión, protección de ecosistemas.*

Abstract

The Andes are a mosaic of productive and unproductive agricultural lands, forest plantations, native forests, moors, slopes, valleys, wetlands, lakes, rivers and streams. Andean farmers depend on these landscapes for a wide variety of

services: water, soils, pastures, food, timber, medicines, sports, cultural well-being and spiritual balance. Decades of misuse have seriously affected the ability of many of these landscapes to continue to provide these services, putting peasant families at risk. Rural and environmental development programs carried out by national and international institutions, NGOs and some private companies in the last four decades have helped to reduce the risks of hundreds of thousands of Andean farmers through the promotion and implementation of community and/or family plans of self-improvement environmental management. Motivated by these successes, many local organizations (development corporations, municipalities, NGOs and campesino committees) created their own environmental development programs. However, these programs today face many obstacles, including paternalism, mistrust, community weakening, unproductive and ecologically hostile agricultural and forestry practices, unfair trade procedures, ineffective peasant extension and training programs, gender inequality, harmful infrastructure and mining projects, internal institutional strife, crime and violence. This document is intended for students, young professionals and other future development agents. It teaches them how to overcome these obstacles, concluding that the best way to promote the sustainable management of natural resources in the Andes is through the well-informed and trained leadership of communities of farming families living in the Andean highlands.

The best way to promote sustainable management of natural resources in the Andes is by having informed local leadership of the rural communities and farm families that inhabit these highlands. Armed with passionate and innovative staff, national, international and NGO development programs have, over the last four decades, helped many hundreds of thousands of Andean farm families improve their livelihoods while simultaneously protecting the environment. These programs have enhanced ownership and problem solving capabilities of rural communities and farming families through the application of participatory planning and evaluation methodologies aimed at generating equal benefits for both female and male farmers. This approach has proven to be very effective way for improving the livelihoods of rural inhabitants particularly when used to promote a combination of environmentally friendly agriculture, forestry and integrated watershed practices, enhanced through the implementation of landscape conservation schemes and non-wood forest enterprises.

Initially, these programs worked with national, public forestry and environmental institutions to establish pilot projects in the field. Then, seeking to expand on their early successes, these programs also worked with local institutions such as regional development corporations, municipalities, NGOs and rural community development committees. As a result, many these local institutions now conduct environmental programs of their own. In addition to the activities mentioned these programs now assist rural communities and farming families to adapt and mitigate the effects of climate change through the recuperation and sustainable management of important natural ecosystems such as native forests, high grass lands and wetlands.

Local organizations face many deterrents in the application of their environmental programs. Most rural communities and farm families are wary of assistance programs, ingrained perhaps as a result of paternalistic development programs of the past that, in many cases, attacked their cultural beliefs and rights to self-determination. Low farm income due to unproductive agriculture and forestry practices and unfair marketing procedures is another problem faced by Andean farmers on a daily basis. Institutional infighting, gender inequality, corruption and violence also complicate life in the Andes. This paper is directed at students, young professionals and all other aspiring development workers and explains what they can do to help local institutions overcome these aforementioned deterrents and conduct high-impact participatory environmental development programs.

Keywords: *Andes, farming families, sustainable development, participatory planning, institutional capability and management, protection of ecosystems*

Introducción

Los Andes son el conjunto de cadenas de montaña que se extiende desde del norte de Venezuela hasta la parte más meridional de Chile. Es un mosaico de tierras agrícolas productivas, tierras agrícolas marginales, plantaciones forestales, bosques nativos, páramos, laderas rocosas, valles, humedales, lagos, ríos y quebradas. Los hombres y mujeres de las familias de agricultores andinos dependen de estos paisajes para obtener una amplia variedad de servicios: agua, suelos, pastos, alimentos, madera, materiales para la construcción, medicinas, deportes, recreo, bienestar cultural y equilibrio espiritual (ver Figura 1).

Décadas de mal uso de los recursos naturales han dañado seriamente la capacidad de muchos de estos paisajes andinos de continuar proporcionando estos servicios, exponiendo a millones de familias campesinas a muchos riesgos. El daño que afecta el flujo y la calidad del agua es particularmente importante para estas familias campesinas que viven por el dicho: “no hay agua, no hay cultivos, y no hay vida”.

Compuestos de gente curiosa, responsable y determinada a promover un desarrollo rural más sostenible,

los programas ambientales que llevaron a cabo instituciones nacionales, internacionales, ONGs y algunas empresas privadas con responsabilidad social en las últimas cuatro décadas, han ayudado a mejorar las condiciones de vida de cientos de miles de agricultores andinos, mediante la promoción e implementación de planes comunitarios y/o familiares de manejo ambiental de autosuperación.



Figura 1. Los Andes.

El trabajo con las organizaciones y las familias campesinas, permitió a estos programas validar metodologías innovadoras y eficaces de planificación y evaluación participativa y tecnologías productivas y amigables de agricultura, silvicultura y manejo de pastizales. También hicieron avances importantes en temas de conservación del páramo, la protección de la biodiversidad e instalación de empresas comunitarias y familiares generadoras de ingresos monetarios. Implementaron estas actividades a través de una mirada de género. En este sentido, uno de los mayores logros fue la inclusión de las mujeres campesinas en la planificación y ejecución de programas de desarrollo ambiental, tratándolas como socias con iguales derechos y acceso a los beneficios logrados. Sobre todo, ellas se destacaron en la producción y venta de variedad de productos naturales, por tener talento organizativo y un especial manejo presupuestario.

Estas experiencias diversas, pero con objetivos y estrategias de empoderamiento similares, permiten al autor agrupar los programas bajo un título único: Programas de Desarrollo Ambiental Participativo (PDAP). Inicialmente, los programas se trabajaron a través de institucionales nacionales ambientales públicas, a fin de establecer proyectos piloto de PDAP en el campo. Basándose en los éxitos de

los proyectos piloto, luego se emprendieron acciones dirigidas a reforzar las capacidades de las organizaciones locales, tales como corporaciones de desarrollo regional, municipios, ONGs y comités de desarrollo comunitario, a fin expandir los PDAP en toda la región. Experimentaron con una serie de estrategias de reforzamiento institucional. Algunos programas se centraron en la formación de agentes de desarrollo, mientras que otros hicieron hincapié en la modificación de los planes de desarrollo, normas y reglamentos institucionales para ser más participativos y ecológicos. Otros ayudaron a las organizaciones locales a ejecutar campañas de sensibilización ambiental, programas de extensión participativa y ensayos investigativos de distintos sistemas productivos como las plantaciones forestales, la agroforestería y los huertos familiares.

Motivadas por estos éxitos, muchas instituciones locales ya tienen unidades o programas ambientales propios. Sin embargo, éstos se enfrentan a muchos obstáculos, incluyendo los siguientes: 1) el paternalismo, política que mina el objetivo básico de desarrollo participativo, es decir el empoderamiento; 2) el debilitamiento de la organización comunitaria tradicional a causa de la migración de los varones y mujeres del campo en busca de empleo; 3) la desconfianza de las organizaciones comunitarias campesinas y las familias de los agricultores andinos, producto de los malos tratos recibidos en siglos pasados; 4) la proliferación de prácticas agrícolas y forestales tradicionales ecológicamente hostiles; 5) los bajos ingresos de las familias campesinas debido a la falta de prácticas productivas eficientes, provocado por la falta de sistemas de extensión y capacitación campesina eficaces; 6) el desconocimiento de los mercados y la proliferación de procedimientos de comercialización desleales; 7) la corrupción institucional, la lucha interinstitucional y la implementación de proyectos de infraestructura y minería dañinos al ambiente y 8) la desigualdad de género, el crimen y la violencia.

Audiencia y Objetivo

Este documento está dirigido a estudiantes, jóvenes profesionales y otros futuros agentes de desarrollo. Explica lo que ellos pueden hacer para ayudar a las instituciones locales a superar los actuales obstáculos y llevar a cabo PDAP de alto impacto. Preguntas importantes que se abordan en este ensayo son: ¿Cómo pueden las instituciones locales cultivar relaciones positivas con los agricultores? ¿Cómo pueden mejorar la ejecución de las actuales campañas de sensibilización y programas de extensión participativa? ¿Cómo se debe entender participación? ¿Qué metodologías sociales pueden reforzar la organización comunitaria y aumentar en cantidad y calidad la participación de hombres y mujeres de la comunidad en la planificación y ejecución de las actividades de desarrollo ambiental? ¿Qué puede hacerse para reducir la brecha de género? “¿Cuáles son algunas “buenas prácticas” de manejo de los recursos naturales aplicables a los Andes? ¿Qué es lo que las instituciones locales necesitan saber acerca de la promoción de las empresas comunitarias? ¿Cuáles son las

estrategias de implementación que las instituciones locales pueden aplicar para mejorar la eficiencia y eficacia de sus PDAP? ¿Qué se puede hacer para mitigar situaciones difíciles que se enfrentan con frecuencia en los programas de desarrollo en los Andes como el paternalismo, la lucha interinstitucional, la corrupción y la violencia?

Las recomendaciones dadas en este ensayo se basan principalmente en información generada por cuatro programas ambientales realizados en las últimas cuatro décadas. Estos programas se destacaron en el cumplimiento de sus objetivos de desarrollo y la sistematización de experiencias vividas y lecciones aprendidas. Estos son: 1) Desarrollo Forestal Comunitario en los Andes (DFC) (FAO / Países Bajos y los gobiernos de Perú Ecuador, Colombia, Bolivia, Chile y Argentina) (Kenny-Jordan et al., 2002), 2) Gestión de los Ecosistemas Forestales en los Andes (ECOBONA) (SDC / INTERCOOPERACIÓN) y los gobiernos de Bolivia, Ecuador y Perú (Van Dam, 2011), 3) Conservación de la Biodiversidad del Páramo de los Andes del Norte y Centro (PPA) (GEF / UNEP / CONDESAN y los gobiernos de Perú y Ecuador (Kenny-Jordan y Quintero, 2012), y 4) Proyecto de Silvicultura Comunitaria de Potosí, Bolivia, (FAO, Gobierno de los Países Bajos, Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Bolivia) (Oltheten, 1999).

Sugerencias dadas en este documento son de carácter general. Para ser eficaces, tales sugerencias deben ser adaptadas según las variadas condiciones sociales que prevalecen en la cadena andina. Por ejemplo, hay áreas donde la migración de hombres, mujeres y jóvenes a las grandes ciudades o los países en desarrollo ha debilitado las estructuras tradicionales. De no contar con una estructura política que representen a las masas, se hace necesario en estas comunidades priorizar los trabajos de desarrollo con la familia campesina, o lo que queda de ésta.

Por otro lado, hay áreas de los Andes en donde las estructuras culturales tradicionales sí se mantienen, como por ejemplo en las comunidades Kichwas de los Otavalos y Saraguros del Ecuador, las comunidades Quechuas y Huari del Perú y las comunidades Aymaras de Bolivia y Chile. Con estas etnias es posible hacer una planificación comunitaria, cuya implementación será respaldada por dirigentes, asambleas y comités de trabajo tradicionales que sí representan a las masas.

La Atención a los Agricultores

En la sociedad andina, las montañas, los ríos, las praderas, las piedras, las plantas, el sol, la luna y las estrellas son seres vivos representados por la Pachamama (ver Figura 2). Ellos lloran, hablan, aman, se irritan, sienten dolor, demandan servicios e interactúan entre sí, así como con los habitantes humanos. Aunque existe una diversidad de creencias, mitos y costumbres entre las etnias, por lo general la vida de los agricultores andinos se basa en esta visión cósmica. Los programas de gestión ambiental que respeten este hecho tendrán mayor probabilidad de éxito.



Figura 2. La Pachamama, símbolo andino de la tierra.

A continuación, se enumeran 15 lecciones generadas por los programas pasados de gestión ambiental que pueden ayudar a los nuevos agentes de desarrollo a entablar conversaciones y relaciones productivas con los agricultores andinos (ver Figura 3).



Figura 3. El intercambio de conocimiento reduce los riesgos.

1) **Ser transparente.** Los agricultores andinos por lo general, son gente escéptica. La verdad es que han sido engañados y les han mentado durante siglos como parte del proceso de conquista colonial y republicana sobre sus territorios. Los agentes de desarrollo no deben prometer cosas que no puedan cumplir. Se debe indicar con claridad lo que se puede hacer y lo que

no se puede hacer. Se debe cumplir lo prometido, siempre, sin excusa alguna.

- 2) **Trabajar a través de las organizaciones tradicionales.** Es más productivo trabajar a través de las estructuras organizativas existentes (liderazgo comunitario, asambleas generales, grupos de vigilancia, comités de uso y distribución de agua y programas de trabajo específicos) que crear otras nuevas. Las nuevas estructuras tienden a confundir y dividir a las comunidades y a frenar su propio desarrollo.
- 3) **Respetar los valores y conocimientos tradicionales.** Respetar las lenguas nativas, las creencias, los valores tradicionales y los conocimientos locales de los agricultores andinos es fortalecer su identidad, su orgullo y creatividad. Tener siempre en cuenta que hay mucho que aprender del conocimiento ancestral de la comunidad. Al incorporar esta información en los planes de desarrollo, les ayudará a los agentes de desarrollo a reducir errores.
- 4) **Trabajar para solucionar las necesidades sentidas.** Los agricultores andinos no apoyarán programas de desarrollo que no se ocupen de sus necesidades. Necesidades comunes en la comunidad andina son el agua para consumo humano y el riego, la leña para calentarse y cocinar, la madera y otros materiales naturales para la construcción, los alimentos y hierbas medicinales y el trabajo que produzca ingresos monetarios para poder vestirse, educarse, curarse y recrearse de acuerdo a sus tradiciones y costumbres.
- 5) **Dar prioridad al agua. Sin agua no hay desarrollo,** como señala la familia campesina. Por su importancia, el agua es un elemento unificador del desarrollo. La oportunidad de juntar esfuerzos de las familias campesinas, las instituciones locales y las organizaciones nacionales alrededor del tema del agua, aumenta notablemente las posibilidades de éxito de los programas ambientales y del desarrollo rural en general.
- 6) **Cuidado con ofrecer incentivos económicos.** Los incentivos financieros entregados por los gobiernos y algunas agencias de desarrollo no son sostenibles. Se deben usar éstos como complementos al desarrollo, cuidándose de no crear una dependencia alrededor de ellos. Programas de desarrollo que generan beneficios sociales, ambientales y económicos basados en la autogestión fomentan la creatividad y son, por lo general, más sostenibles que los programas que se basan en la repartición de regalos monetarios.
- 7) **Ser práctico y coherente. En el mundo de las familias campesinas,** el que ve cree. Buscar generar beneficios tangibles y a corto plazo. Asimismo, se debe promover la calidad de los productos sobre la cantidad. Un producto de calidad siempre tendrá

un mercado; por otro lado, al entregar un producto de mala calidad es la mejor forma de eliminar las posibilidades de su venta.

- 8) **No malgastar el tiempo de los agricultores.** Los agricultores son gente ocupada. Ellos invierten casi todo su tiempo disponible en la agricultura, la ganadería, el manejo de la casa y el cuidado de los niños y ancianos, dejando poco espacio para otras actividades. Sean directos. Vayan al grano. No pierdan tiempo en ejecutar actividades largas y tediosas de introducción, sensibilización, planificación u otras actividades preparatorias.
- 9) **Aprender haciendo. En lugar de cursos formales que se ofrecen a las familias agricultoras,** fuera de casa y durante largos periodos de tiempo, los agricultores prefieren con la práctica en su propia finca o granja. Aprender haciendo, es un método pedagógico que contribuye a mejorar las destrezas y habilidades de hombres y mujeres campesinos haciendo trabajos in situ, no en un local específico, en un aula o una escuela.
- 10) **Incorporar a las agricultoras.** Las mujeres son el soporte principal actual de la familia andina, dado el proceso migratorio de varones adultos y jóvenes. Promoviendo un proceso de inclusión, se debe preparar a las mujeres para ser líderes comunitarias, asegurando que reciban el apoyo que requieren para cumplir este nuevo rol. Como se mencionó, las mujeres campesinas tienen dones especiales para el manejo de pequeñas empresas comunitarias y familiares. Hay que aprovechar este talento al máximo.
- 11) **Investigar.** Rara vez existen soluciones fáciles para los problemas del desarrollo rural andino. Los programas de desarrollo exitosos promueven actividades de investigación en campo en el que los agentes de desarrollo ayudan a las mujeres y hombres agricultores a buscar soluciones prácticas a sus problemas de producción agrícola, pecuaria y forestal. Las capacidades de todas las familias campesinas para el desarrollo se fortalecerán a través la difusión e intercambio de estas pruebas prácticas.
- 12) **Realizar evaluaciones participativas periódicas.** Las familias andinas viven en un mundo dinámico. Los cambios en el clima, los mercados y las políticas de los gobiernos afectan rápidamente sus situaciones ambientales, económicas y sociales. La evaluación participativa es un proceso de aprendizaje. La información generada a través de la evaluación permanente de sus actividades ayudará a los agricultores y a los agentes de desarrollo en los procesos de toma de decisiones.
- 13) **Preparar líderes locales.** Capacitar a hombres y mujeres como líderes comunitarios en la preparación, aplicación y evaluación de las actividades de

desarrollo es esencial. Sólo cuando los líderes locales asumen las responsabilidades del desarrollo es cuando comienza una verdadera autogestión. A medida que los líderes se capacitan, el agente de desarrollo debe retirarse, retornado esporádicamente a fin de reforzar las actividades de desarrollo en procesos, si se estima necesario.

- 14) **Promover el intercambio de experiencias:** El intercambio es una transmisión de conocimiento entre los mismos campesinos que les permiten crear confianza y seguridad en su propuesta y en sí mismos. También fomenta la réplica de la experiencia exitosa a otras comunidades y regiones, quemando etapas de planificación e investigación ya realizadas.
- 15) **Ser paciente; cambiar toma tiempo.** Los agricultores andinos solo cambian cuando ven que sus esfuerzos producen resultados y beneficios innegables y convincentes. Dependiendo de la actividad promovida, se puede tomar 5 a 10 años para producir cambios reales en las actitudes y conducta de los hombres y mujeres agricultores andinos.

Para una mayor comprensión sobre los conceptos presentados, se dan las siguientes aclaraciones:

Para entender a profundidad los problemas y condiciones que enfrentan las familias de los agricultores andinos, los agentes de desarrollo deben experimentar su vida de primera mano. El contacto diario con los dirigentes y familias campesinas es una buena manera de obtener el conocimiento necesario para establecer relaciones productivas. Tratar de dirigir PDAP desde lejos, con sólo esporádicas visitas al campo, es una receta rápida para el fracaso.

También es importante recordar y reconocer que los hombres y las mujeres campesinos perciben y se benefician de los recursos naturales de manera diferente. Así que no importa lo que se haga (planificación, evaluación, investigación, formación, o producción), es siempre necesario incluir la perspectiva de género en toda actividad con el fin de asegurar que tanto los hombres como las mujeres compartan responsabilidades y beneficios de manera justa y equitativa.

Finalmente, para construir una relación buena y duradera con las familias de los agricultores andinos, es necesario que el agente de desarrollo reconozca que ambos están en iguales condiciones. Es decir, tal como las familias esperan recibir de los agentes los avances científicos, también los agentes deben reconocer, entender e incorporar los conocimientos organizativos y tecnológicos tradicionales de la comunidad. Para esto, es importante crear espacios para la participación de los amautas o sabios de la comunidad, ya que son ellos los depositarios de conocimientos, destrezas, habilidades y conocimiento ancestrales.

Reforzamiento Institucional

Reforzar la capacidad de las instituciones locales para la gestión de PDAP es una de las muchas responsabilidades de los agentes de desarrollo. A continuación, se presenta algunos trabajos que ellos pueden implementar para lograr este propósito.

Promover el desarrollo participativo. Empoderarse para ejercer la dirección, la administración y el control de su entorno natural mediante la formación de talentos y líderes es el gran anhelo de la mayoría de las comunidades de familias campesinas andinas y el objetivo principal de los PDAP. Las instituciones locales que entiendan así la participación e incorporan este objetivo en sus políticas recibirán el soporte de las comunidades andinas en su lucha para promover un desarrollo ambiental sostenible. Otros hechos que los agentes de desarrollo deben difundir entre las instituciones para promover el desarrollo participativo son: a) la experiencia nos enseña que la toma de decisiones a nivel local es tan importante como lo es en el plano nacional, b) como la democracia, la participación crea un ambiente donde hombres y mujeres agricultores pueden identificar y responder a sus necesidades de manera más eficaz y, c) el desarrollo participativo asegura una planificación en base a la demanda local, por lo tanto recibe el apoyo y las aportaciones de la población objetivo.

Crear un programa de sensibilización ambiental. Los programas de sensibilización que abordan un problema específico y se dirigen a un grupo de personas que se encuentran en una posición para hacer frente a este problema son más eficaces que los que tratan de hacerlo todo. El problema ambiental más grave que se enfrenta hoy en día en los Andes es la destrucción de los ecosistemas de regulación del agua. Por tanto, es conveniente que las instituciones locales establezcan campañas de sensibilización en torno a este tema.

La mayoría de los agricultores andinos entienden que los bosques nativos, páramos, jalcas y humedales regulan los flujos y la calidad del agua; sin embargo, muchos implementan prácticas de silvicultura, agricultura y manejo de pastizales que dañan estos ecosistemas. Cuando se les pregunta por qué lo hacen, una gran mayoría contestan así: “Sí, sabemos que estamos haciendo daño a nuestras tierras y estamos listos para cambiar, pero no sabemos exactamente qué hacer”. Los programas de sensibilización deben tener como objetivo principal ayudar a los agricultores andinos a identificar y establecer ensayos demostrativos productivos (tradicionales o modernos) amigables al ambiente.

Promover la planificación participativa. La planificación participativa es un proceso donde todos aprenden. Si se hace correctamente, ayudará a establecer la confianza y el respeto entre las partes. Dos metodologías de planificación que son de particular importancia para los Andes se resumen a continuación:

Análisis Rural Rápido (ARR): De acuerdo con la FAO, el ARR debe gran parte de su desarrollo temprano al programa de Investigación de Sistemas Agrícolas y Extensión promovida por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). Esta metodología crea una conexión entre los estudios científicos formales y métodos de investigación no estructurados como son las entrevistas, grupos focales y momentos de observación. El ARR apoya la participación directa de las organizaciones comunitarias y familias campesinas en la identificación de sus necesidades, los desafíos u obstáculos al desarrollo y las actividades de desarrollo necesarios para avanzar. Con esta metodología hombres y mujeres agricultores se convierten en los principales investigadores y analistas. En conversación con los miembros comunitarios, los líderes de la comunidad recogen información, analizan datos, determinan las necesidades, establecen las actividades prioritarias. Luego se forman comités trabajo, según los hallazgos. El Estudio de Caso 1 explica cómo las mujeres de la comunidad de Chaguar Sisa identificaron sus problemas mediante a la aplicación de un ARR.

Estudio de Caso 1: Formulación de un plan de desarrollo de la comunidad.

Chaguar Sisa es una organización de mujeres de la comunidad de Pesillo, en la provincia de Pichincha, Ecuador. Ellas cosechan, empaquetan y venden alcaparras, flores sin abrir de la planta de Penco, en escabeche. Como las cosas no marchaban bien, en 1997 las mujeres de Chaguar Sisa decidieron aplicar un ARR en el que se identificaron una serie de problemas: 1) Ellas no eran dueñas de los pencos, y muchas veces los reales propietarios se opusieron a que ellas cosecharan las flores. 2) Ellas no pueden cultivar los pencos porque sólo tienen tierras erosionadas. 3) Para lograr un producto de alta calidad, las flores tenían que ser recogidas en el momento justo de desarrollo. 4) Cada miembro tenía que hacer su propio viaje para vender su producto en los restaurantes y supermercados. 5) La mayor parte de las ganancias fueron para pagar préstamos de alto interés que utilizaron para comprar insumos (envases, vinagre, etc.) 6) El grupo no tenía ningún registro legal. 7) La presentación de sus productos no fue nada atractiva. 8) No habían obtenido el permiso sanitario necesario para vender sus productos y 9) Por último, los miembros del grupo no se comunican bien entre si y ocasionalmente había peleas. En 1998, en base a su diagnóstico, agentes de desarrollo (extensionistas) de la municipalidad ayudaron al grupo a elaborar un plan de negocio mediante la aplicación la metodología Planificación Andina Comunitaria en la cual buscaron solucionar cada uno de los problemas registrados en el ARR.

Planificación Andina Comunitaria (PAC). Esta metodología tiene como objetivo reforzar la autonomía de las organizaciones comunitarias y las familias campesinas ayudándoles a planificar, diseñar, gestionar y evaluar proyectos de desarrollo comunitario como se muestra en la Figura 4. El Proyecto de Desarrollo Forestal Comunitario (DFC) introdujo por primera vez el (PAC) en 1984. Fue mejorado y difundido por COMUNIDEC (una ONG ecuatoriana) algunos años más tarde. La metodología de PAC estimula la reflexión sistemática por parte de hombres y mujeres agricultores sobre los problemas de desarrollo

de la comunidad y la familia campesina y estimula la formulación de soluciones consensuadas. Su producto final es un plan de trabajo comunitario de desarrollo en el que se visibilizan las necesidades de hombres y mujeres de la comunidad. En el plan se priorizan las actividades para lograr niveles de satisfacción en unos y otras de acuerdo a los beneficios previstos. Las instituciones estatales, internacionales y las ONGs pueden tener un rol de soporte en la ejecución de los planes, pero no un papel central.



Figura 4. La planificación participativa crea compromiso.

Promover las Buenas Prácticas

En su trabajo “Agroforestry in the Andes”, David Ocaña explica que usar como punto de partida las prácticas tradicionales de los agricultores andinos ayuda a los agentes de desarrollo a ahorrar tiempo en la formulación y aplicación de nuevas prácticas más eficientes y eficaces. Aunque muchos conocimientos tradicionales se han perdido, los programas anteriores han sido capaces de recuperar mucha información y desarrollar prácticas que efectivamente les ayudan a las familias andinas a satisfacer necesidades sentidas. Esto comienza con el uso de las especies nativas de árboles y arbustos para proteger los cultivos de las heladas, los vientos y la sequía. Plantar *Polylepis* spp. (Quenua y Quinual) y *Buddleia* spp. (Colle y Quishuar) (ver Figura 5) no sólo permite a los agricultores aumentar la producción de papas y otros tubérculos, sino también facilita la expansión de importantes cultivos de verduras como cebollas, ocas, coles y hierbas medicinales esenciales como son el orégano, el cedrón, la valeriana y la salvia (Ocaña, 1990).

La FAO define una “buena práctica” como una práctica que ha demostrado funcionar bien y producir resultados positivos, por lo que se recomienda como modelo. Es una experiencia exitosa, eficaz, sensible al género, económicamente y ambientalmente sostenible, técnicamente factible e inherentemente participativa, se adapta al cambio climático y merece ser compartida para que un mayor número de personas pueda beneficiarse de ella. No importa cuán buena sea la práctica, ésta debe ser revalidada en cada sitio de trabajo específico antes de su expansión. Esto, por supuesto, se debe a las variaciones sociales, ecológicas y económicas de las comunidades y



Figura 5. Terrazas de lenta formación con especies nativas.

los sitios individuales a través de los Andes (FAO, 2014). El Estudio de Caso 2 muestra una práctica con tales características.

Estudio de Caso 2: La importancia económica de la tara.

La semilla de la Tara se exporta desde Perú a China, Estados Unidos, Japón, Suiza, Francia, Taiwán y Brasil. Las exportaciones promedio para el período de 1990 a 1993 fueron 4,967 toneladas / año. Esto representó ingresos de US\$ 3.63 millones. Después de obras de raleo, la densidad final de una plantación de Tara es aproximadamente 400 plantas / ha. Al cuarto año, se produce 40 kg de frutos por planta, cuatro veces al año, dando una producción total de 64,000 kg de frutos por año por ha, aproximadamente. La producción continúa durante al menos 60 años, y, a veces de hasta 85 años. En el mercado peruano el precio medio de Tara es US\$ 0.22 / kg, pero para Tara de exportación el precio es US\$ 1.3 / kg. Si los 64,000 kg se vendieran al precio de exportación, se produciría una venta bruta de US\$ 83,200 / ha / año. Por desgracia, los campesinos no han logrado hacer exportaciones. Sin embargo, una familia campesina que tenía una hectárea de Tara en producción puede recibir un ingreso anual de US\$ 3,328, o el equivalente a un ingreso mensual de US\$ 277 / mes. Aunque esto no es una suma enorme, pone a los agricultores que cultivan Tara por encima de la línea de pobreza promedio del país.

No importa cuán buena sea la práctica, ésta debe ser revalidada en cada sitio de trabajo específico antes de su expansión. Esto, por supuesto, se debe a las variaciones sociales, ecológicas y económicas de las comunidades y los sitios individuales a través de los Andes.

Aplicar la Investigación-Acción Participativa. Revalidar las buenas prácticas in situ es tarea de la investigación-acción participativa. Esta metodología fusiona la información científica con los conocimientos tradicionales, con el fin de resolver problemas antes que sea demasiado tarde. Todas las partes (agricultores, agentes de desarrollo y científicos) se beneficiarán de este proceso de investigación, ya que permite a las partes cuestionar y repensar situaciones y estrategias preestablecidas, según la realidad. Es un proceso exigente que obliga que las partes interactúen para tomar decisiones. Al mismo tiempo, permite desarrollar un entendimiento mutuo, lo cual fomenta un desarrollo de armonía (Bergold y Thomas, 2012). Finalmente ayuda a las familias campesinas a

sistematizar sus experiencias, facilitando así la difusión de la información generada dentro y fuera de la comunidad. Por ejemplo, debido a los trabajos investigativos de las comunidades andinas de los últimos años, ya sabemos que, además de delimitar territorios, controlar el paso del ganado y proveer leña, alimentos y materiales de construcción, los “cercos vivos” también pueden proteger los cultivos de las heladas, los vientos fuertes, las sequías y ciertas plagas y enfermedades.

Promover las pequeñas empresas comunitarias y familiares. Siempre que sea posible, los planes de desarrollo de la comunidad deben considerar la inclusión de pequeñas empresas comerciales. Algunos ejemplos de empresas comunitarias amigables con el ambiente que se están desarrollando en las comunidades andinas hoy en día son: turismo rural, viveros forestales, huertos familiares, aceites esenciales, hongos secos, muebles de bambú, tabla de madera (ver Figura 6), semillas de tara, hierbas medicinales, tés, mermeladas y néctares.



Figura 6. Empresa comunitaria de tablas de pino.

Muchas veces se necesita capital para iniciar una empresa comunitaria. Se puede obtener capital de arranque a través de muchas fuentes; por ejemplo, sindicatos de agricultores, la comunidad misma, los bancos, programas de microfinanzas, las municipalidades, proyectos de desarrollo, ONGs y empresas privadas. Para poder negociar préstamos o donaciones, el agente de desarrollo debe ayudar a la comunidad a formular un plan de negocio. Este plan debe mostrar con claridad la rentabilidad económica esperada de la empresa propuesta. En este sentido, es importante entender que es más fácil promocionar un producto que es conocido y solicitado en el área de trabajo que iniciar la producción de un nuevo producto desconocido para el público.

Pero, si se decide promover un nuevo producto, se requiere incluir en su plan de negocio una buena estrategia de promoción o de marketing. Aquí es importante reconocer que el mercado hace nexo con su producción y es el mejor mecanismo de sostenibilidad para la propuesta. Sin mercado no hay empresa.

Establecer un fondo de agua. Se establece un fondo de agua para cubrir gastos inherentes a la construcción y el mantenimiento de los sistemas de agua potable y de riego, a fin de hacer más grata y productiva la vida (ver Figura 7). He aquí un ejemplo del fondo de agua exitoso, establecido en Colombia, recientemente.



Figura 7. Elemento principal de la vida.

San Vicente de Chucurí (12,000 habitantes) está aproximadamente a tres horas en coche de la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Ciento veinticinco agricultores firmaron acuerdos con la Fundación Naturaleza de Colombia para proteger aproximadamente 720 hectáreas de bosque nativo y praderas, mediante la reducción del pastoreo y evitando que su ganado dañe las riberas de las quebradas y los humedales de alta vulnerabilidad. A cambio, la Fundación da asistencia técnica a los agricultores firmantes para mejorar sus pasturas de las tierras bajas, establecer huertos familiares y manejar sus plantaciones forestales y de cacao. La Fundación también concede a los agricultores firmantes herramientas, fertilizantes, semillas y otros materiales que se necesitan para realizar estas tareas.

En colaboración con el programa de agua del municipio, se estableció un fondo especial del agua. El fondo se nutre de donaciones y con un porcentaje pequeño de la planilla de agua que el municipio cobra mensualmente a todo usuario urbano. Además de cubrir ciertos costos administrativos de la Fundación Naturaleza, este fondo también paga el costo de los materiales que la Fundación da a los agricultores. Basándose en la puesta en marcha de políticas municipales más solidarias que son firmemente controladas por el

Consejo Municipal, la sostenibilidad de este fondo parece estar en tierra firme. Así mismo, los agricultores informan que la asistencia y los materiales que han recibido de la Fundación les ayudaron a aumentar sus ingresos. También están orgullosos del hecho que contribuyen a la mejora de la calidad del agua para todos, sin embargo, lamentan que los habitantes de las comunidades ubicadas río abajo, que también se benefician de sus esfuerzos, no contribuyen al fondo de agua como es debido (Kenny-Jordan, 2010).

Compatibilizar las políticas de desarrollo. Hay un gran divorcio entre las políticas de desarrollo de las instituciones locales y de las comunidades campesinas. Mientras las instituciones hablan prioritariamente de crear infraestructura, manejar proyectos productivos y/o promover grandes programas de conservación de los recursos naturales, las comunidades hacen grandes esfuerzos para fortalecer su capacidad de gestión del desarrollo con la celebración de asamblea, la organización de grupos de trabajo, la realización de mingas y la formación de líderes. Organizando reuniones entre líderes rurales y dirigentes institucionales para discutir y elaborar políticas más compatibles es una tarea importante del agente de desarrollo. Por desgracia, muchos agricultores creen que el desarrollo de las políticas sólo tiene lugar entre los burócratas, políticos y miembros influyentes de la sociedad. Para modificar este pensamiento, el agente de desarrollo debe primero ayudar a las familias de los agricultores a comprender cómo las políticas equivocadas pueden afectar a sus vidas, sus comunidades y su entorno ambiental.

Implementación de PDAP

En esta sección, se presenta algunas estrategias validadas por los programas pasados que los agentes de desarrollo pueden promover para que instituciones locales incrementen el impacto de sus PDAP.

La formación de equipos. Es extremadamente importante que las instituciones locales logren constituir equipos multidisciplinarios de hombres y mujeres apasionados con la causa del desarrollo rural-ambiental. Aquí hay algunos consejos que permitirán formar un equipo capaz y tenaz.

Tener mucho cuidado en la selección del líder del equipo, aplicando criterios de selección como los siguientes: Los buenos líderes son respetuosos, justos, influyentes, delegan autoridad y facilitan las comunicaciones. Los buenos líderes desafían a su equipo para resolver problemas como un equipo, no individualmente. Los buenos líderes de equipo fomentan actitudes positivas, el pensamiento crítico y escuchan a su gente cuando tienen una idea o comentario. Los buenos líderes no abandonan a ningún miembro del equipo, y siempre acentúan los méritos personales e individuales. Los buenos líderes aceptan comentarios constructivos y toman acciones concretas para enmendar desvíos. Finalmente, los buenos líderes alientan y organizan una capacitación continua de todo su equipo.

Construir un equipo compuesto por hombres y mujeres de distintas disciplinas y estratos sociales enriquece la capacidad del equipo para entender la problemática y resolver problemas. Felizmente y gracias a los programas pasados ya existe un amplio número de profesionales, extensionistas y líderes campesinos capacitados en el desarrollo participativo ambiental andino. Como es lógico, la contratación de personas ya formadas mejorará en gran medida las posibilidades de éxito, acortando tiempo en los procesos de desarrollo. Desafortunadamente, esto es a veces difícil de lograr en los Andes. Debido a presiones políticas, reglas administrativas anticuadas, y a restricciones presupuestarias, muchas veces las instituciones locales se ven obligadas a incorporar empleados no apropiados. En cuanto a los PDAP, tales personas deben pasar por un periodo de entrenamiento intensivo antes de ser enviados al campo. Es preferible que los candidatos que no muestran empatía y capacidades para trabajar con hombres y mujeres de las familias de agricultores abandonen el programa por iniciativa propia. Los que no toman esta decisión deben ser retirados, ya que de otra forma pueden hacer más daño que bien al programa.

Selección y preparación de los agentes de desarrollo. Como se ha visto, el trabajo principal de los agentes de desarrollo es ayudar a hombres y mujeres de las familias campesinas de todas las edades, a analizar, diseñar, implementar y evaluar planes de acción ambiental comunitarios y/o familiares. Teniendo en cuenta las enseñanzas indicadas en la Sección III, los buenos agentes de desarrollo no saturan a los agricultores con propuestas tecnológicas de difícil comprensión. Los buenos agentes de desarrollo ayudan a la organización comunitaria y a las familias campesinas a resolver los problemas que se produzcan, mediante la reconsideración de los procesos, proponiendo nuevas o mejoradas alternativas y estrategias de gestión. Para mayor comprensión de sus mensajes, los buenos agentes de desarrollo utilizan folletos, rotafolios, proyectores y videos, respetando las lenguas nativas. También enriquecen sus acciones de capacitación utilizando materiales reales como esquejes, plantas, fertilizantes y herramientas de tradición local como el Nivel A. Toda información presentada al momento de la capacitación debe ser siempre validada en campo antes de su uso masivo. Asimismo, toda acción de capacitación debe hacerse en campo, al fin de afrontar situaciones y problemas reales e inmediatos.

Muchas veces las familias de los agricultores andinos compiten por los recursos naturales. A menudo este proceso produce conflictos. Los buenos agentes de desarrollo ayudan a reforzar las capacidades de las comunidades para la resolución de tales conflictos. Esto se logra trayendo los conflictos a la luz, haciéndolos más fáciles de entender, lo que facilita la negociación de los problemas a través de un diálogo constructivo (Flores et al., 1994).

Incorporación de los líderes locales. La reposición de los agentes de desarrollo con líderes locales debe ser una meta de cualquier programa de desarrollo rural. La

preparación y capacitación de líderes locales, mediante los programas de extensión participativa conducidos por las instituciones locales, es promovida con este fin. Generalmente no se paga a los líderes campesinos por sus servicios como promotores del desarrollo. En la mayoría de estos casos, la comunidad reconocerá el trabajo de los líderes locales como una contribución especial, y, a menudo, compensan a estos líderes con tiempo libre de otros programas y trabajos comunales. Si este no es el caso, las instituciones locales deben encontrar formas de retribuir a los líderes que participan en sus programas, ya que este trabajo le reduce el tiempo que él o ella puede dedicar a sus trabajos productivos o el cuidado de la familia. A menudo la preparación de líderes tiene resultados no esperados, como se explica en el Estudio de Caso 3.

Estudio de Caso 3: Formación produce un resultado inesperado.

La formación de líderes no sólo produce promotores de desarrollo. Cornelio Orbes y Magdalena Fierrez, por ejemplo, vinieron de la comunidad indígena de Cercado, en la provincia de Imbabura, Ecuador. Ellos fueron nombrados promotores comunitarios en marzo de 1995, después de que yo, como director del Proyecto de Desarrollo Comunitario Forestal en los Andes de Ecuador, firmé un acuerdo de colaboración con la Unión de Organizaciones Campesinas de Cotacachi. Debido a su conocimiento técnico, su sensibilidad, su honestidad y su compromiso, en menos de tres años Orbes y Magdalena se habían convertido en vicepresidente y presidente de la Unión Cornelio. Su formación como promotores les dio oportunidades para asumir un liderazgo en su comunidad. Esta situación no es un caso aislado. Ocurrencias similares son comunes en muchas otras partes de los Andes. Además de los líderes de la comunidad, he encontrado promotores capacitados en proyectos que ocupan otras posiciones importantes, tales como alcaldes, directores de proyectos y jefes de las entidades comerciales.

Aplicación de principios de la gestión de riesgos.

Las familias de los agricultores andinos están expuestas a muchos riesgos: disturbios políticos, instituciones débiles, conflictos sobre tenencia de la tierra o el agua, violencia, cambio climático, enfermedades y el vaivén de los precios de sus productos. Los agentes de desarrollo pueden apoyar a los agricultores a mejorar sus habilidades de gestión de riesgos, ayudándoles obtener de información fiable. Hay muchas fuentes de información en los Andes: otros agricultores y sus organizaciones, medios de difusión de noticias y de clima, instituciones públicas de investigación y de desarrollo, proyectos nacionales e internacionales de desarrollo y las ONG. No sólo se debe asesorar a los agricultores en cuanto a dónde se puede encontrar la mejor información, sino también los agentes de desarrollo deben ayudar a los agricultores a compilar e interpretar esta información, a fin de mejorar sus procesos de toma de decisiones.

Los agricultores afrontan muchos riesgos. Estos incluyen el financiamiento de sus proyectos y la producción, protección y comercialización de sus productos. También deben cuidarse siempre de mantener relaciones productivas

con sus organizaciones comunitarias y otras entidades o instituciones afines a su desarrollo. Considerando su situación personal, muchas veces los agricultores deben aplicar una combinación de acciones preventivas y correctivas de riesgos. Aquí es importante entender que gestionar riesgos tiene un precio. Tal precio puede ser relacionado con un costo directo, tal como la compra de un fertilizante, o un costo indirecto, o tener menos tiempo para solucionar problemas de la granja, la familia o la comunidad. Un buen agente de desarrollo ayudará a los agricultores andinos a encontrar un punto de equilibrio entre la gestión de riesgos y su precio, a fin de maximizar los beneficios logrados (Kahan, 2008).

Incentivar la colaboración. Existen muchas fuentes de colaboración posibles como son las instituciones públicas de desarrollo, los proyectos nacionales e internacionales ambientales, los bancos y otras entidades financieras y los proyectos de infraestructura. Prácticamente todas las entidades nombradas necesitan el apoyo de la organización comunitaria y las familias campesinas para cumplir sus metas en los Andes. El papel de los agentes de desarrollo es asegurar que se logren negociar convenios justos y beneficiosos para las organizaciones comunitarias y sus familias.

Para mayor seguridad, todo acuerdo de colaboración debe ser plasmado por escrito en un convenio. “Ganar-ganar” es la estrategia de negociación que facilita la elaboración de convenios donde todo participante gana. Al aplicar esta estrategia, los agentes de desarrollo deben seguir ciertas reglas: a) Saber exactamente lo que se quiere lograr para la comunidad; no tener una clara comprensión de los resultados buscados solo conducirá al fracaso. b) Comprender las metas y objetivos de todos los demás actores; conocer lo que los socios potenciales necesitan, permitirá determinar lo que ellos están dispuestos a pagar para conseguirlo. c) No se busca derrotar al otro, sino convencerle de que su propuesta es lo más racional y beneficioso para todos los involucrados. d) No temer alejarse de la mesa de negociación; es decir, no se debe sacrificar los objetivos en forma fácil, ni rápida. Dejar la mesa de negociaciones no significa quemar puentes. Recuerde, siempre se puede volver a la mesa de negociación más adelante. Para esto, muchas veces más importante que lograr un acuerdo a medias, es cultivar buenas relaciones con el potencial socio, a fin de asegurar negociaciones futuras (Shapiro, Jankowski y Dale, 1998).

Escalar actividades a nivel de las cuencas. Lograr un manejo integral de cuencas debe ser la visión a largo plazo de todo PDAP (ver Figura 8). Sin embargo, no es fácil de alcanzar esta meta. Requiere recursos, tiempo y la participación decidida de todos los actores de la cuenca, directos e indirectos. Se anuncian a continuación algunos componentes claves de los programas de manejo integral de cuencas que todo agente de desarrollo debe manejar:

1. Una base sólida de conocimiento de la cuenca hídrica y de las fuerzas socioeconómicas que la influyen.



Figura 8. El manejo de la cuenca inicia en la cabecera.

2. Una visión de largo plazo para la cuenca, consensuada entre todos los actores, plasmado en de un plan estratégico de manejo de la cuenca que además de actividades, resultados y presupuesto, señala también roles y responsabilidades.
3. Formación de un comité de gestión del plan estratégico, compuesto por representantes con voz y voto de los distintos sectores: gobiernos, industrias privadas, ONGs, entidades religiosas, agricultura, ganadería, comunidades rurales, asentamientos urbanos, municipios, entre otros.
4. Asistencia técnica y financiera de los actores más pobres en los procesos de planificación, toma de decisiones y ejecución del plan estratégico.
5. Aplicación de “buenas prácticas” agrícolas, forestales y de conservación en base a especies nativas, como se explica en el Estudio de Caso 4.
6. Programas estatales o privados de investigación-acción que apoyen el desarrollo del plan estratégico.
7. Desarrollo de políticas, normas y presupuestos de los gobiernos locales y nacionales que apoyen la implementación del plan estratégico (Kenny-Jordan, 2014).

Monitoreo basado en resultados y evaluación. El fracaso de muchos proyectos de desarrollo para lograr resultados sostenibles es bien conocido en la Región Andina. El sistema de seguimiento y la evaluación basado en los resultados ya utilizados por muchas instituciones nacionales e internacionales de desarrollo ha sido diseñado para evitar estos fracasos. Es un cambio de entradas y salidas para centrarse en los productos de los programas, es decir resultados e impactos. Los resultados son los cambios provocados por el proceso de desarrollo que modifican el comportamiento de la población objetivo. Es decir, cuando las familias de agricultores usan productos generados por el programa de desarrollo que cambien su forma de hacer las cosas, se generan beneficios o resultados favorables. Un buen sistema de seguimiento y evaluación, basado en los resultados tendrá las siguientes características: a) una población objetivo claramente identificada, b) resultados acordados y monitoreados por todo los actores, c) indicadores claros y medibles, para cada resultado, d) sistema de recolección y ordenamiento de información confiable y eficaz, e) retroalimentación de los participantes y otros

Estudio de Caso 4: Una explicación “buenas prácticas” dada por un agricultor.

“Las tradiciones se han perdido. Durante la conquista, se nos enseñó a cortar árboles para los españoles. Durante las reformas agrarias, los agricultores no podían obtener préstamos si no se tenían que cortar sus árboles y arar sus tierras desnudas para el cultivo. Cuando los gobiernos iniciaron la promoción forestal, nos pagaron sólo para plantar pinos y eucaliptos. Tratamos de plantar estos árboles para proteger nuestros cultivos, pero produjeron demasiada sombra y se utiliza demasiada agua. Enseñamos a los promotores del gobierno que estas especies no eran muy compatibles con nuestras prácticas agrícolas y de cría de ganado, pero los promotores no nos escucharon. Algunos de nosotros mantuvieron nuestras prácticas agroforestales tradicionales, pero la gran mayoría de nosotros no lo hizo. Por lo tanto, nuestra tradición de utilizar especies de árboles nativos no se mantuvo y no se expandió. Los jóvenes saben muy poco de los sistemas agroforestales tradicionales. No se les enseñó. Pero entonces, algunos profesionales comenzaron a escuchar. Los veteranos enseñaron a los agentes de desarrollo jóvenes sobre los beneficios de algunos de nuestros bosques nativos y especies de árboles nativos. Ahora se están promoviendo nuevas adaptaciones de nuestras viejas prácticas productivas y de conservación, a fin de mejorarlos. Estos sistemas modificados se adaptan bien a nuestros suelos, el clima y las condiciones sociales de la comunidad. Ayudan a nuestra agricultura. Ellos ayudan a satisfacer algunas de nuestras necesidades de alimento, forraje, medicinas y materiales de artesanía. Estas prácticas también nos ayudan a conservar y mejorar el suelo, estabilizar los flujos de agua y proteger los cultivos”.

interesados sobre los problemas y avances y f) informes de avances señalando problemas, soluciones y lecciones aprendidas.

Cambiar de dirección según las lecciones generadas por la aplicación de un sistema de seguimiento y evaluación basado en los resultados se denomina gestión adaptativa. La gestión adaptativa es el proceso de aprender cómo funcionan las cosas, el seguimiento de los resultados, comparándolos con las expectativas y la modificación de las estrategias de gestión para lograr mejorar los impactos programados. En la gestión adaptativa se trata las propuestas (nuevas políticas, buenas prácticas y empresas comunitarias) como experimentos. Como se mencionó, se debe tener especial cuidado en el manejo de la información generada por estos experimentos. En primer lugar, es necesario determinar con precisión qué datos son necesarios. La recolección de datos que no son requeridos para medir avances, es una pérdida de esfuerzo y dinero. En segundo lugar, los datos deben ser organizados y analizados de manera tal de crear una experiencia de aprendizaje, siendo el propósito de esta experiencia educativa lograr una mejor comprensión de los problemas que enfrentan y desarrollar estrategias y actividades dirigidos a resolver tales problemas. Con el fin de resaltar la importancia de las acciones de seguimiento y evaluación basados en los resultados y los procedimientos de gestión adaptativa, se debe designar fondos presupuestarios especiales para sus aplicaciones.

Situaciones Difíciles

Los PDAP de las décadas pasadas no fueron diseñados para hacer frente a situaciones difíciles existentes en el ámbito andino, tales como el comportamiento irresponsable, las luchas internas institucionales, la minería irresponsable, el crimen y la violencia. A pesar de esto, a menudo estos programas encontraron maneras de hacer frente a estas situaciones. Aquí hay algunas lecciones aprendidas por éstos.

Las excusas son razones dadas por la gente para defender sus acciones improductivas. Más excusas, más tiempo perdido para el desarrollo. Se pueden reducir las excusas de la gente, mediante: a) una clarificación previa de los objetivos y responsabilidades compartidas, b) un reconocimiento previo de las fortalezas y debilidades personales, y c) entrenamiento y tutoría. Programas anteriores encontraron que esta última estrategia fue especialmente exitosa. Características de un buen tutor son la paciencia, el profesionalismo y el ser colaborador de igual a igual, flexible a situaciones cambiantes y un buen oyente dispuesto a compartir sus experiencias en campo.

Las luchas internas entre las instituciones locales están ampliamente extendidas en los Andes y tienen un efecto negativo en el desarrollo. Ser leal a los valores y las metas de los PDAP es una forma de hacer frente a estas luchas. Cuando las facciones en pugna ven que se preocupan más por ayudar a los pobres que generar favores o ganancias políticas o personales, normalmente tienden a apoyar o, al menos, a no entorpecer el programa.

Muchas comunidades tienen mecanismos de protección propia contra el robo de los cultivos, ganado y otros bienes. Los ladrones son castigados por la comunidad, de acuerdo con reglas tradicionales, muchas veces no escritas. A menos que se vulneren los derechos humanitarios básicos, los agentes de desarrollo no deben intervenir en este proceso. Sin embargo, los procedimientos son diferentes si se utilizan mal las contribuciones del programa. En este caso, los agentes de desarrollo deben reportar los robos o mal uso de los aportes del programa a las autoridades de la comunidad. En caso de que esta acción resulte ineficaz, en seguida se debe comunicar a las autoridades legales apropiadas.

No hay una solución mágica para prevenir la corrupción institucional. Al igual que con la mayoría de los problemas en el desarrollo, esta situación se debe combatir en muchos frentes al mismo tiempo. Algunas medidas adoptadas por los programas pasados del PDAP para luchar contra la corrupción institucional son: a) la aplicación de metodologías de la planificación seguimiento y evaluación participativas transparentes y ampliamente difundidas, b) el establecimiento de procedimientos administrativos y presupuestarios bajo el escrutinio de todas las partes interesadas, c) la rendición de cuentas por los líderes de la comunidad, los funcionarios y el personal del programa a los donantes y las instituciones participantes, y d) la

denuncia formal de los presuntos infractores para demostrar que no se tolera la impunidad.

Las mujeres son acosadas por la violencia y la discriminación en los Andes, como en el resto del mundo. Las medidas tomadas por los programas anteriores para evitar estas prácticas vergonzosas incluyen: a) proclamar y difundir los derechos de las mujeres a vivir en una sociedad libre de violencia y discriminación, b) la denuncia de actos violentos contra las mujeres con las autoridades correspondientes, c) la promoción de políticas, normas y reglamentos que protegen e incorporan a las agricultoras en el proceso de desarrollo, d) la inclusión de las agricultoras en los ejercicios de planificación y evaluación participativos, y e) la promoción de las mujeres como líderes comunitarias, especialmente en lo que refiere a la conducción de las huertas comunitarias y empresas agrícolas y forestales. Como se muestra en la Figura 9, el espíritu de superación de la mujer campesina andina es único.



Figura 9. El espíritu de la minga.

Insurgencias violentas han cobrado la vida de muchos agentes de desarrollo y agricultores andinos. Aunque la violencia se ha reducido hoy en día, los agentes de desarrollo deben permanecer vigilantes y aplicar estrategias apropiadas en caso que se sospeche de una situación de peligro. Aplicar un perfil bajo fue la estrategia utilizada por la mayoría de los programas anteriores para esquivarse de la violencia, muchas veces causadas por el crimen organizado o por los grupos radicales. Otras estrategias aplicadas por los programas anteriores para mantenerse a salvo incluyen: a) anticipar y anunciar a las autoridades responsables las posibles situaciones de peligro o de violencia, b) buscar refugio antes que sea demasiado tarde, pero si se encuentra atrapado, mantener la calma y comportarse como inofensivo, ser consciente de su entorno y alejarse cuando se pueda, c) si alejarse no es una opción, negociar. Ser amable y comprensible con el agresor.

Ofrecer a hacer lo que se le pida, incluso debe mentir si es necesario. En circunstancias extremas, el engaño es una herramienta perfectamente aceptable. En las zonas donde la violencia estaba fuera de control, por lo general los programas anteriores retiraron su personal. En los casos en que el plan era volver una vez controlada la situación, algunos programas reclutaron representantes locales para mantener el programa vivo durante su ausencia.

La relación de la minería y las comunidades está plagada de conflictos socioambientales, cuya esencia resulta de la lucha por el agua, las tierras agrícolas y los bosques nativos. Los actores se enfrentan por hechos vinculados a la escasez, el deterioro o la privación de estos recursos naturales. Los programas pasados se solidarizaron con las propuestas sensatas de entidades públicas nacionales e internacionales como son: 1) Los conflictos deben prevenirse, o anularse antes de que estallen, para evitar costos sociales, pérdidas económicas, financieras, bloqueo de carreteras y expansión territorial del conflicto social. 2) Atender inmediatamente los conflictos cuando están germinando, implica implementar mesas de diálogo o concertación, y 3) incorporar a la minería una visión de desarrollo rural ambiental, lo cual implica mucho diálogo con las empresas y el desarrollo y aplicación por parte del Estado de políticas, normas y reglamentos modernos. Los agentes de desarrollo pueden continuar su preparación para mejor entender la problemática minera revisando los muchos casos de estudio existentes (Calfucura et al., 2014)

Síntesis

Apoyándose en la metodología de teoría del cambio utilizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para la evaluación de sus proyectos, se presenta a continuación un marco institucional general de un programa tipo del PDAP (Figura 10). Además de las salidas (qué es lo que queremos hacer) y los resultados (cuáles son los cambios deseados en el comportamiento de la población objetivo), este diagrama detalla los estados intermedios, los conductores y los supuestos más asociados con los PDAP. Más específicamente, los estados intermedios representan las condiciones de transición entre los resultados de los programas y los impactos esperados, y son condiciones necesarias para la consecución de estos impactos. Los conductores son factores importantes que, si están presentes, contribuyen a la realización de los impactos esperados y puede ser influenciado por el programa, sus socios e interesados. Los supuestos son también factores importantes que, si están presentes, contribuyen a la realización de los impactos esperados, pero que son en gran medida fuera del control de las partes interesadas. Con base en el seguimiento y la evaluación de estos factores, debería ser posible reconocer cuándo el programa está produciendo cambios que conducen a impactos positivos y duraderos. Si éste no es el caso, se debe modificar los planes y estrategias de implementación del programa, es decir aplicar la gestión adaptativa (UNEP, 2014).



Figura 10. Marco institucional general de un programa tipo del PDP en los Andes.

Agradecimientos

Por su contribuciones y apoyo en la elaboración de este documento el autor quisiera agradecer a las siguientes colegas: Dolly Lizarraga, Kuychi-Runa, Organización privada para desarrollo sostenible de familias andinas, Lima, Perú; Dr. Philip G. Cannon, Regional Forest Pathologist; USDA Forest Service, Vallejo, California; Theo Oltheten, Senior Policy Officer Governance and Human Rights, Embassy of the Netherlands; Chris van Dam: Coordinador - Comunidades y Gobernanza Territorial, Proyecto AIME Forest Trends, Salta, Argentina; María E Quintero, Directora Ejecutiva, Sustainable Development Services, Quito, Ecuador; Ing. David Ocaña, Director de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña, Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) Huaraz, Perú; Ing. Segundo Fuentes, Director Regional del Ministerio del Ambiente del Ecuador, Ibarra, Ecuador; Ing. Marco Romero Pastor, Gerente de la Asociación Empresarial para el Desarrollo, Lima Perú; Patricio Antonio Crespo Coello, Consultor en desarrollo sostenible, Quito, Ecuador.

Referencias

- Bergold, J. y Thomas, S. (2012). Participatory Research Methods: A Methodological Approach in Motion. *Forum: Qualitative Social Research*, 13(1). Art. 30, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs1201302>.
- Calfucura, E., Martínez Ortiz, A., Sanborn, C. y Dammert B., J. L. (2014). *Las mejores (y peores) prácticas para la extracción de recursos naturales en América Latina; Tres países, 12 casos de estudio*. Americas Quarterly, Americas Society / Council of the Americas. <http://www.as-coa.org/sites/default/files/MiningSynthesisReport.pdf>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2014). *Good practices template*. <http://www.fao.org/docrep/019/as547e/as547e.pdf>
- Flores, G., Padilla, S., Stegeman, G., Arias, E. y Peltonen, J. (1994). *Manual del extensionista forestal andino*. Quito, Proyecto Regional FAO-Holanda, Desarrollo Participativo en los Andes. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/004583/info/pdf/manual1.pdf>
- Kahan, D. (2008). *Managing risk in farming*. Farm management extension guide 3. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Kenny-Jordan, C. B. (2010). Informe final: Inventario y Caracterización de Iniciativas Locales de Protección del Agua y Definición de Líneas de Acción para Impulsar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Secretaría Nacional del Agua. Quito, SENAGUA.
- Kenny-Jordan, C. B. (2014). Terminal evaluation of the UNEP GEF project “Communities for conservation: Safeguarding the world’s most threatened species (Andes region). United Nations Environment Program (UNEP) Evaluation office. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/333/Terminal_evaluation_of_the_UNEP_GEF_project_Communities_for_conservation_safeguarding_the_worlds_most_threatened_species_%28Andes_region%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kenny-Jordan, C. B., Hertz, C., Añasco, M. y Andrade, M. (1999). *Pioneering change: Community forestry in the Andean highlands (Natural resource management by rural communities in the highlands of Bolivia, Ecuador, Peru and Colombia)*. Quito, FAO.
- Kenny-Jordan, C. B. y Quintero, M. E. (2012). Informe de evaluación final de “Conservación de la Biodiversidad del Páramo en los Andes del Norte y Centrales (Proyecto Páramo Andino)” GFL-2328-2714-4900 (ID 1918). United Nations Environment Program (UNEP) Evaluation Office. <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/1091/retrieve>
- Ocaña V., D. (1990). Agroforestry in the Andes. file:///C:/Users/COREI7/Downloads/6-2-14%20(2).pdf
- Oltheten, T. M.P. (1999 [reprint of 1995]). *Participatory approaches to planning for community forestry: Results and lesson from case studies conducted in Asia, Africa and Latin America*. Forestry Department Working Paper 2, Forests, Trees and People Programme. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Shapiro, R. M., Jankowski, M. A. y Dale, J. (1998). *The power of nice: How to negotiate so everyone wins--especially you!* New York, John Wiley & Sons.
- UNEP (United Nations Environmental Program). (2014). Theory of Change (TOC). UNEP Evaluation Office. <http://web.unep.org/evaluation/working-us/theory-change-toc>
- Van Dam, C. (2011). *La gestión social como herramienta para la reducción de presiones a los ecosistemas forestales andinos*. Lima, ECOBONA/Intercooperation.

Políticas Públicas y Educación Rural en la Sierra del Perú: Identificando el Problema (1^{ra} Parte) - La Calidad del Sistema Educativo Peruano en el Área Rural Andina y Su Incidencia en los Ecosistemas de Montaña

Public Policies and Rural Education in the Highlands of Peru: Identifying the Problem (Part 1) – The Quality of the Peruvian Educational System in the Rural Andes and Its Incidence in Mountain Ecosystems

Antonio Guerrero Villar¹ y Rosa Paz Soldán Villarreal¹

¹*Investigadores independientes*

Resumen

El sistema educativo peruano, desde las últimas décadas, ha realizado diversos intentos (muy teóricos y desde el escritorio, inicialmente) por ofrecer una educación de calidad con equidad a todos los peruanos. En ese sentido, luego de discursos sobre teorías que nunca se efectivizaron en la práctica. Es desde la década del 2000 que se vienen emitiendo -en el marco de referencias y acuerdos internacionales y nacionales- políticas, leyes y normas educativas como la diversificación curricular, la inclusión y la interculturalidad, tendientes a viabilizar y realizar una visión común.² Sin embargo, al 2017, las brechas entre estas propuestas y la realidad persisten en la práctica pedagógica peruana, afectando e incidiendo en ese 25% de peruanos de la zona rural andina y amazónica especialmente caracterizada por su diversidad natural y cultural. A la fecha, aún se mantienen estilos de enseñanza basados en la escuela conductista y en metodologías memorísticas, librecas y repetitivas o impartiendo conocimientos ajenos a la cosmovisión y cultura de los estudiantes, creando confusión, desarraigo y desvalorización de su identidad. Además, se continúa aplicando un sistema de evaluación criterial muy incipiente cuyos resultados generan deserción escolar. Estos contrastes y desfases en los procesos educativos en zonas rurales del Perú enfrentan actualmente el gran reto de proponer una educación del siglo XXI que sea capaz de convertir al estudiante en un aprendiz permanente y un ciudadano informado.

En este incierto y poco claro panorama, para la familia rural (campesina), no es una buena inversión, ni social ni económica, enviar a sus hijos a la escuela, ya que esa inversión no retornará, haciéndolos aún más pobres. Por las características del ejercicio educativo en los ámbitos rurales antes mencionados, los jóvenes egresados de su medio son empujados hacia las ciudades, agudizando los conflictos. El sistema educativo bajo estas condiciones es un factor determinante en el proceso de migración del

campo a las ciudades, generando el literal “abandono del campo y sus prácticas ancestrales” que, aunado a iniciativas empresariales marcadamente extractivistas, afectan e impactan en los ecosistemas de montaña por el cambio de uso del suelo, la contaminación, la deforestación y la pérdida de recursos que convierten a esta zona en una aún más vulnerable ante los efectos del cambio climático.

Por su parte, el niño campesino ingresa a la escuela (al sistema educativo) con una enorme cantidad de saberes, llenos de afecto y emotividad, propios de las familias campesinas; pero en la escuela, todo este valioso conocimiento va perdiendo valor conforme se avanza de grado, a través de los cuales el niño y la niña se sienten descalificados y hasta denigrados en extremo, generando traumas imborrables en sus frágiles mentes. En consecuencia, lejos de estimular el aprendizaje activo y significativo, se lo reprime.

En esta primera parte, se trata de identificar adecuadamente el problema de la educación en el espacio rural peruano, pero especialmente en el de los ecosistemas de montaña, a partir de un seguimiento detenido de la situación educativa de la zona rural de la sierra desde la década de los 90, en lugares remotos de Amazonas, Ancash, Ayacucho, Cajamarca, Huancavelica, Junín, Lambayeque y Lima, entre otros, para luego, en una segunda entrega, proponer la construcción de alternativas de solución, viables y sostenibles.

Palabras clave: *Educación, aprendizaje, sistema educativo, pedagogía, formación integral, ecosistemas de montaña, sierra, espacio rural, campesino*

Abstract

Over the last decades, the Peruvian educational system has made several attempts (very theoretical and initially

²Ley General de Educación N° 28044, vigente desde el año 2003, tiene un espíritu inclusivo y el Proyecto Educativo Nacional al 2021 (PEN) aprobado por R.S. N° 01-07 ED, que tiene como objetivo estratégico 1: la equidad educativa y que se sustenta en la Política 12 del Acuerdo Nacional. La Política de Educación Intercultural y de Educación Bilingüe Intercultural (PEIEB), aprobada en 1991, y su Ley N° 27818, Ley para la Educación Bilingüe Intercultural. Ley N° 27558, Ley de Fomento de la Educación de Niñas y Adolescentes de Áreas Rurales. Plan Nacional de Educación para Todos, aprobado mediante Resolución Ministerial 0592-2005-ED del 23 de setiembre de 2005.

from the desk only) to offer a quality education with equity to all Peruvians. In this sense, after discussions on theories that were never implemented in practice. Just since the first decade of this century, policies, laws and educational norms, such as curricular diversification, inclusion and interculturality, have been issued within the framework of international and national references and agreements, tending to make feasible and realize a common vision. However, by 2017, the gaps between these proposals and reality persist in Peruvian pedagogical practice, affecting and impacting 25% of Peruvians in the Andean and Amazonian rural areas, especially characterized by their natural and cultural diversity. To date, teaching styles based on the behavioral school and on rote and repetitive methodologies, or imparting knowledge outside the students' worldview and culture, are still maintained, creating confusion, uprooting and devaluation of their identity. In addition, a very incipient criterion evaluation system continues to be applied, the results of which lead to school dropout. These contrasts and mismatches in educational processes in rural Peru now face the great challenge of proposing a 21st century education that is capable of making the student a permanent learner and an informed citizen.

In this uncertain and unclear scenario, it is not a good social or economic investment for the rural (peasant) family to send their children to school, as this investment will not return, making them even poorer. Due to the characteristics of the educational exercise in the aforementioned rural areas, the young graduates of this environment are pushed towards the cities, exacerbating the conflicts. The educational system under these conditions is a determining factor in the process of migration from the countryside to the cities, generating the literal "abandonment of the countryside and its ancestral practices" that, coupled with entrepreneurial initiatives that are strongly extractive, affect and impact on mountain ecosystems by land use change, pollution, deforestation and the loss of resources that make this area even more vulnerable to the effects of climate change.

On the other hand, the rural child enters the school (and the educational system) with an enormous amount of knowledge, full of affection and emotionality, characteristic of the farming families. But in school, all this valuable knowledge loses value as the child progresses through the grades, during which time the child feels disqualified and even denigrated to the extreme, generating indelible traumas in their fragile minds. Consequently, far from stimulating active and meaningful learning, learning is repressed.

This first part attempts to adequately identify the problem of education in the Peruvian rural area, but especially that of mountain ecosystems, based on a close monitoring of the educational situation of the rural area of the sierra since the decade of the 90s, in remote places of Amazonas, Ancash, Ayacucho, Cajamarca, Huancavelica, Junín, Lambayeque and Lima, among others, and then, in a second delivery, propose the construction of feasible and sustainable solution alternatives.

Keywords: *Education, learning, educational system, pedagogy, integral formation, mountain ecosystems, sierra, rural space, peasant*

Introducción

Esta es una reflexión en la perspectiva exploratoria de una propuesta para el mejoramiento de la calidad educativa³ de las poblaciones asentadas en los ecosistemas de montaña, nos referimos a la población rural de la zona alto andina peruana, caracterizada actualmente por ser económica y socialmente empobrecida, deprimida, reducida en número y altamente vulnerable ante el cambio climático, pese a su ancestral y maravilloso aporte cultural y tecnológico al mundo, en aspectos cruciales como el conocimiento científico, tecnológico y estratégico en el manejo y conservación de los frágiles ecosistemas de montaña. Este aporte, en estas circunstancias de alto riesgo y vulnerabilidad, cobra especial relevancia por su importancia estratégica para la pervivencia y desarrollo de las otras regiones del país como son la Costa y la Selva y, por lo tanto, merece especial atención.

De acuerdo con la Constitución Peruana, la educación es un derecho fundamental de la persona y la sociedad, es un servicio público obligatorio y gratuito. En ese sentido, el Estado tiene el deber de brindar una educación integral y de calidad a todos sus ciudadanos y ciudadanas (Ley General de Educación, Ley N° 28044 - 2003). Este mandato se aplica como una de las formas más efectivas de ampliación de las fronteras del conocimiento (es decir, el desarrollo del capital humano) como garantía para el desarrollo sostenible y la construcción de una ciudadanía mundial y planetaria. Para Stiglitz (2000), la educación es un bien privado puro, que, sin embargo, es un servicio brindado por el Estado debido a su importancia estratégica, es decir que conceptualmente se trata de un BIEN PREFERENTE,⁴ siendo esencial para el funcionamiento y el desarrollo de una sociedad democrática.

Sin embargo, en este contexto de políticas educativas inclusivas, del Proyecto Educativo Nacional (PEN), de la

³ Ley General de Educación. Capítulo III Calidad de la Educación, Artículo 13° Calidad de la educación: "es el nivel óptimo de formación que deben alcanzar las personas para enfrentar los retos del desarrollo humano, ejercer su ciudadanía y continuar aprendiendo durante toda la vida".

⁴ "Los bienes preferentes son aquellos bienes que satisfacen las necesidades de un individuo, pero también satisfacen las de la sociedad, por ello se consideran 'Preferentes' y como tal, es prioritario que sean atendidos y tratados por los liderazgos gubernamentales. El estado promotor debe proveer, o al menos estimular, la creación de bienes preferentes, incluso aunque esto se oponga a preferencias individuales; porque su existencia permitirá el aumento del bienestar social, así como el bienestar individual, ya que la demanda social de dichos bienes suele ser mayor que la individual". <https://ecoparatodos.wordpress.com/2015/01/03/bienes-preferentes/>

Educación Intercultural Bilingüe (EIB), de la Educación para Todos (EPT) -consistentes con el Acuerdo Nacional y con acuerdos y mandatos internacionales-, además de las coordinaciones colaborativas y cooperativas intersectoriales, así como de un proceso de descentralización con enfoque territorial que tiende a fortalecer la institucionalidad del sector, las enormes brechas en el sistema educativo peruano aún persisten y se evidencian en los informes estadísticos actualizados del INEI (Perú Estadísticas del 2015) y del MINEDU (ESCALE 2015). Todo esto a pesar de la visión inclusiva del PEN⁵ como un servicio público con metas al 2021.

Por ejemplo, las modalidades de educación a distancia (Ley N° 28044, art. 13) –acceso y manejo de TICs- o en alternancia –como medios para efectivizar la estrategia de intervención en zonas rurales en la perspectiva de adecuarse a la cultura, lenguas, distancias, formas de vida de las poblaciones- presentan valores mínimos de cobertura (1.7% a distancia y 1.28% en alternancia). Estos valores son poco significativos dada su importancia, porque el mundo rural sigue siendo un escenario de pobreza y extrema pobreza. Según resultados estadísticos del 2015, en el área urbana, la pobreza incidió en el 14.5 % de su población, en el área rural fue de 45.2%, es decir, más del triple. En la sierra rural, la pobreza afectó al 49% de sus habitantes y de ellos, el 16.9% son pobres extremos.

Carlos Monge (2007) presenta las características de la nueva ruralidad peruana, entre ellas encontramos que el mundo rural es amenazado, porque: *nuestra riquísima megabiodiversidad se ve amenazada por el impacto del calentamiento global y el resultante cambio climático, que en el país se manifiesta como alteración de los ciclos hídricos y cambios en las temperaturas de la tierra y del mar; el mundo rural es directamente golpeado, y los más pobres tienen más dificultades para adaptarse*. Este es uno de los problemas a enfrentar y constituye, hoy, uno de los mayores desafíos para el Estado.

Contando con esta información marco, este artículo trata de hacer un análisis cualitativo desde el enfoque del impacto económico-cultural sobre las brechas que limitan el acceso a una educación de calidad y concordante con las verdaderas necesidades y potencialidades de las familias rurales respecto del sistema educativo formal, al que envían a sus hijos para que se eduquen con la aspiración de ser mejores.

Esta categoría de “ser mejores” hay que explicarla en función de los patrones culturales y el enfoque de desarrollo vigente en nuestra sociedad, que tiende más hacia una meta civilizadora que al desarrollo. Actualmente, los avances tecnológicos y la globalización ratifican el objetivo de la familia campesina respecto de la educación

de sus hijos en el hecho de alejarse y marcar distancia de la condición de campesinos, peyorativamente desvalorada por ellos mismos y por el sistema vigente, que en concreto aun no manifiesta las soluciones o alternativas esperadas y mantiene –en la práctica-, respuestas muy limitadas y discriminatorias para con la población rural, en este caso con la población serrana.

La hipótesis planteada es que la educación de los hijos –en las condiciones actuales- para la familia campesina altoandina, que vive en los ecosistemas de montaña, resulta ser una inversión con altos sobrecostos y con resultados adversos, porque es una inversión que no retorna y obviamente no revierte en la economía campesina, es decir, no aporta al mejoramiento de los sistemas productivos que impulsan su supervivencia y que son la base de la economía familiar, y porque desvirtúa y destruye su ancestral conocimiento e idiosincrasia basada en su diversidad natural y cultural. Como se sabe, la familia campesina, en la mayor parte de casos, es económicamente independiente (aunque con altos niveles de precariedad). Sus ingresos provienen de la chacra o la parcela (generalmente muy pequeña), de las crianzas y del alquiler esporádico de su fuerza de trabajo.

En la parcela (la chacra), trabaja la unidad familiar en pleno –es decir participan en los procesos productivos todos sus miembros-, se dividen las tareas entre padres e hijos, y en algunos casos también se involucran los abuelos, tíos, primos, etc. (es decir, la familia ampliada), convirtiendo este espacio y “el tiempo de trabajo” en una verdadera escuela creativa de interaprendizajes significativos. Los arreglos productivos interfamiliares son muy diversos, con categorías de intercambios de gran complejidad –incluso cultural-, en general totalmente al margen de las relaciones del mercado.

En este contexto, enviar los hijos a la escuela significa primeramente prescindir de sus aportes en las labores productivas, además de solventar el gasto que esto implica (uniformes, útiles e incluso el local escolar). Asimismo, desde la percepción de muchos padres de familia, la educación recibida “deforma” al niño –o en todo caso, lo enfrenta a su propia cultura y realidad- al perseguir objetivos asociados a un proceso “de civilización” en un camino –sin retorno- hacia las ciudades y con la consecuente pérdida de su identidad y de los saberes locales.

Como resultado, se tiene egresados (generalmente después de la secundaria, luego de 11 años en el mejor de los casos), que ya no están preparados o que ya no quieren involucrarse en las actividades productivas de la chacra. La escuela les ha enseñado que es mejor –de mayor prestigio- ir a la ciudad, y terminan por desarraigarse del mundo campesino (tanto cultural como económicamente).

⁵ Visión de PEN al 2021: “Todos desarrollan su potencial desde la primera infancia, acceden al mundo letrado, resuelven problemas, practican valores, saben seguir aprendiendo, se asumen ciudadanos con derechos y responsabilidades, y contribuyen al desarrollo de sus comunidades y del país combinando el capital cultural y natural con los avances mundiales [Proyecto Educativo Nacional, 2011]”.

En otras palabras, el ascenso social es hacia las ciudades, quedarse en la chacra es estar condenado a la pobreza, la ignorancia y la postergación, como efectivamente ocurre.

Pero el problema no termina ahí, porque la familia campesina pierde por partida triple, ya que prescinde de los aportes de los niños en las actividades productivas y solventa los gastos de la escuela, es decir que no sólo deja de percibir, sino que le irroga un gasto importante, para finalmente terminar perdiendo lo más valioso que posee: **su capital humano**. En tercer lugar, tiene que solventar los gastos que la escuela exige para con los niños en uniformes, útiles escolares, las cuotas, etc.

Otro problema es la experiencia y calidad de los docentes encargados de la acción pedagógica en la escuela rural, la mayoría recién egresados o intitulados (con serias deficiencias profesionales), con baja escala de remuneraciones y con expectativas de la “reassignación a las ciudades lo antes posible”. Esta situación se agrava cuando hay pocos alumnos y de varios grados, de manera que un docente tiene que dictar los contenidos educativos de varios grados al mismo tiempo además de ejercer las acciones administrativas y directivas de la IIEE (polidocencia multigrado o unidocencia).

Otra dificultad se relaciona con los objetivos y las metodologías. Hasta mediados del siglo XX se impusieron los valores de occidente y la castellanización forzada a través de la educación pública, con una mentalidad colonizadora, sustentada en una jerarquía de superioridad de la cultura occidental en relación con las culturas de los pueblos originarios. Resultado de ello ha sido el debilitamiento y la extinción de muchas lenguas originarias y, por lo tanto, la desaparición de las culturas correspondientes. Esto ha redundado en un empobrecimiento del patrimonio común de la humanidad constituida por la diversidad cultural, situación que incide de manera directa en la diversidad natural de los ecosistemas de montaña.

Hay espacio suficiente para plantearse algunas preguntas como: ¿al tratar el Estado de proveer un bien privado, por la ausencia de un mercado desarrollado, y al hacerlo mal –o deficientemente- incurre en una falla de gobierno? ¿Se puede proponer el desarrollo de un mercado educativo competitivo en la zona o conviene más corregir la falla de gobierno?⁶ ¿Cuenta el Estado peruano con una política educativa para los niños campesinos de la Sierra? A continuación, trataremos de dar respuesta a estas interrogantes con la intención de buscar alternativas que puedan aportar con posibles avances en la solución de la compleja problemática insinuada.

Un Marco de Análisis: Acerca del Modelo de Desarrollo

El problema descrito sobre la educación rural en la sierra rural del país amerita un análisis contextualizado en los aspectos socioeconómico, ecológico y cultural, especialmente por su estrecha vinculación a los habitantes de los ecosistemas de montaña, con una tradición milenaria de relación con la naturaleza fuertemente maltratada e ignorada desde la conquista, generando una espiral de deterioro sin control.

Existen varias acepciones de desarrollo, dependiendo de la complejidad del enfoque, que van desde la simple satisfacción de las necesidades básicas de las personas, la satisfacción de las necesidades individuales y colectivas de la sociedad organizada, el crecimiento económico, el cabal aprovechamiento de las potencialidades de la sociedad humana y las demás sociedades naturales y el equilibrio óptimo entre sociedad y naturaleza, como la base de una sostenibilidad definida e infinita.

En tal sentido, entendemos el desarrollo como un proceso social global, que se caracteriza por el mejor empleo de los factores de la producción, a través de una mejor división del trabajo, de una mejor tecnología –innovación permanente-, de una adecuada utilización de los recursos naturales y de la disponibilidad de capital, todo orientado hacia el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, tanto individual como colectivamente.

El concepto de calidad de vida está relacionado con elementos fundamentales muy vinculados a las necesidades humanas, tales como lo expresa la Pirámide de necesidades y satisfactores de Abraham Maslow (1991)⁷ (Figura 1), sustentada y utilizada por muchos educadores. Esta teoría sostiene que, de acuerdo con el modo en que son satisfechas las necesidades más básicas (que están en la base de la pirámide), surgen progresivamente otras necesidades de mayor nivel hasta llegar a las relacionadas con las de autorrealización (que están en la parte superior de la misma pirámide). Evidentemente, se llega a estas cuando todos los niveles anteriores han sido logrados o, en su defecto, están en proceso de ser alcanzados.

La tendencia evolutiva más reciente del desarrollo fija un rumbo hacia el cultivo de valores y talentos como la creatividad, la capacidad de innovación y la originalidad, denominadas habilidades blandas, así como la capacidad de cuestionar y de romper la rigidez y las fronteras de las apariencias del sentido común o el saber convencional, porque ahora el futuro se presenta, no como una historia lineal y progresiva, sino más bien sumamente turbulenta, de limitada previsibilidad y de gran incertidumbre.

⁶ En el mundo rural, el mercado competitivo tiene un desarrollo incipiente, el mismo que –tal como sostiene Ostrom (2000)- “es en sí mismo un bien público” y que “ningún mercado puede existir por mucho tiempo sin instituciones subyacentes que lo mantengan”, situación de la que adolece el mundo rural andino.

⁷ Ver la pirámide de necesidades de Maslow: https://pacotraver.files.wordpress.com/2015/06/piramide_de_maslow.jpg



Figura 1. Las necesidades humanas por Maslow.

La evolución histórica nos hace concluir que un pilar del desarrollo se encuentra en las fuerzas productivas y las relaciones de producción que se dan al interior de una sociedad y que la clave del mismo es el conocimiento, después de haber pasado por distintas facetas, como la revolución agrícola, la revolución industrial y la revolución científico - tecnológica. Esta última está conformada por varias etapas como la nuclear, la del plástico, la era de las comunicaciones, de la informática y la era espacial; todas ellas han dado paso a uno de los conocimientos más elaborados que existen: la biotecnología. Sin embargo, sostiene Trahtemberg (2017), en la actualidad lo que importa más en la economía movida por la innovación no es lo que uno sabe, sino qué hace con lo que sabe. Al respecto, se plantea que, toda innovación nace de la capacidad de confrontar lo establecido y de crear nuevas opciones. Hay nuevas habilidades para ser un ciudadano informado y activo, y para ganarse la vida. El mundo requiere ahora personas creativas e inteligentes, a contrapelo del sistema educativo usual, que ha extirpado el espíritu creativo y la confianza de nuestra juventud, mientras se le hace hacer cosas frívolas como ejercicios de repetición o memorizar el significado de palabras irrelevantes.

Según Peemans,⁸ “El desarrollo es visto como ligado intrínsecamente a la capacidad de consolidar los lazos sociales al interior de colectividades que tienen una base territorial definida. Está relacionado también a la capacidad de las poblaciones de administrar su ambiente natural de una manera viable, a través de la construcción de un cuadro institucional apropiado y de una identidad cultural que tiene su base material en la construcción misma del territorio dado. El desarrollo se enriquece por la diversidad.”

Respecto a la sostenibilidad, se define el desarrollo como aquel que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos de las generaciones futuras. Para ello, se requiere un cuidadoso equilibrio entre los tres grandes componentes que, organizados, representan a nuestra realidad: Medio Ambiente (Ecosistemas), Economías (procesos productivos y comerciales) y Sociedades. En la Figura 2, una descripción



Figura 2. El desarrollo sostenible.

organizada de los mismos.⁹ En la esfera social, se contemplan los aspectos siguientes: los derechos humanos, las diversas comunidades sociales, las relaciones laborales, la promoción social, la cultura, el deporte y el desarrollo de capacidades. En la esfera ecológica: la conservación de la biodiversidad, la recuperación de los ecosistemas y sus servicios, la administración de los riesgos y los impactos ambientales y el impulso a las oportunidades que nos brindan los ecosistemas. En la esfera económica: contribución a las finanzas públicas (PBI), innovación permanente, rentabilidad, crecimiento y redistribución, reducción y erradicación de la pobreza.

De las interacciones entre las esferas,¹⁰ se obtiene, para la viabilidad ecológica-económica, lo siguiente: análisis de la viabilidad económica de los procesos productivos, asegurar la viabilidad económico-ambiental, enfoque de desarrollo territorial (integral – holístico), garantizar ecoeficiencia en los procesos productivos; para la equidad socioeconómica: creación de empleo con remuneración justa, incremento permanente de habilidades y competencias, inversión social y comunidades sustentables; finalmente, para la soportabilidad socioecológica: asegurar la viabilidad socioambiental, resolver los pasivos ambientales (remediación), detener los procesos productivos que degradan los ecosistemas y restablecer una cultura conservacionista.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que (Valcárcel, 2006) “no hay un patrón universal de desarrollo, éste difiere de una sociedad a otra. La cultura de los pueblos y sus historias tiene un sitial importante en ello”, a pesar de lo cual, “el desarrollo sigue siendo una aspiración de los pueblos que pugnan por superar las restricciones de la vida diaria”. Estos elementos y conceptos nos llevarían a afirmar que el fortalecimiento de la democracia en el Perú

⁸ Citado por Valcárcel (2006: 12).

⁹ <http://tuplanetavital.org/actualidad-planetaria/%C2%BFdesarrollo-sustentable-o-sostenible/>

¹⁰ Ibid.

estaría estrechamente relacionado con las oportunidades de desarrollo personal y colectivo. Existe una vinculación entre la gestión de la diversidad cultural de una sociedad y sus oportunidades reales de desarrollo.

Es conveniente tener presente al menos tres condiciones para el desarrollo sostenible:¹¹

- Ningún recurso renovable deberá utilizarse (explotarse) a un ritmo superior al de su regeneración.
- Ningún contaminante deberá producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente.
- Ningún recurso no renovable deberá aprovecharse hasta el agotamiento, debiendo ser sustituido por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

Para facilitar el análisis, en el contexto descrito anteriormente, se deben reconocer tres grandes sistemas protagonistas del desarrollo rural (Figura 3), que son:



Figura 3. La interacción de los sistemas.

- Un sistema natural especialmente diverso y, como consecuencia de ello, sumamente complejo, sobre el cual todavía se reconoce una serie de interrogantes acerca de su funcionamiento e incluso de su composición.
- Un sistema social, de igual o mayor complejidad que el anterior, ambos hechos a “imagen y semejanza”. Cabe acotar que el sistema social fue terriblemente violentado por la Conquista, a partir de la cual se ha convertido en un sistema muy inestable, que impacta negativamente en el sistema natural.
- Un sistema productivo, que funge de “bisagra” entre ambos sistemas, y que, a su vez, como hemos visto, es la base del desarrollo económico-productivo.

Hay que tener en cuenta que (Margalef, 1974) “cada sistema es un conjunto de diversos elementos, compartimientos o unidades, cada uno de los cuales puede existir en muchos estados diferentes, de manera que la selección de un estado está influenciada por los estados de los otros componentes del sistema. Los elementos relacionados por influencias recíprocas constituyen un circuito recurrente. Estos circuitos pueden ser negativos o estabilizadores, o bien, dicho circuito puede ser *positivo o desestabilizador*”.

Además, (Margalef, 1974) “una característica de los circuitos recurrentes negativos es que no sólo el sistema en su totalidad, sino también algunos estados seleccionados del sistema presentan una considerable presencia en el tiempo. Un sistema cibernético influye en el futuro, o hace de puente sobre el tiempo, en el sentido de que el estado presente deja establecidos los límites o estructuras para los estados futuros. De este modo, el estado presente es portador de información. Aquí nos encontramos con el término “información” utilizado en el sentido cibernético. La información tiene que ver con cualquiera de las restricciones a *posteriori* de las probabilidades a *priori*. Todo sistema, mediante las interacciones entre sus elementos, restringe los números inmensamente grandes de posibles estados a *priori* y, en consecuencia, lleva gran cantidad de información que es muy difícil de procesar”.

Por su parte, los sistemas productivos, no sólo son la base de la satisfacción de las principales necesidades humanas, sino que son fuente de realización humana (individual y colectiva), por lo tanto, deben ser fuente de innovación permanente y partir de las capacidades locales. Esta innovación debe permitir tanto la incorporación -recreación de la tecnología local-, como su modificación frente al avance científico universal, pero, básicamente debe partir de la investigación aplicada local (la experimentación). Debe ser promovida de tal forma que genere un nuevo tejido social, en respuesta a las iniciativas locales, de manera que posibiliten la construcción de una estructura social para el desarrollo sostenible. No se trata de proponer formas determinadas de organización social, sino que éstas deben ser una respuesta a los sistemas productivos, que a su vez responden a las condiciones que brinda la naturaleza. Se establece pues, una relación dialéctica: el paisaje hace a la sociedad como la sociedad hace al paisaje.

Actualmente, los sistemas productivos vigentes en la sociedad rural son muy destructivos frente a los sistemas naturales. Ven en ellos, especialmente en los bosques naturales, verdaderos “obstáculos al progreso”, por lo cual hay que destruirlos para sustituirlos por sistemas simplificados bajo las exigencias del mercado. Esta concepción es histórica y se remonta a la época de la conquista y la colonia, en la que se impuso un concepto “extractivista” del aprovechamiento de los recursos,

¹¹ https://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible

generando un ciclo permanente de deterioro, con una serie de consecuencias que generan destrucción, miseria y pobreza. Según Ángel Rosemblat (citado en Zapata, 2017), en su libro *Primera Visión de América y otros ensayos*, subraya una tendencia bastante frecuente de los hablantes -de los conquistadores-: *considerar como viejas conocencias a los fenómenos semánticamente nuevos. Él escribió: “Así, los nombres de las cosas y de los lugares y la visión misma del conquistador de América representan una proyección de la mentalidad europea. Los descubridores... hicieron entrar la realidad americana en los moldes de las palabras, los nombres y las creencias de Europa. Es decir, la acomodaron a su propia arquitectura mental”.*

Es indudable que la mentalidad “extractivista” se instala con la conquista. A propósito, cuentan que *cuando los conquistadores españoles dieron el primer paso en territorio Inca se quedaron sorprendidos por las maravillas que encontraron y cuando dieron el segundo paso, decidieron llevárselo todo.* Al margen de la ironía, hay que entender que desde aquellos tiempos estamos inmersos en una cultura de extracción indiscriminada de nuestras riquezas naturales y de nuestros conocimientos, que ha propiciado el crecimiento de economías de enclave, con muy poca o nula generación de eslabonamientos que le den valor agregado a los productos. Esta situación está muy lejos de asegurar un desarrollo sostenible en el tiempo. Es sabido que el antiguo peruano se caracterizó por una sólida conciencia conservacionista que se perdió debido a la vorágine depredadora de la conquista, la colonia y la república. En buena cuenta, estamos atrapados en el fenómeno conocido como “la enfermedad holandesa” o “la maldición de los recursos” (Stiglitz, 2006). Evidentemente, se tiene que salir de este círculo vicioso con propuestas de procesos productivos que originen encadenamientos que garanticen la generación de valor agregado y fomenten el empleo.¹²

Es así como (Guerrero y Pajares, 2001) “la utilización de los recursos en la Sierra se resume en el deterioro de los ecosistemas, caracterizado por lo siguiente:

- Deforestación indiscriminada, por tala excesiva, incendios forestales, ampliación de frontera agrícola, sustitución de bosques por pastos, que originan, no solo la pérdida de biodiversidad, sino también de capacidad de almacenamiento de agua en el subsuelo.
- Deterioro del potencial genético y pérdida de especies de flora y fauna nativas de la región, de gran importancia ecológica y económica para el país.
- El manejo del espacio y el ordenamiento del territorio es inadecuado, espontáneo, condicionado por la atomización de la propiedad de la tierra y los sistemas productivos vigentes. En un medio degradado, en donde la fisiografía y el clima imponen limitantes, la pobreza es generalizada, y los miembros de la familia se ven obligados a desarrollar mecanismos de supervivencia diversos, y a sobreexplotar la tierra y los recursos naturales por encima de su capacidad de soporte, generando procesos degradatorios (sic) que cada vez agravan más la situación.
- Agricultura y ganadería intensivas de monocultivo, con los consabidos efectos colaterales como la pérdida de biodiversidad, presencia de plagas y enfermedades, entre otros.
- Inexistencia de mecanismos para incentivar el intercambio de información relacionado con el desarrollo de la producción, que permitan potenciar las capacidades instaladas y alcanzar los propósitos de desarrollo.
- Deterioro del conocimiento y tecnología campesinos, debido a la utilización de tecnologías inapropiadas, relacionadas a una economía mercantilista”.

Se puede generalizar que, a lo largo de su trayectoria republicana, el Estado Peruano ha limitado su rol al de un mediador en el juego de intereses entre los grupos de poder, tanto extranjeros como nacionales, descuidando los intereses de la gran mayoría de los peruanos. Un indicador de este olvido, lo constituye la generalizada miseria de la zona andina. J.C. Mariátegui señalaba que la República peruana se “fundó sin los Indios y en contra de los Indios”. Esta aseveración puede ser inferida a nuestra actualidad en el sentido de que la República funciona hoy sin lo Rural y en contra de lo Rural, que subsidia el crecimiento y el desarrollo de las ciudades.

El acentuado acrecentamiento de la migración hacia la ciudad, generando desarraigo social, y la complejidad estructural del desarrollo histórico desigual, explican en parte los cambios poblacionales (actualmente la población rural peruana ha decrecido considerablemente, representando menos de un tercio del total nacional), pero al mismo tiempo, agudizan la problemática ecológica,

¹² Ver Stiglitz (2006), Cap. 5.

perdiéndose técnicas y conocimientos de conservación y utilización sostenible de los recursos naturales que han sido adecuadamente perpetuados a través de la cultura andina. En buena cuenta se está en una permanente espiral de deterioro (ver Figura 4).

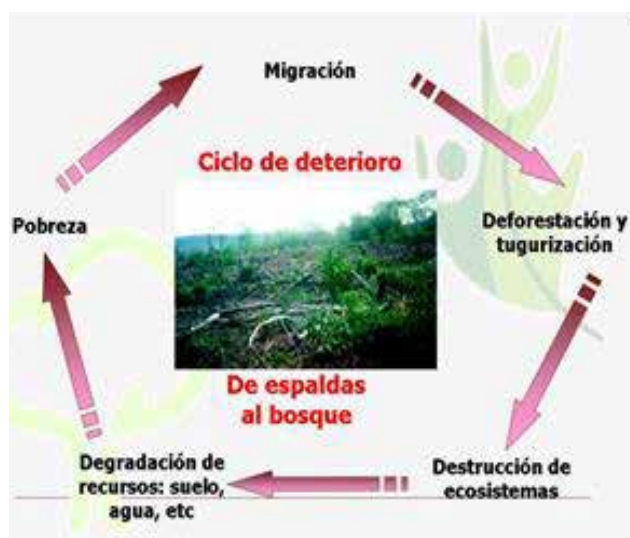


Figura 4. Espiral de deterioro de los ecosistemas.

El desarrollo histórico desigual ha originado una agricultura tendiente al monocultivo –como exigencia fundamental del mercado de las ciudades–, en reemplazo de la agricultura andina (tradicional), eficazmente diversificada. Esta asimetría es señalada por Piketty (2014) de la manera siguiente: “Cuando la tasa de rendimiento del capital supera de modo constante la tasa de crecimiento de la producción y del ingreso, el capitalismo produce mecánicamente desigualdades insostenibles, arbitrarias, que cuestionan de modo radical los valores meritocráticos en los que se fundamentan nuestras sociedades democráticas”, afirmación que se debe tener muy en cuenta para el diseño de alternativas de desarrollo que garanticen sostenibilidad.

En buena cuenta, el capitalismo y sus reglas son de difícil adecuación a las condiciones de nuestros ecosistemas, es que “en el Perú la geografía manda” y no el mercado, es que “somos un país de montañas tropicales. Si no reconocemos este hecho, entonces no sabemos dónde estamos parados. Por eso, los peruanos de nuestros tiempos andamos perdidos en ‘nuestro territorio’ y no sabemos cuidarlo ni manejarlo” (Amat y León, 2006). Además, este autor indica que “de lo que se trata, entonces, es de construir una nación de ciudadanos cuyas calidades y capacidades sean el verdadero poder nacional. Por lo tanto, la asignación de los recursos del país debe estar orientada a ese propósito, insistimos, a una nueva educación”.

El Problema Educativo Rural en los Ecosistemas de Montaña

Desde mediados del siglo XX, en el sistema educativo peruano, se propone aplicar la metodología de aprendizaje socioconstructivista, que asume que el conocimiento se construye desde adentro del alumno en su interacción con objetos, personas, recursos, la naturaleza, por lo que el rol de los programas, libros y maestro es el de ser facilitadores y no prescriptores del aprendizaje (John Dewey).¹³ Se cuenta con conceptos como que “los estudiantes se construyen a sí mismos a partir de elementos del ambiente” (María Montessori),¹⁴ o que las habilidades típicamente humanas son el uso de herramientas “habilidad para usar parte del ambiente y resolver un problema” (Lev Vigotsky).¹⁵ Asimismo, la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner,¹⁶ que trasciende el valor intelectual centrado en las matemáticas y la comunicación. Sin embargo, todas estas teorías quedaron solo en ello. A partir de mediados del 2000, estas opciones pedagógicas son promovidas por el MINEDU involucrando a los gobiernos regionales y locales (gerencias de educación, direcciones regionales de educación, gobiernos locales y unidades de gestión educativa).

Pero la realidad aún es adversa, en la práctica continúa la escuela conductista de estímulo respuesta sobre contenidos estructurados e inamovibles, lo que hace una práctica pedagógica totalmente impertinente en relación con la realidad de la Sierra. Sus contenidos son lineales y no ofrecen una adecuada diversificación que pueda ajustarse a las necesidades individuales y colectivas de las comunidades. Se conservan los cortes clásicos y una rigidez que no permite cierta movilidad interna. Se nota la ausencia de unidad de principios, apareciendo cada nivel como dependiente del inmediato superior. Prevalece, en la práctica docente y en el aprendizaje, un exagerado “intelectualismo”, memorismo y tendencia “libresca”, manifestándose un sistema educativo muy poco práctico y objetivo.

Por un lado, no existe relación funcional entre la calificación educativa y los requerimientos de recursos humanos. Las metas educacionales no tienen relación directa con los requerimientos de los medios de producción, que la economía local o regional exige, y el sistema educativo presenta una pirámide cuya ancha base está formada por los primeros grados de educación primaria y una cúspide representada por los últimos grados de educación secundaria, que obedece al “desgranamiento” en los primeros grados de la escolaridad.

En la Figura 5, se muestra cómo la población escolar rural tiene una clara tendencia hacia el abandono, traslado

¹³ <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/d/dewey.htm>

¹⁴ http://www.uhu.es/cine.educacion/figuraspedagogia/0_montessori.htm

¹⁵ *Ibid.*, Cap. 3, “Del marxismo a la psicología”.

¹⁶ https://es.wikipedia.org/wiki/Howard_Gardner

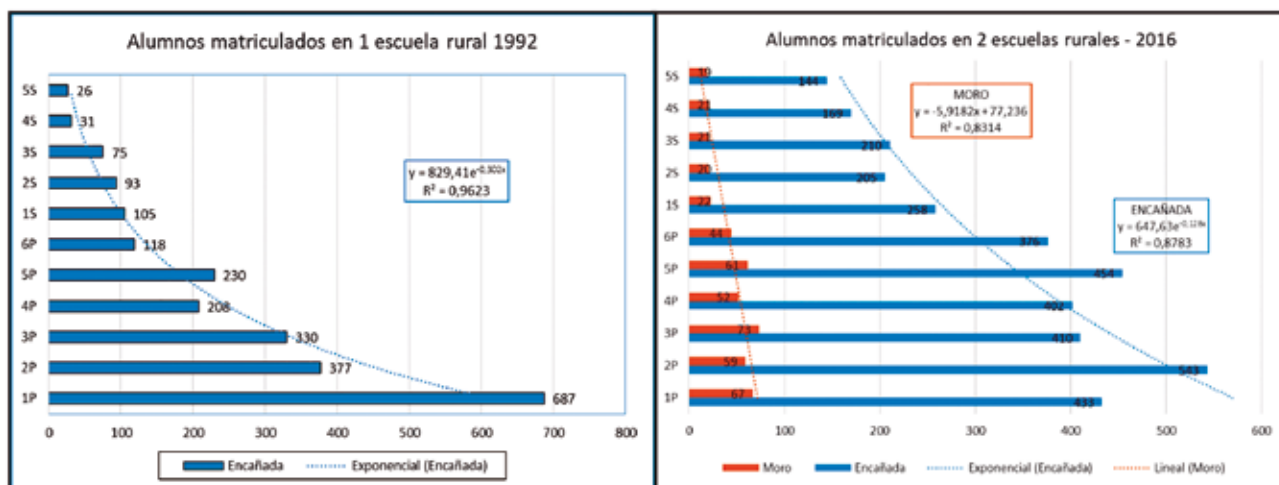


Figura 5. Los egresados del sistema educativo.

Fuente: Nómina de matrícula y <http://escale.minedu.gob.pe> – elaboración propia.

o expulsión de los niños del sistema educativo oficial, que se mantiene con los años. ¿Puede el sector rural de la sierra peruana ser viable en estas condiciones? ¿O se trata de los excluidos del sistema sin posibilidades de desarrollo?

Las causas de esta anomalía están directamente asociadas a las brechas entre el sistema educativo formal (legal, vigente) y la práctica pedagógica en la realidad rural, que se expresa fundamentalmente en la tardía escolarización de los niños y el ausentismo periódico (especialmente en las épocas de siembra y cosecha) y a la “expulsión” de los niños por el sistema, que muchas veces se denomina inapropiadamente “deserción escolar”. Estas a su vez, están ligadas a las condiciones socioproductivas y a las deficiencias que persisten en la cobertura territorial del sistema educativo.

De acuerdo con información de ESCALE del MINEDU de junio de 2016, en el año 2014, en el área rural se alcanzó una tasa porcentual de conclusión de primaria de 74.9% del total en el grupo de edades 12-14 años. Es alarmante que casi la cuarta parte de estudiantes de 12 a 14 años no concluya la primaria, pues se corre el riesgo de que estos sean analfabetos potenciales. La tasa porcentual de conclusión de primaria es de 94.4% del total, en el grupo de edades 15-19 años. Esto significa que aproximadamente uno de cada 20 estudiantes de 15 a 19 años no concluye la primaria. En el grupo de 17 a 19 años, en el área rural, la tasa de conclusión es de 50% -solo la mitad de los estudiantes matriculados terminan los estudios-, y en el grupo de 20 a 24 años, de 62.7%. Finalmente, respecto a los años promedio de escolaridad de la población adulta de 25 a 64 años, en el año 2015, para el área rural, la tendencia es un promedio de 6.2 años de escolaridad, con una diferencia de 2.2 años a favor de los varones. ¿Está respondiendo la institucionalidad educativa peruana a las necesidades reales de la población rural andina? Los datos indican que no.

Por otro lado, la realidad de los docentes rurales, y su formación, no es muy alentadora. De acuerdo con las estadísticas en el ámbito rural, en el nivel inicial solo

es titulado el 63% de docentes. En cambio, en el nivel de educación primaria, el 90.6% cuenta con un título pedagógico; en el nivel secundaria, el 84.3% es titulado. Cabe anotar que este indicador educativo ha devenido en irrelevante, en función de los resultados que se reflejan en los bajos niveles de logro de aprendizajes de los estudiantes, y que los docentes rurales desempeñan su labor en condiciones desventajosas, lo que influye negativamente en la eficiencia del proceso de aprendizaje de los niños.

Hay que tener en cuenta que en la escuela rural se expresa no sólo el comportamiento del Estado Oficial y formal frente a la educación que deben recibir los niños, sino también los resultados de la presión que éste ejerce sobre la cultura y las familias campesinas para adecuarse a los intereses y prioridades nacionales. En este contexto, Guerrero (2001) señala que “los profesores, en su mayoría, son agentes extraños a la comunidad, no se identifican con su trabajo ni con sus alumnos, tienen la acentuada tendencia a querer laborar cuanto antes en la ciudad, de allí que con frecuencia abandonan a sus alumnos, a tal punto que los campesinos se expresan de ellos como los “profesores de miércoles”, en una clara alusión al único día efectivo de “trabajo” en la escuela.

Por otro lado, debemos señalar el notable desajuste de la relación existente entre el personal docente y la población escolar, no por la carga promedio de alumnos por docente, sino por el hecho de que un docente tiene que atender varios grados simultáneamente, en los niveles de inicial y primaria. Las escuelas en las que trabajan dos o tres docentes determinan la atención de los 6 grados según el número de alumnos, sin tomar en consideración la secuencia de los objetivos y la articulación de los contenidos. Pese a que el sector ha determinado la diversidad curricular y organizativa, con contenidos de aprendizaje básicos brindando la opción de adecuar estos contenidos a la realidad, la práctica aún se enmarca en la perspectiva urbana y centralista, que contrasta con la realidad del alumno, conduciendo a la alienación de su proceso de formación. Sólo en teoría, permite un currículo diversificado y flexible –hasta un 30%-, pero que no

es efectivamente operativizado. Hasta ahora, todos los intentos por diversificar el currículo, en la práctica sólo han servido para “maquillar” el sistema, no se ha logrado plasmar una reforma estructural acorde con los intereses de las comunidades rurales, en base a sus potencialidades.

Asimismo, la vinculación de la escuela con la comunidad es limitada. En general proviene de una concepción reducida del rol del docente formado para actuar sólo en el aula. Aunque en su formación magisterial incluyen cursos de alfabetización y de formación educativa comunal, el contacto con la comunidad es casi nulo, lo que impide ampliar la perspectiva de la acción educativa que se instrumentalice para una acción profesional más allá del aula. En este sentido, la escuela no ha logrado constituirse en el nexo adecuado entre demanda y recurso, puesto que el docente impregnado de una concepción ciudadana, con tradiciones culturales y patrones sociales diversos, pretende imponer y manejar códigos que no son propios de la comunidad. De esta manera, la educación resulta un aspecto aditivo. Existe una brecha entre la programación curricular y la ejecución curricular en las IIEE rurales, y difícilmente evidencian las particularidades locales o las diferencias campo-ciudad.

La manera como las comunidades campesinas de la sierra “ven” a la escuela oficial se resume en tres tendencias (Ansión, 1988): la primera, es **la escuela como “devora niños”**, es una institución a la que hay que temer, se entiende que la lectoescritura es un don de Dios, negado a los “indios” (nativos) y concedido sólo a los blancos españoles (conquistadores), posición con tendencia a desaparecer; la segunda, es **la escuela como “instrumento de poder”**, que representa, en función de la lectoescritura y el manejo numérico, un valioso instrumento de poder para defenderse de las agresiones de la ciudad, relacionado con el intercambio campo - ciudad, así como en los reclamos legales por posesiones de tierras, pues el que no sabe leer y escribir y no sabe hacer las cuentas, no tiene ninguna posibilidad de éxito, siendo ésta una posición mayoritaria en el campesinado; la tercera, es **la educación como base del desarrollo** que debe estar al servicio de los intereses de la población rural, de sus potencialidades y capacidades para el desarrollo, esta es una posición de vanguardia minoritaria pero en ascenso.

Además de la postergación socioeconómica del medio rural, hay una evidente desvalorización de la propia cultura. El sistema educativo en su conjunto asume como norma nacional lo urbano y sus valores, desarrollando un proceso de imposición cultural sin considerar las diferencias regionales y locales, así como el carácter eminentemente pluricultural de la sierra y sus ecosistemas montañosos. Con relación a este tema, la opinión de los padres de familia es elocuente, muchos de ellos señalan que, desde el punto de vista de sus actividades, el enviar a los niños y niñas a la escuela es “perderlos”, puesto que cuando regresan, el desarraigo es tal que ya no quieren hacer las labores de la chacra, es que van a la escuela para dejar de ser campesinos

y ascender en la escala social, en la cual el campesinado se encuentra entre los últimos lugares.

La relación docente-alumno es unidireccional y sumamente autoritaria. El docente se orienta y se dirige hacia sus alumnos como individuos aislados y no trata de favorecer la integración del grupo escolar. Se acatan sus órdenes y éstas se cumplen sin dudas –aunque con murmuraciones–, puesto que el mantenimiento de la disciplina y del “principio de autoridad” es considerado como elemento básico en el proceso de aprendizaje del educando. Las clases son unidireccionales, convirtiendo al profesor en un “dictador” de conceptos, sin ocasión de análisis y creatividad. Esta forma de trabajo, evidentemente, no lleva a cambios en el comportamiento. La forma mediante la cual se transmiten y/o producen los conocimientos al interior del aula, nos remite a la metodología a través de la cual se concretizan los procesos de aprendizaje, enseñanza y comunicación en los que se expresa la interacción docente-alumno.

En el aula, es el docente el que define la relación, con roles diferenciados para él y los alumnos. Este vínculo de relación que se manifiesta en el trato a los alumnos, la forma de dirigirse, los métodos y técnicas empleados, los principios y variables del aprendizaje, se sustenta en patrones establecidos que orientan y definen determinados estilos pedagógicos, habiendo interiorizado consigo un patrón de relación configurado a lo largo de sus propios procesos de socialización. La mayoría basa su práctica docente en el desarrollo de los contenidos, que independientemente de su naturaleza, siguen una estructura única, cuyo objetivo es devolver la información recibida.

El patrón de relación con los alumnos se expresa en el control de la comunicación por parte de los docentes. Prima el discurso oral, presentado en forma de monólogo. Esto anula la posibilidad de comprender las necesidades de participación y de expresión de los alumnos. El docente –como actor principal– pone en práctica sus reglas de juego. Los alumnos tienen que estar atentos, escuchar y tratar de entender, su función es permanecer callados y tranquilos. La imagen “estereotipada” de niños “tímidos, vergonzosos y retardados”, que tiene el docente –en tanto niños campesinos– se afianza con el tipo de relaciones establecidas.

De otro lado, también hay que reconocer que una minoría de docentes –aparentemente en ascenso– basa su práctica en una relación relativamente democrática y participativa en el hecho de ser más que un guía o un facilitador, es un mediador de los logros de aprendizaje de sus estudiantes. Esta actitud se evidencia en el aula y fuera de ella, el docente deja de ser el actor protagónico y comparte con los alumnos el escenario de su actuación desarrollando su práctica pedagógica centrada en el estudiante. Recurrir a dinámicas participativas es un elemento central en su didáctica. Los docentes conocen individualmente a sus alumnos y tienen un trato personalizado con ellos convirtiéndose en

mediadores para el logro de los aprendizajes significativos de sus alumnos.

Asimismo, en la relación docente-comunero hay una vinculación establecida en base a la configuración de sus identidades, que se caracteriza por la cercanía física – aunque forzada, en la mayor parte de casos- de los docentes con la comunidad. Aunque, en la línea de pensamiento a la que se adscriben casi todos los docentes, el mundo campesino está en una relación de subordinación con lo urbano y por lo tanto en una precondición inferior, muchas veces evidencian una actitud de respeto y reconocimiento por las posibilidades y potencialidades que tiene esta cultura.

Otro gran tema a tratar es el sistema de evaluación de los aprendizajes de los alumnos, entendiendo a la evaluación como un acto educativo permanente, este se aplica de modo deficiente y represivo, solo esperando medir mediante sumas y promedios la repetición de los conocimientos transferidos y considerados como aprendizaje de los estudiantes, sin considerar el desarrollo de capacidades, valores y actitudes. Esto posibilita incluso “chantajes” al educando, y está sesgadamente orientado a las funciones de promoción y meritaje, descuidándose –prácticamente no aparecen- las funciones de retroalimentación y reforzamiento y, especialmente, los procesos de autoevaluación y coevaluación que permiten al estudiante identificar sus logros, avances y dificultades. Como consecuencia de una evaluación solo normativa y sumativa, se produce un choque inadaptativo de origen socio cultural en un enorme contingente infantil. La escuela, en vez de facilitar la socialización, se convierte, con los hechos, en un obstáculo para ella.

Para comprender mejor lo mencionado, hay que tener en cuenta que los niños campesinos, prácticamente desde su nacimiento, se integran a su medio ambiente, no se quedan en casa. Desde la espalda de la madre, van reconociendo su entorno, crecen y se desarrollan familiarizándose con los sonidos del campo, el sol, el viento, la lluvia, los animales, las plantas y los demás elementos de sus ecosistemas y sus interacciones. Madre y niño asisten a las diversas actividades de la familia, sean estas domésticas, productivas, sociales, religiosas o culturales. Cuando aprenden a caminar, los niños se integran rápidamente a las labores domésticas y productivas, tales como cuidar a los animales, alimentarlos, recoger leña, agua, etc. Posteriormente asumen mayores responsabilidades en las labores productivas y sociales, como pastor, guía para la yunta, en la siembra y la cosecha, entre muchas otras.

El niño aprende rápidamente, mientras juega va observando, haciendo e imitando a las personas mayores (padres, hermanos y otros parientes). Estas condiciones hacen que, en el proceso de su propio aprendizaje, la participación de los niños sea dinámica y activa. Él es el protagonista, de manera que cuando llega a la edad preescolar, tiene un gran bagaje de conocimientos, reconoce las plantas y animales de su entorno y su utilidad,

reconoce el clima y sus consecuencias, el suelo y el agua, las semillas, los cultivos diversos y mucho más. También sabe mucho acerca de los principios, fundamentos y valores culturales de su sociedad.

El aprendizaje del niño tiene como fuente de conocimientos tanto a la naturaleza como a su sociedad, se nutre de ellas y se desarrolla para ellas. En esta condición de desarrollo personal –sucintamente descrita- es que el niño ingresa a la escuela. Se puede deducir que el cambio entre una forma de aprendizaje -la de su comunidad-, con la de la escuela, tiene diferencias y contradicciones importantes. Al ir a la escuela, el niño se ve de pronto encerrado en un aula repitiendo hasta el cansancio la tabla de multiplicar o forzado a escribir cosas extrañas que no significan nada para él. Al respecto, (Guerrero, 2001) indica que “estas situaciones crean en el alumno conflictos internos muy serios, probablemente no comprenda muchas cosas, por ejemplo el porqué sus padres le obligan a ir a la escuela para que deje de ser **ignorante** y **bruto** como ellos, para que deje de ser **campesino** ¿y por qué ser campesino será tan malo? Por otro lado, ya hemos mencionado varias veces que en la escuela se subvalora lo campesino y se sobrevalora la ciudad como sinónimo de adelanto y progreso”.

Se añade (Guerrero, 2001) que, “de esta manera, todo lo que hasta ese momento representó su universo, muy dinámico y variado, con maravillas naturales, su familia, su comunidad, ante los que desarrolló cariño y afecto, lleno de valor y significado para su vida, desde la perspectiva de la escuela oficial, no es tomada en cuenta, no sirve, no tiene valor”. Como consecuencia de esta colisión intercultural, el niño pierde concentración, se aburre y se duerme, obviamente no aprende casi nada. Esta compleja situación es atribuida facilistamente, por los docentes y por todo el sistema educativo, a la desnutrición crónica de los alumnos. En consecuencia, ¿es el sistema incapaz de mirarse a sí mismo y buscar otras salidas a sus propios errores?

Cabe señalar, entonces, que la educación formal en el medio rural tiene una muy limitada contribución en la formación y potenciamiento de los campesinos agropecuarios que están inmersos en una estructura de producción básicamente minifundista y de autoconsumo. A pesar de que el proceso de la modernización-globalización los empuja a insertarse progresivamente en la economía de mercado, la escuela no aporta mucho en esa dirección. Tampoco está organizada ni implementada para orientar y apoyar a la población en la búsqueda de soluciones a las necesidades básicas, como empleo, vivienda, nutrición, salud, etc.

En el análisis de la educación actual, desde una mirada de los propios docentes, se señala que la educación rural está en crisis, que no responde a la realidad, que es teórica y que sólo sirve para transmitir información –de muy mala calidad, por cierto-. Esto constituye una afirmación axiomática muy común, en que la escuela y en general la educación pasan por una crisis endémica. Sin embargo, es

necesario examinar el proceso interno de este fenómeno dentro de la estructura global de la sociedad para detectar cómo se manifiesta la crisis educacional. La escuela adoctrina, refleja y sostiene ideológica y mentalmente el sistema vigente. Las estructuras escolares todo lo imponen desde arriba, sin consultar las reales necesidades e intereses de la comunidad.

Por otro lado, nuestro sistema social lleva a contradicciones que hacen imposible el cambio, ya que no es sólo la educación la que está en crisis, sino lo está la propia sociedad rural y esta no se entiende sin relacionarla con un contexto mayor de crisis a nivel nacional y, por qué no decirlo, a nivel global. Además, se muestra una confusión conceptual entre educación e instrucción, optando por una posición pedagógica de sólo verse a sí misma, fuera del contexto social.

La instrucción tradicional, con sus esquemas de enseñanza, está orientada única y exclusivamente a la transmisión de información de las diversas asignaturas. Se trata de una enseñanza - aprendizaje mayormente informativa, memorista y muy teórica. No trata de “lograr cambios” en la naturaleza esencial e integral de la persona. De manera dramática, se muestra en los alumnos una incapacidad de vincular sus conocimientos (teoría) con sus realizaciones (praxis), tanto en el plano individual como social. Es evidente que la calidad de la educación está estrechamente vinculada a la práctica pedagógica, es decir cómo se lleva a cabo el proceso de enseñanza – aprendizaje y cómo se alcanzan los aprendizajes significativos, situación que está condicionada a su vez por el desempeño del docente que lo planifica y lo conduce. Obviamente, el rol del docente es crucial en cualquier intento de mejorar la calidad de la educación.

Es evidente que la calidad de la educación está vinculada a la práctica pedagógica, en la que el docente desempeña un rol importante en el quehacer educativo y en su mejoramiento, consecuentemente debe ser revalorado política, social y económicamente. La formación magisterial es un factor esencial que coadyuva a mejorar la calidad del aprendizaje, más aún cuando se trata de laborar en comunidades de condiciones económicas precarias. El docente debe estar premunido de competencias suficientes vinculadas a una formación multidisciplinaria que cubra los principales dominios de la cultura y la producción, pero fundamentalmente del área pedagógica-metodológica, orientada al desarrollo de los procesos cognitivos.

Un aspecto por considerar es la infraestructura escolar y los servicios básicos en el área rural. En términos de la infraestructura escolar pública, según ESCALE 2015, hay un déficit de atención de los locales de las HIEE, ya que solo el 14.4% de locales del ámbito rural se encuentra en buen estado. Asimismo, más del 40% de la población escolar rural carece de los servicios básicos de agua, desagüe y electricidad. En lo que a internet se refiere, menos del 30% cuenta con este servicio en el nivel secundario.

Finalmente, es relevante mencionar la existencia de una proporción importante de niños y adolescentes del ámbito rural en Perú, entre 0 a 16 años, que en el año 2015 estaban fuera del sistema educativo: de 3-5 años, el 18.3%; de 6 a 11 años, el 8.1%; y, de 12-16 años, el 24.4%. Estos porcentajes ponen nuevamente en evidencia que en el medio rural los grupos de mayor vulnerabilidad son los niños y adolescentes cuyas edades están relacionadas con los niveles de educación inicial y de educación secundaria, respectivamente.

Conclusiones

1. Efectivamente, la economía de la familia campesina es duramente golpeada al “perder” a sus hijos (capital humano) como aporte y sustento de los procesos productivos de los que depende su supervivencia, adicionándose este factor a otros como la comercialización, los bajos precios de sus productos en los mercados, los elevados costos de producción.
2. En este análisis del problema hay un “punto de quiebre” importante en la formación de los niños de las poblaciones que habitan en los ecosistemas de montaña (especialmente de la población rural): es cuando el niño(a) es incorporado a la escuela. Los padres, y en general la familia rural, renuncian a la educación de sus niños y los entregan al sistema oficial, con las consecuencias ya descritas. Evidentemente, se pasa de un sistema de gestión del conocimiento para los niños que prioriza el saber ser y el saber hacer, a otro sistema educativo, el oficial, en el que se prioriza la instrucción informativa (mayormente memorística) sobre los saberes.
3. La política pública peruana dirigida a los procesos educativos requiere de especificaciones mucho más precisas para la zona rural de la sierra. No se tiene un sistema educativo que oriente la formación integral de los niños campesinos desde la realidad específica de sus ecosistemas de montaña, potenciando sus posibilidades a partir de las innumerables ventajas comparativas que se tienen.
4. El sistema vigente, en vez de ser un elemento de desarrollo y crecimiento, desde la perspectiva rural, es un factor de agresión y atraso. A través del sistema educativo actual, la sociedad peruana atenta contra los derechos de los ciudadanos que habitan en los ecosistemas de montaña, mermando de manera importante su autoestima tanto individual como colectiva. Se puede afirmar que en el sistema educativo peruano no hay respeto ni consideración por el saber campesino.
5. En un país diverso y pluricultural, se tiene un currículo oficial y monocultural, con una historia oficial que no es precisamente real. Desde este punto de partida, la formación integral de los nuevos ciudadanos peruanos difícilmente incorporará las complejidades de su

territorio megadiverso. Por otro lado, es gratificante comprobar que la escuela, a pesar de sus años en las comunidades, no ha podido suprimir los saberes locales.

6. La brecha de conocimiento que existe entre el poblador rural que habita los ecosistemas de montaña y los modernos centros de comercialización (mercados), para una inserción del mismo de manera competitiva, aprovechando sus potencialidades y ventajas comparativas, ES ENORME, y el sistema educativo no aporta favorablemente a su reducción.

Referencias

Amat y León, C. (2006). *El Perú nuestro de cada día: Nueve ensayos para discutir y decidir*. Lima, Universidad del Pacífico.

Ansión, J. (1988). *La escuela en la comunidad campesina*. Lima, Proyecto Escuela Ecología y Comunidad Campesina (PECC). Coeditado por los Ministerios de Agricultura y de Educación, FAO y COTESU.

Guerrero, A. (2001). *Lineamientos y estructura para el diseño de una estrategia nacional forestal*. Documentos de Trabajo N° 9. Proyecto FAO GCP/PER/035/NET: Apoyo a la estrategia nacional para el desarrollo forestal. Lima, FAO.

Guerrero, A. y Pajares, G. (2001). *Aportes para una estrategia nacional de manejo sostenible de los ecosistemas de montaña en el Perú*. Documento de Trabajo N° 11. Proyecto FAO GCP/PER/035/NET: Apoyo a la estrategia nacional para el desarrollo forestal. Lima, FAO.

Margalef, R. (1974). *Ecología*. Madrid, Editorial Omega.

Monge, C. (2007). La nueva ruralidad peruana. En Montero, C. y Valdivia, M. (Eds.). *Propuestas para nueva escuela, nueva ruralidad y diversidad en el Perú*, 31-42. Memoria del seminario taller, Lima, 5 al 8 de setiembre del 2006. Lima, AprenDes, ADCI, Ayuda en Acción.

Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes: La evolución de las instituciones de acción colectiva*. México, D.F., Fondo de Cultura Económica y la Universidad Nacional Autónoma de México.

Piketty, T. (2014). *El capital en el siglo XXI*. México, D.F., Fondo de Cultura Económica.

Stiglitz, J. (2000). *La economía del sector público*. Barcelona, Antoni Bosch.

Stiglitz, J. (2006). *Cómo hacer que funcione la globalización*. Bogotá, Editorial Taurus.

Trahtemberg, L. (2017). Curso de Innovación y Educación para el Futuro. Diagnósticos para el Espejo Retrovisor o Mirando hacia Adelante. Módulo 3. Maestría en Educación. Lima, Universidad San Martín de Porres – EUCIM.

Valcárcel, M. (2006). *Génesis y evolución del concepto y enfoques sobre el desarrollo*. Documento de investigación. Lima, Departamento de Ciencias Sociales, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Zapata, E. (2017). Curso de Comunicación, Educación y Sociedad del Conocimiento, Módulo 1. Maestría en Educación. Lima, Universidad San Martín de Porres – EUCIM.

Páginas electrónicas:

https://pacotraver.files.wordpress.com/2015/06/piramide_de_maslow.jpg

<http://piaget.idoneos.com/index.php/294184>.

http://es.wikipedia.org/wiki/Jean_Piaget#Asimilaci.C3.B3n.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Proped%C3%A9utica>.

<http://escale.minedu.gob.pe>

https://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible

<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/d/dewey.htm>

http://www.uhu.es/cine.educacion/figuraspedagogia/0_montessori.htm

https://es.wikipedia.org/wiki/Howard_Gardner



Conteo de Individuos de *Puya raimondii* Mediante Técnicas Geomáticas en Territorio de la Comunidad Campesina Cajamarquilla, Ancash

Counting Individuals of *Puya raimondii* Using Geomatic Techniques in the Territory of the Rural Community Cajamarquilla, Ancash

Helder E. Mallqui Meza¹

¹Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, Huaraz, Ancash

Resumen

Se ha diseñado una metodología basada en técnicas geomáticas con una exactitud que permite una aproximación bastante adecuada al dimensionamiento y distribución espacial de individuos de *Puya raimondii* en el territorio de la comunidad campesina de Cajamarquilla. El estudio cubre un área de 1736.28 ha con altitud media de 4149 msnm, localizado en la provincia de Huaraz, distrito de La Libertad, en la cabecera de la cuenca del río Casma.

Para desarrollar esta metodología, se utilizaron imágenes obtenidas con el software SAS.Planet que es un programa gratuito diseñado para ver y descargar imágenes de satélite de alta resolución y mapas convencionales de servidores como: Google Earth, Google Maps, Bing Maps y ESRI, entre otros. Se utilizaron las imágenes del servidor Google Earth perteneciente a junio del 2016, que se evaluaron estadísticamente para identificar el rango de niveles de grises representativos, tanto de la roseta como de la sombra dejada por la inflorescencia de la puya, para su discriminación de otros elementos de la imagen.

Se realizó también un control de campo mediante el conteo directo de individuos en tres parcelas de verificación de 1000 m² cada una, ubicadas espacialmente en zonas de baja, media y alta densidad de especímenes, seleccionados de manera aleatoria sobre el área de estudio. Para este trabajo de campo, se contó con la colaboración de cinco socios de la Comunidad Campesina de Cajamarquilla.

Mediante el método, se ha podido identificar 23,915 individuos de *Puya raimondii* en las 1736.28 ha correspondientes al área de estudio. Estos Individuos corresponden a plantas con rosetas de diámetros mayores a 1.2 m, encontrándose una confiabilidad promedio de 76.2%.

Palabras clave: *Puya raimondii*, SAS.Planet, filtrado de convolución, vectorización, porcentaje de confiabilidad

Abstract

A methodology based on geomatic techniques has been designed with an accuracy that allows a very adequate approximation to the sizing and spatial distribution of *Puya raimondii* individuals in the territory of the rural

community of Cajamarquilla. The study covers an area of 1736.28 ha with an average altitude of 4149 masl and is located in the province of Huaraz, district of La Libertad, at the head of the Casma river basin.

Images used to develop this methodology were obtained with SAS.Planet software, which is a free program designed to view and download high resolution satellite images and conventional maps from servers such as Google Earth, Google Maps, Bing Maps and ESRI, among others. The images from the Google Earth server from June 2016 were statistically evaluated to identify the range of gray levels representative of both the rosette and the shadow left by the inflorescence of the plant for its discrimination of other elements of the image.

A field control was also carried out by direct counting of individuals in three checkpoints of 1000 m² each, located spatially in a zone of low, medium and high density of specimens, chosen randomly over the study area. For this, five members of the rural community of Cajamarquilla participated.

By means of this method, it was possible to identify 23,915 *Puya raimondii* individuals in the 1736.28 ha corresponding to the study area. These individuals correspond to plants with rosettes having diameters greater than 1.2 m, with an average reliability of 76.2%.

Keywords: *Puya raimondii*, SAS.Planet, convolution filtering, vectorization, percentage of reliability

Introducción

La *Puya raimondii* es una planta que puede alcanzar los 14 metros de alto, siendo la única Bromeliacea que posee la inflorescencia más grande del reino vegetal (8 metros a más) con hasta 10,000 flores (Figura 1). Descubierta por Antonio Raimondi en 1867, en el departamento de Ancash, localidad de Utcuyaco, en la actual provincia de Recuay, esta planta fue denominada por él como *Pourretia gigantea*. Posteriormente, en 1928, Harms hace la descripción en latín y le cambia el nombre en honor a su descubridor (Venero, 1984). La planta crece lentamente por muchas décadas hasta formar una enorme roseta; luego produce una inflorescencia con miles de flores que se prolonga verticalmente. Las flores fecundadas dan origen



Figura 1. Rodal de *Puya raimondii* cerca de Cajamarquilla, Ancash. Foto: Henry Luis Barreto Palma.

a cientos de miles de minúsculas semillas, y después de esta producción la planta muere. Este comportamiento, consistente en la muerte del individuo al final del ciclo de floración, se conoce como monocarpia (por un fruto o carpo), contrario a la polycarpia, que se refiere al florecimiento y la fructificación varias veces en el transcurso de la vida de una planta (Grau, Gómez y Aráoz, 2010).

Dávila (citado en Salazar et al., 2010) menciona que la especie *Puya raimondii* vive generalmente en “rodales” (que significan terrenos o campos pequeños), aunque en algunas ocasiones se pueden encontrar individuos aislados. Sin embargo, la mayoría de los grupos de individuos de *Puya* presentan tanto individuos juveniles como adultos y, entre estos, se pueden encontrar también algunos en floración. Los grupos de individuos en desarrollo o pequeños se suelen encontrar en “parches”, es decir, en áreas cercanas a los individuos ya desarrollados sin inflorescencia, y a los adultos ya terminados de florecer.

La especie está considerada como una especie amenazada que no sólo afecta a la especie en sí, sino a todo su ecosistema, ya que el néctar de *Puya raimondii* podría constituir un importante recurso para picaflores altoandinos (Salinas, Arana y Suni, 2005) e incluye a una importante avifauna como ha sido mostrado en Puno (Luque, Tapia y Alcos, 2005).

La legislación nacional consideraba a esta especie como amenazada según la Resolución Ministerial No 01710-77-AG/DGFF, promulgada el 30 de setiembre de 1977, que incluía a la *Puya raimondii* en la categoría de “especie en vías de extinción”. En la actualidad, el Decreto Supremo No 043-2006-AG promulgado el 13 de julio de 2006, aprueba la categorización de especies amenazadas de flora silvestre donde la *Puya raimondii* es declarada en peligro de extinción (EN). Asimismo, a nivel mundial, la

UICN la considera dentro del listado de su libro rojo como especie en peligro de extinción.

En este sentido, uno de los primeros pasos para establecer regímenes de conservación es llevar a cabo un inventario exhaustivo de los rodales de *Puya raimondii* y, dentro de ello, el censo que se hace a través del conteo directo de los individuos. Bajo esta metodología, se tiene como antecedente algunos reportes publicados en el Perú, siendo el más reciente el que se reporta en el sector Carpa (Ancash), con 5464 ejemplares en 76 ha (Santander, 2016). Por otro lado, existe información que ha sido citada en Salazar et al. (2010), donde se menciona que en el mismo sector de Carpa el reporte más antiguo (1988) es de 34,000 ejemplares en un área de 1044 ha. Posteriormente, en 1998, se registró una población de 22,512 individuos de *Puya raimondii* con una densidad de 12.47 individuos por hectárea. Por otro lado, en el santuario de Calipuy, un estudio del año 1996 determinó que la mayor parte de las puyas se encontraban en estado juvenil, es decir sin inflorescencia aún, lo cual fue un indicativo de un gran potencial biótico, y se calcularon alrededor de 30,000 individuos. Posteriormente, en 2005, otro estudio menciona la existencia de 130,391 individuos de *Puya raimondii* en esta localidad.

En Apurímac, se tiene reportado en 2001 once rodales que abarcan un total de 101.5 ha, donde se contabilizaron 38,366 ejemplares de *Puya raimondii* con predominio de plantas tiernas – juveniles, es decir, menores de 50 cm de alto. En el bosque de Pishtac (Huancayo), se ha reportado en 2011 que existe un total de 111,318 plantas de *Puya raimondii*. En Lares (Cuzco), es de aproximadamente 1114 individuos. De los rodales existentes en Puno y Ayacucho, se desconoce el total de plantas, pero son poblaciones similares a las existentes en Carpa y Calipuy; además, hay rodales pequeños que tienen gran importancia, pero que

aún no han sido evaluados. Con respecto al rodal de puyas de Cajamarquilla, no existe ningún reporte que pueda dar luces de su población.

Objetivo

Establecer una metodología para el conteo rápido de individuos de *Puya raimondii* a través de técnicas geomáticas de bajo costo, que permita el dimensionamiento y la determinación de la distribución espacial de los mismos en el territorio de la Comunidad Campesina de Cajamarquilla.

Área de Estudio

El área de estudio se encuentra en la cuenca alta del río Casma, subcuenca Vado, en la vertiente occidental de la Cordillera Negra, entre estas coordenadas UTM (WGS84 Zona L-18 Sur): m-Este 198169 y m-Norte 8932728, m-Este 204684 y m-Norte 8928184. Cubre un área de 1736.28 ha con altitud media de 4149 msnm y una pendiente promedio de 38%. Políticamente, se encuentra localizada en la provincia de Huaraz, distrito de La Libertad, en un área perteneciente a la Comunidad Campesina de Cajamarquilla, a una distancia aproximada de 40 km de la ciudad de Huaraz por carretera.

Desde el punto de vista ecológico, tomando como referencia a NatureServe, que desarrolló en 2003 los lineamientos de una clasificación de sistemas ecológicos terrestres para Latinoamérica (Josse et al., 2003), el área de estudio corresponde a la clasificación CES409.N1 “Pajonales y rodales de puya de la puna húmeda”.

Materiales – Imágenes

Para la realización del estudio, se utilizaron imágenes obtenidas con el software SAS.Planet, que es un programa ruso gratuito diseñado para ver y descargar imágenes de satélite de alta resolución y mapas convencionales presentados por servicios tales como Google Earth, Google Maps, Bing Maps, DigitalGlobe, Yandex y otros. Pero a diferencia de otros servicios, en los mencionados, las imágenes se descargan al ordenador y se pueden ver incluso sin una conexión a Internet (SASGIS, 2017).

El mosaico de imágenes utilizado fue del servidor Google Earth perteneciente a junio del 2016, con una resolución espacial de 0.59 m. Es importante mencionar que las imágenes presentan sólo las bandas visibles del espectro electromagnético y no son imágenes originales, sino que tienen cierto grado de compresión que hace que pierdan calidad con respecto a una original, pero sin que esto sea una limitación para el procesamiento digital de la imagen.

Trabajo de Campo

La información de campo fue recogida en el mes de julio de 2016. Los equipos y materiales fueron: equipo GPS

navegador marca Garmin modelo Monterra de Exactitud +/- 3 m, con la ubicación georeferenciada de las puyas obtenidas mediante modelamiento, cámara fotográfica Nikon, cinta métrica y libreta de campo. Se contó también con el apoyo de cinco comuneros de Cajamarquilla para el conteo directo de individuos en las parcelas de muestreo.

Metodología

La metodología consistió en la identificación indirecta de individuos de *Puya raimondii* mediante imágenes de satélite de alta resolución obtenidas con el software SAS.Planet. La metodología se basa principalmente en identificar los niveles de grises representativos tanto de la roseta como de la sombra dejada por la inflorescencia de la puya en una de las bandas de la imagen de satélite.

Determinación del Área de Estudio

El área de estudio se ha determinado haciendo un análisis visual de las imágenes de satélite, identificando rodales y puyas individuales y cerrando dicho perímetro, resultando en un área de 1736.28 ha (Figura 2).

Filtrado de la Banda

Para el presente estudio, se ha utilizado un filtro de paso bajo con el objeto de restaurar errores aleatorios que pueden haberse presentado en los niveles de brillo de la imagen, producto de un defecto en la adquisición o recepción de los datos (Figura 3).

La aplicación de un filtro de frecuencia baja tiene el efecto de eliminar frecuencias altas y medias, dando como resultado una imagen que tiene un menor contraste, una apariencia más suave. Es por esto que este proceso es también denominado “suavización de imágenes” (image smoothing) y al filtro de frecuencia baja se le llama filtro de suavizado o de homogeneización (smoothing filter). Es muy fácil suavizar una imagen. El problema básico reside en que al hacerlo no se pierdan rasgos de interés. Por esta razón, el mayor énfasis a tener en cuenta en la aplicación de “filtros de baja frecuencia” es la preservación de los bordes (límites entre objetos) (ITC, 2001).

Un filtro de paso bajo muy utilizado es aquel cuya máscara de convolución tiene dimensión 3 x 3 y sus nueve coeficientes son iguales a 1/9, es decir:

$$\begin{matrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{matrix}$$

En definitiva, se trata de multiplicar dos matrices: una ventana (matriz 1) que va recorriendo toda la imagen digital (matriz 2) (Arozarena et al., 1989).

Esta máscara produce un simple promedio de los valores de brillo de los píxeles y se conoce como filtro de la media. La suma de sus coeficientes es igual a 1 y todos

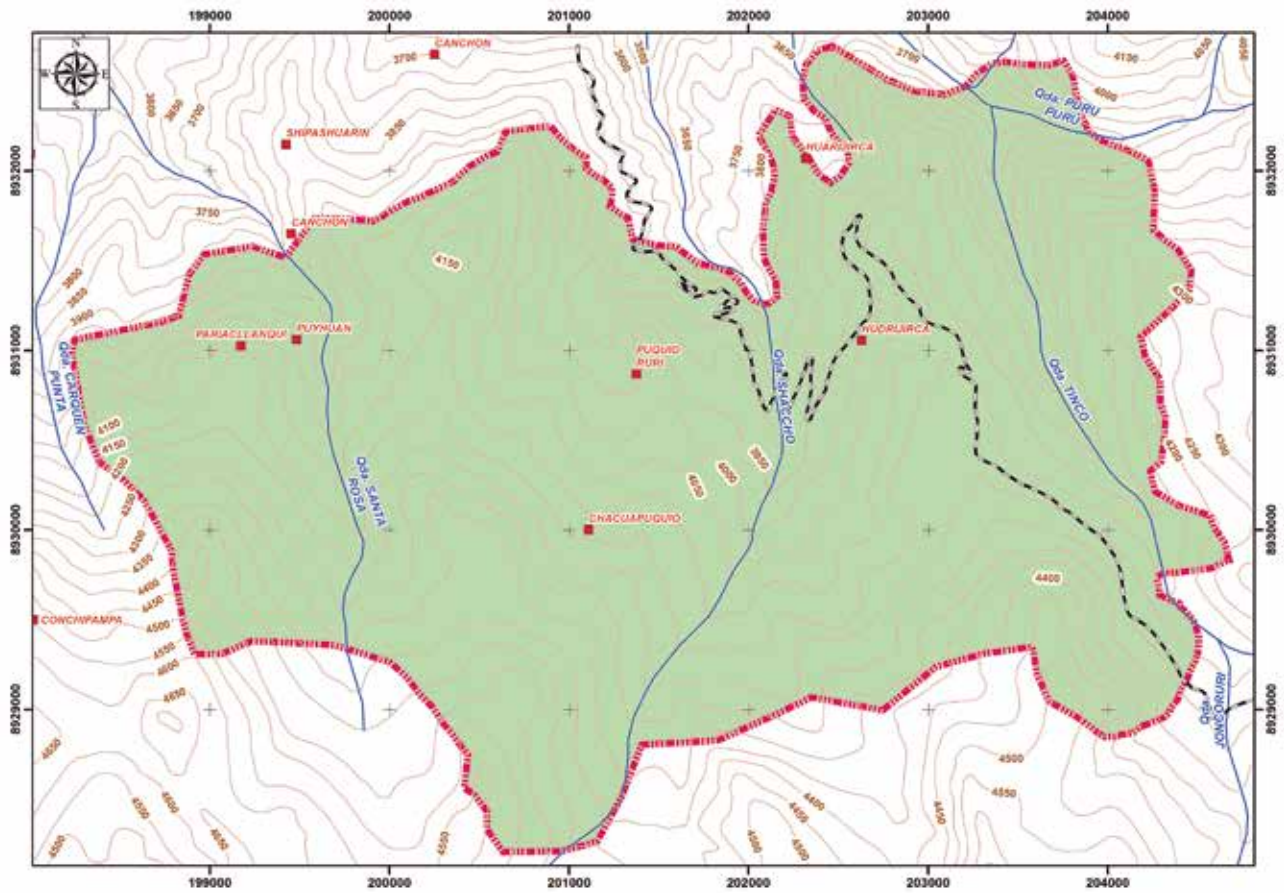


Figura 2. Área de estudio en la cabecera de la subcuenca Vado.



Figura 3. Imagen original sin filtrado.

ellos son positivos. Estas dos características son válidas para todas las máscaras de filtros de paso bajos. Si este filtro se aplica a una región de una imagen donde cada pixel del núcleo tiene el mismo valor de brillo, es decir, un área de baja frecuencia espacial, el resultado es ese mismo valor de brillo. Esto es, el valor de brillo resultante en una región de pixeles con valor de brillo constante es el mismo de entrada. Esto se corresponde con el hecho de que no existe actividad espacial en la región (falta de cambios en los niveles de gris), lo que indica que existe frecuencia espacial

0. Si se aplica en una región donde los valores de brillo de los pixeles cambian rápidamente del blanco al negro y viceversa, es decir, un área de alta frecuencia espacial, el resultado será un valor medio de gris entre los negros y los blancos. Esto produce una imagen de salida compuesta por valores medios de gris que varían levemente (Figura 4). Las transiciones de altas frecuencias, de blanco a negro, de la imagen de entrada son atenuadas a transiciones mínimas de valores de gris (Aldalur y Santamaría, 2002).



Figura 4. Imagen con filtrado de convolución 3x3 (paso bajo).

Selección de Niveles Digitales

El histograma representa la frecuencia de ocurrencia de cada uno de los niveles de gris (proporcionales a la radiometría) en una imagen digital. Su localización permite deducir la tonalidad dominante de cada banda: su anchura está relacionada con el contraste, mientras la presencia de

picos relativos puede ser testigo de determinadas clases de cobertura (Chuvieco, 1995). La forma de representación, puede ser en forma numérica o gráfica. La selección de niveles digitales se ha realizado a partir del análisis gráfico de los histogramas de las bandas de la imagen de satélite (Figura 5).

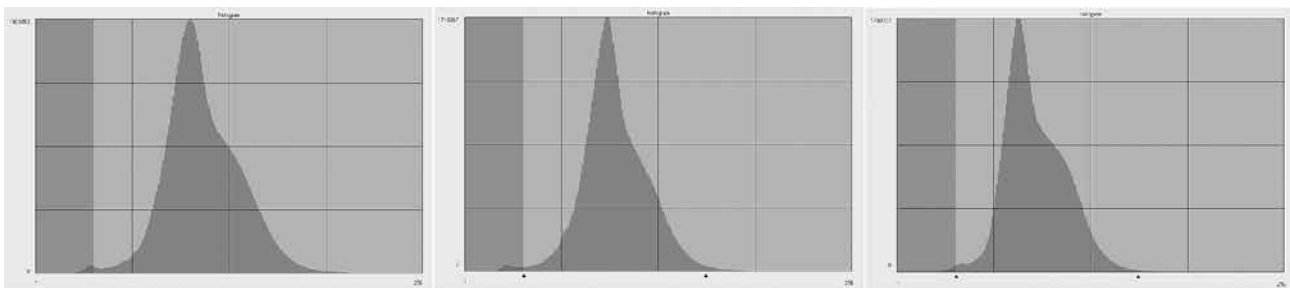


Figura 5. Histogramas de las bandas del espectro del visible de la imagen de satélite. De izquierda a derecha: Banda 1, Banda 2 y Banda 3.

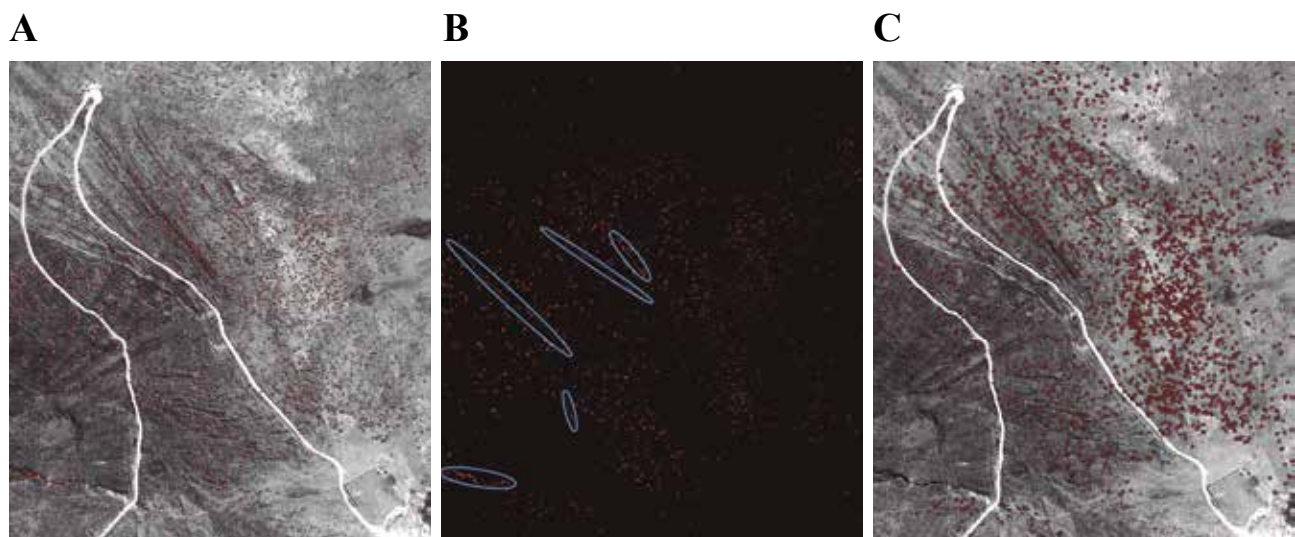


Figura 6. A) Imagen clasificada con valores digitales de 0-40; B) Píxeles vectorizados, en azul, las áreas con menor ajuste por el efecto de sombras; C) Vector polígono convertido a punto.

Luego de analizar el histograma de la imagen, se ha decidido usar los niveles digitales comprendidos entre 0-40, que son los más representativos para diferenciar tanto la roseta como la sombra dejada por la inflorescencia de la puya. La banda que ha presentado mejor contraste ha sido la Banda 1. Posteriormente, los pixeles seleccionados han sido convertidos a vector tipo polígono y luego a vector tipo punto (Figura 6).

Validación y Control de Campo

El control de campo se ha realizado mediante el conteo directo de individuos en tres parcelas de verificación de 1000 m² cada una, ubicadas espacialmente en una zona de baja, media y alta densidad de puyas, escogidas de manera aleatoria sobre el área de estudio (Figura 7). El conteo se ha realizado separando en dos grupos el número de individuos: el primer grupo con diámetros de rosetas mayores a 1.2 m y el segundo grupo aquellos con diámetros menores; esto para evaluar el grado de respuesta del método a la detección de individuos.

El porcentaje de confiabilidad se ha calculado mediante una operación matemática basada en la expresión de probabilidad según Laplace.

$$\% \text{ CONFIABILIDAD} = (1 - [\# \text{ de Diferencias} / \text{Total de Referencias}]) \times 100$$

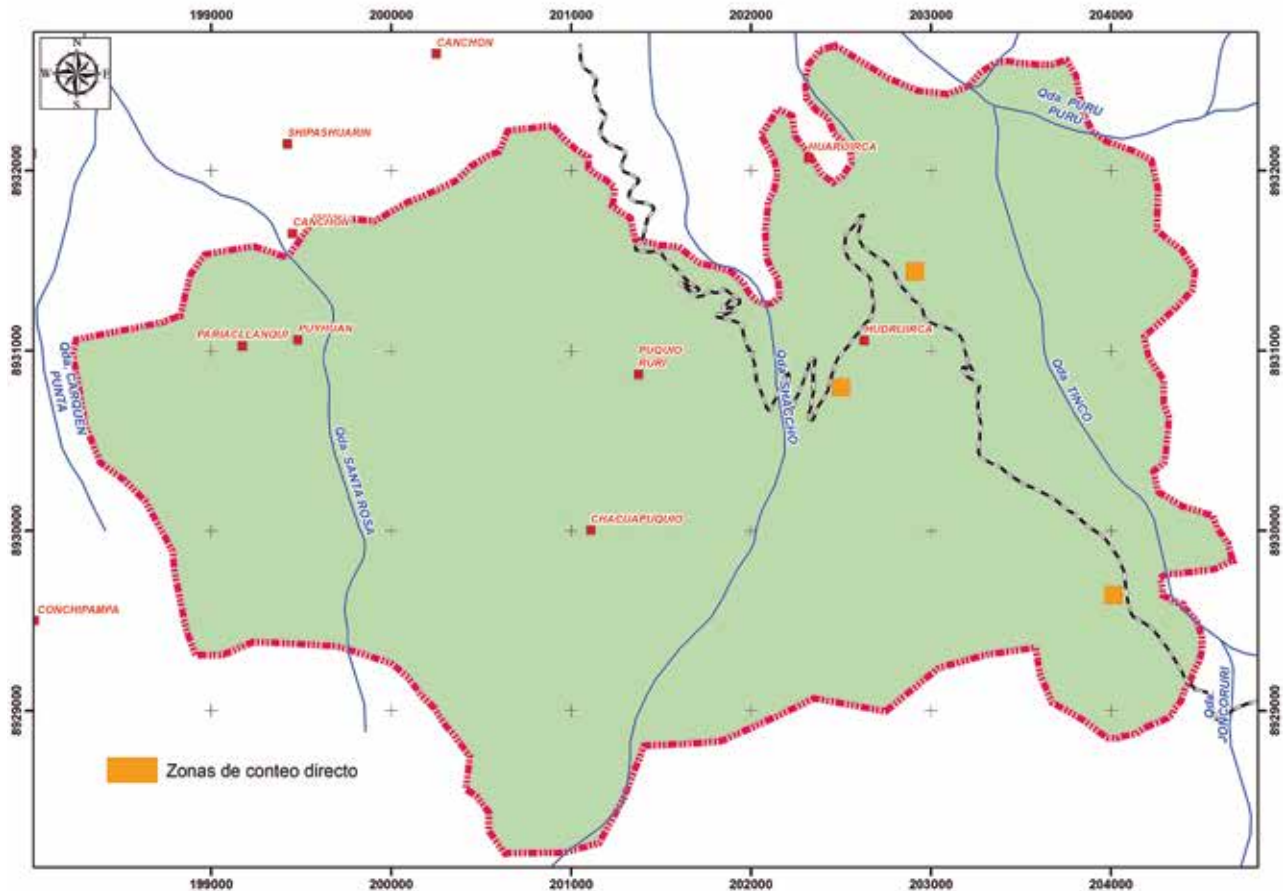


Figura 7. Ubicación de las zonas de conteo directo dentro del área de estudio.

Resultados y Discusión

Haciendo el análisis comparativo entre las tres parcelas contadas de manera directa y el número de individuos identificados mediante imágenes de satélite, existe un 76.2% de confiabilidad al identificar individuos con rosetas con diámetros mayores a 1.2 m. El porcentaje de confiabilidad disminuye si se incluye en los análisis puyas con diámetros de roseta menores, como se puede apreciar en la Tabla 1.

Mediante la aplicación del método se han logrado identificar 23,915 individuos de *Puya raimondii* en las 1736.28 ha correspondientes al área de estudio (Figura 8).

En términos generales, se tiene una densidad de individuos sobre toda el área de 14 individuos por hectárea. Al interior, se puede encontrar sectores en donde los individuos se encuentran agrupados con densidades promedio de 67 individuos por hectárea. Se puede observar que estas áreas se encuentran sobre los flancos orientales del territorio, que serían las zonas con mayor exposición solar, sustentando lo que refiere Villiger (1981), que los rodales de mayor desarrollo y densidad se encuentran localizados en lugares con estas características, así como en pendientes de moderadas a muy fuertes y lugares rocosos.

No.	Parcela	Conteo de Puyas				% Confiabilidad (1)	% Confiabilidad (2)
		(1) Rosetas D>1.2 m	Rosetas D<1.2 m	(2) Sub total	Imagen		
1.	Joncco	149	18	177	97	65.1	54.8
2.	Llaquashpampa	352	10	362	278	79.0	76.8
3.	Ancoccaca	88	15	103	74	84.1	71.8
Total		589	43	642	449	76.2	69.9

Tabla 1. Análisis de confiabilidad en la aplicación del modelo.

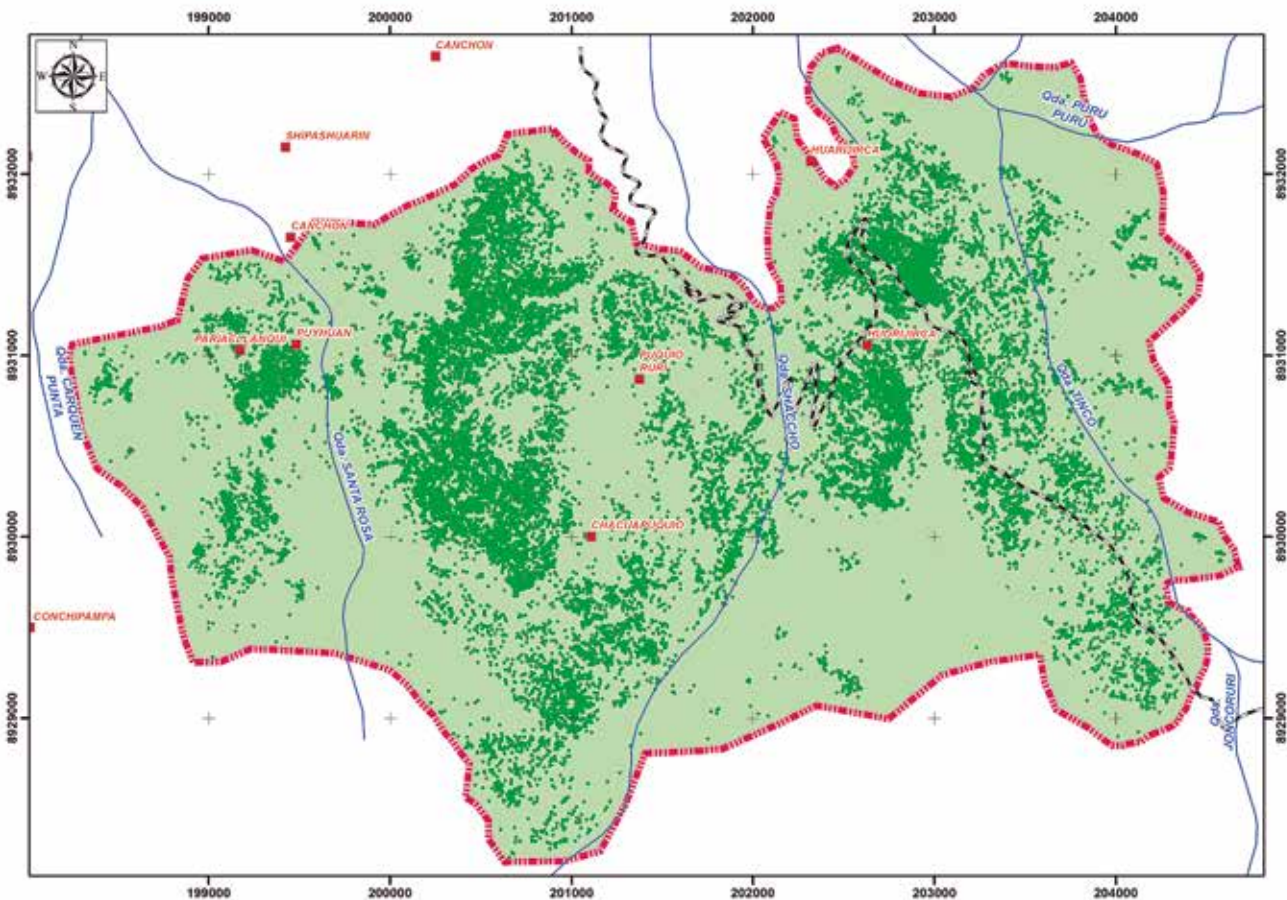


Figura 8. Distribución espacial de las 23,915 puyas identificadas.

Conclusiones

El método estudiado para el conteo de individuos de *Puya raimondii* es un método rápido, sencillo y con una exactitud que permite una aproximación bastante adecuada al dimensionamiento y distribución espacial de individuos.

Se han determinado, mediante el método, 23,915 individuos de *Puya raimondii* en las 1736.28 ha correspondientes al área de estudio. Individuos con rosetas de diámetros mayores a 1.2 m pueden ser detectados con las imágenes del SAS.Planet y con una confiabilidad promedio de 76.2%. Este valor podría incrementarse si se emplean imágenes de alta resolución originales, en donde la resolución radiométrica permanezca inalterada, lo que

podría llevar a detectar puyas de menor diámetro. Al ser un método bastante sencillo, se pueden usar imágenes de cualquier sensor de alta resolución, lógicamente dependiendo del tipo de imagen utilizada siempre se tendrá un diámetro mínimo de detección.

Al basarse el método en la detección indirecta de individuos de *Puya raimondii*, el ángulo de iluminación de las imágenes juega un papel importante en la formación de sombras y zonas oscuras, que por un lado favorece la detección de puyas como también la formación de zonas de menor ajuste, disminuyendo el grado de confiabilidad. En este sentido, la elección de la escena materia de estudio juega un papel importante para la exactitud del modelo.

Basado en la confiabilidad del método y las observaciones de campo, se puede estimar que la población de *Puya raimondii* del rodal de Cajamarquilla determinado en este estudio se podría incrementar entre 7000 y 9000 individuos más. El método es perfectible, para lo cual es necesario que se aplique en otras áreas donde se tenga censos realizados de manera directa, y poder establecer parámetros para lograr una aproximación a la población real con mayor exactitud.

Referencias

- Aldalur, B. y Santamaría, M. (2002). Realce de imágenes: Filtrado espacial. *Revista de Teledetección*, 17, 31-42.
- Arozarena, A. et al. (1989). Aplicaciones de las imágenes espaciales a la cartografía de base. En *Teledetección y planificación integrada del territorio*, 215-223. Madrid, MOPU, Madrid.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid, Ediciones RIALP.
- Grau, A., Gómez R., S. y Aráoz, E. (2010). Puyas andinas. *Ciencia Hoy*, 20(118), 8-15.
- ITC (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences). (2001). *ILWIS 3.0 Academic User's Guide*. Enschede, Holanda, ITC.
- Josse, C., Navarro, G., Comer, P., Evans, R., Faber-Langendoen, D., Fellows, J., Teague, J. (2003). *Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems*. Arlington, Virginia, NatureServe.
- Luque A., Tapia, T. y Alcos, R. (2005). Diversidad de aves y su variación altitudinal en bosques de *Puya raimondii* "gigante de la puna" y rodal de *Puya raimondii*, San Antonio de Putina-Puno. *Libro Resumen*, 120. Chiclayo, Perú, VI Congreso Nacional de Ornitología.
- Salazar, J., Cáceres de Baldarrago, F., Poma, I. y Raimondo, F. M. (2010). Diagnóstico del estado actual de conservación de *Puya raimondii* en Arequipa (Perú). *Quaderni di Botanica Ambientale e Applicata*, 21, 85-93.
- Salinas, L., Arana, C. y Suni, M. (2005). El néctar de especies de *Puya* como recurso para picaflores Altoandinos de Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14(1), 129-134.
- Santander, O. (2016). Línea base de flora y vegetación para la investigación en ecosistemas de montaña (estudio). Huaraz, Perú, Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.
- SASGIS Mapeo Web y la Navegación. (2017). SAS.Planet. Recuperado de: <http://sasgis.ru/sasplaneta>
- Venero G., J. L. (1984). El Rodal de *Puya raimondii* en Lares-Calca. *Boletín de Lima*, 31, 65-69.
- Villiger, F. (1981). Rodales de *Puya raimondii* y su protección. *Boletín de Lima*, 10, 84-91.

Breve Historia de la Ornitología en los Altos Andes del Norte del Perú y Su Importancia para la Conservación

Brief History of Ornithology in the High Andes of Northern Peru and Its Importance for Conservation

C. Steven Sevillano Ríos^{1,2} (css279@cornell.edu)

¹Cornell Lab of Ornithology, 159 Sapsucker Woods Rd., Ithaca, Nueva York 14850

²Department of Natural Resources, Cornell University, Fernow Hall, Ithaca, Nueva York 14853

Resumen

Conocer el proceso histórico de cómo se desarrolló una de las ciencias naturales con mayor auge en la actualidad, como es la ornitología, es clave para comprender y decidir qué pasos se deben tomar a fin de incorporarla como una ciencia más aplicada a la conservación de la diversidad biológica. Los Altos Andes (>3,500 m) son reconocidos como un área de alto endemismo biológico, pero también de vulnerabilidad, especialmente dentro de un contexto de cambio climático. En este artículo, se expone brevemente el desarrollo de la ornitología en una sección de los Altos Andes del norte del Perú, comprendidas principalmente por las cordilleras Blanca, Negra, Huallanca y Huayhash en los departamentos de Ancash, Lima y Huánuco. Veremos que, desde las primeras civilizaciones preincaicas, las aves fueron representadas en iconografías de la cultura Chavín y que durante las primeras expediciones (1844-1983), se hicieron los descubrimientos de nuevas especies que actualmente son endémicas del Perú, pero amenazadas y con prioridad de conservación. Subsiguientes estudios biogeográficos (1987-2011) y recientes estudios ecológicos de la comunidad de aves y los ecosistemas buscan su aplicación al manejo y conservación de varias especies amenazadas. En total, 239 especies son reportadas, siendo 23 endémicas del Perú, 12 consideradas amenazadas en la Lista Roja de la IUCN, 2 introducidas y 21 aves migratorias que pasan su época no reproductiva en estas áreas. Se espera que esta revisión 1) ayude a entender el desarrollo de la ornitología en uno de los principales centros de endemismo ornitológico altoandino y, por último, 2) contribuya a definir futuras líneas de investigación aplicada, en especial aquellas que contribuyan a mejorar las acciones de prevención y mitigación del cambio climático en la diversidad biológica de ecosistemas de montañas tropicales.

Palabras clave: *Historia de la ornitología, aves, Polylepis, Ancash, Altos Andes, conservación, especies endémicas, cambio climático*

Abstract

Knowing the historical process of how one of the natural sciences, ornithology, has developed is key to understanding and deciding what steps should be taken

in order to incorporate it as a science more applied to the conservation of biological diversity. The High Andes (>3500 m) are recognized as an area of high biological endemism, but also of vulnerability, especially within a context of climate change. This article briefly discusses the development of ornithology in a section of the high Andes of northern Peru, consisting mainly of the cordilleras Blanca, Negra, Huallanca and Huayhash in the departments of Ancash, Lima and Huánuco. We will see that, from the earliest pre-Incan civilizations, birds were represented in iconography of the Chavín culture, and that during the first expeditions (1844-1983), discoveries were made of new species that are currently endemic to Peru, but are threatened and have conservation priority. Subsequent biogeographic studies (1987-2011) and recent ecological studies of the bird communities and ecosystems seek their application to the management and conservation of several threatened species. In total, 239 species are reported, with 23 endemic to Peru, 12 considered threatened on the IUCN Red List, two introduced and 21 migratory birds that spend their non-breeding season in these areas. It is hoped that this review will (1) provide an understanding of the development of ornithology in one of the principal centers of High Andean ornithological endemism and, ultimately, (2) contribute to defining future lines of applied research, especially those that contribute to improving actions of prevention and mitigation of climate change in the biological diversity of tropical mountain ecosystems.

Keywords: *History of ornithology, birds, Polylepis, Ancash, High Andes, conservation, endemic species, climate change*

Introducción

La ornitología, área de las ciencias naturales que estudia a las aves, ha venido incrementando su popularidad a nivel mundial durante los últimos años y el Perú no es la excepción (Franke, 2007). Cada vez más personas interesadas en conocer sobre ellas desarrollan tanto investigaciones como actividades recreacionales basadas en su observación y admiración. En 2015 y 2016, el Perú se convirtió en el país con mayor número de observaciones de aves durante la competencia de avistamiento de aves más grande del mundo, Global Big Day (<http://ebird.org/ebird/globalbigday>), organizado por el Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell y ampliamente

promovido en Perú por muchas personas y organizaciones (Valqui et al., 2016). Este mismo año, en Chachapoyas, se desarrolló el X Congreso Nacional de Ornitología con una gran participación de estudiantes, biólogos, forestales, naturalistas, agencias de viajes y público en general. El hecho de que el Perú haya obtenido un bicampeonato y el segundo lugar en un evento ornitológico mundial y la gran participación del público en el congreso habla de la gran popularidad y número de adeptos que viene ganando la ornitología en nuestro país y demuestra que en el Perú existe un gran potencial para fortalecer no solo la ornitología como ciencia, sino que, a través de ella, también se pueden desarrollar las capacidades de muchos investigadores, aficionados y admiradores de la naturaleza. La incorporación de la observación de aves en actividades económicas, como el turismo de naturaleza o aviturismo, posee además el potencial de contribuir al desarrollo de poblaciones locales y en conjunto beneficiar a la conservación de la riqueza biológica peruana (Stronza y Pegas, 2008; Puhakka, Salo y Sääksjärvi, 2011; Fennell, 2014). Sin embargo, para llegar hasta esta etapa ha existido todo un proceso histórico que se remonta a muchos decenios atrás, el cual es interesante e importante conocer a fin de comprender de qué manera evolucionó la ornitología en nuestro país y cuáles deberían ser los siguientes pasos para procurar su adecuada conservación (Franke, 2007).

En este artículo se expone el caso del desarrollo de la ornitología en una sección de los Altos Andes del norte del Perú, comprendidas principalmente por las cordilleras Blanca, Negra, Huallanca y Huayhuash, dentro de los departamentos de Ancash, Lima y Huánuco (Figura 1). Esta área es reconocida como un centro de endemismo biológico y representa una de las zonas más biodiversas de los Altos Andes (Fjeldsá, 1993). Mientras la Cordillera Huayhuash está considerada como Zona Reservada (INRENA, 2003; Resolución Ministerial N° 1173-2002-AG), la Cordillera Blanca se encuentra legalmente protegida por la Reserva de Biosfera y el Parque Nacional Huascarán y posee la categoría de Patrimonio Natural de la Humanidad por la UNESCO (SERNANP, 2017).

Comenzando por la representación ornitológica a través de las primeras iconografías prehispánicas, se abordarán algunos aspectos interesantes sobre las primeras expediciones ornitológicas (1844-1983), estudios biogeográficos (1987-2011) y finalmente estudios ecológicos más recientes enfocados en su aplicabilidad en la conservación de varias especies amenazadas. Se espera que esta revisión 1) ayude a entender el desarrollo de la ornitología en uno de los principales centros de endemismo ornitológico altoandino y, por último, 2) contribuya a definir futuras líneas de investigación aplicada, en especial aquellas que contribuyan a mejorar las acciones de prevención y mitigación del cambio climático en la diversidad biológica de ecosistemas de montañas tropicales.



Figura 1. Mapa de los Altos Andes del Norte del Perú, principalmente las cordilleras Blanca, Negra, Huallanca y Huayhuash, dentro de los departamentos de Ancash, Lima y Huánuco. Solo se muestran los principales lugares donde se colectaron o desarrollaron algunos estudios ornitológicos.

El Inicio de la Ornitología en Cordillera Blanca

Aunque la ornitología en el Perú no se desarrolló formalmente como una ciencia hasta mediados de los años 1800 (Franke, 2007), las iconografías prehispánicas dan cuenta de la relevancia que las aves tuvieron en las distintas culturas del antiguo Perú. Los Altos Andes del norte del Perú, reconocidos como un área de alta importancia para la biodiversidad altoandina (Fjeldsá, 2002) -especialmente de aves (Angulo, 2009)- y como el centro con mayor concentración de glaciares tropicales en el mundo (Georges, 2004; Silverio y Jaquet, 2005), también es reconocida como una de las zonas donde surgieron algunas de las culturas prehispánicas más influyentes de los Andes. En consecuencia, no es de sorprender que mucha de la iconografía presente en las principales culturas asentadas a través de los Altos Andes del norte del Perú tuviera las aves como protagonistas. Culturas tan importantes como Chavín, cuna de la civilización andina, fue de las primeras en representar a uno de sus dioses con características antropozoomorfas que incluían garras y alas amplias el cual, de acuerdo con algunos arqueólogos (p. ej., Julio C. Tello) representaría la conexión entre el cielo y la tierra mediada por el Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) o el Águila Harpía (*Harpia harpyja*) (Curatola, 1991; y Figura 2a). Esta misma cultura representó el dualismo entre el varón y la mujer, o el macho y la hembra, en esculturas

monolíticas conocidas actualmente como las falcónidas, debido a sus características semejantes a los halcones que todavía pueden ser observadas en el complejo histórico de Chavín de Huántar (Figura 2b). La cultura Recuay, por otro lado, ubicada en el Callejón de Huaylas y muchas otras partes de la sierra de Ancash, plasmó una gran cantidad de figuras de aves en cerámica, piedra y textiles, tanto en centros ceremoniales como en tumbas que datan entre 100 y 700 d.C. Algunas de ellas incluyen la perdiz, el búho o lechuza, y palomas (Figura 2c), especies que hasta hoy son comunes y forman parte del folclore andino.

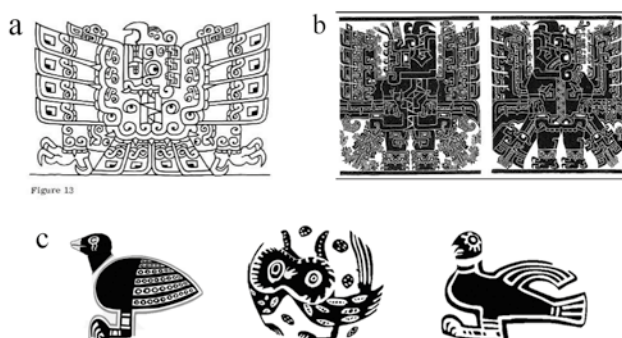


Figura 2. Representaciones iconográficas de algunas aves de la Cordillera Blanca en las culturas Chavín (a, b; Rowe, 1962) y Recuay (c; Wegner, 2011): (a) el llamado “cóndor” (sic, falcónida) de Chavín, (b) Pórtico de las Falcónidas, y (c) representaciones de perdiz, búho y paloma.

Varias de estas especies fueron nombradas comúnmente por los pobladores locales con nombres onomatopéyicos o quechuas que siguen siendo usados hasta la actualidad. Por ejemplo, el nombre “Quéshero”, se le da al Semillero de Pecho Negro (*Rhopospina fruticeti*), por el sonido del canto matutino de los machos de esta especie. Otros nombres incluyen al “Azul saco” (*Xenodacnis parina*), la “Chaquá” (*Nothoprocta ornata* y *N. pentlandi*), “Huachua” (*Cholephaga melanoptera*), “Jatun Winchus” (*Patagona gigas*), “Llacu Pato” (*Merganetta armata*), “Llacu Pishcu” (*Cinclus leucocephalus*), “Llique Llique” (*Vanellus splendans*), “Lluquis” (*Turdus chiguanco*), “Pichizanca” (*Zonotrichia capensis*), “Upa Pishco” (*Geospizopsis plebejus*), “Quilliqsha” (*Falco sparverious*), “Tuku” (*Megascops koepckeae*; *Bubo virginianus*), “Ucush Pishcu” (*Scytalopus affinis*), “Yanavico” (*Plegadis ridgwayi*), entre otros (ver Anexo 1). Sin embargo, la mayoría no posee nombres comunes nativos y varias especies pasaron desapercibidas por mucho tiempo. Es ahí donde el desarrollo de las primeras expediciones y estudios permitió ampliar nuestro conocimiento sobre las aves.

Primeras Expediciones Científicas y el Descubrimiento de Nuevas Especies (1844-1983)

Los primeros estudios ornitológicos en el Perú se iniciaron con Johann Jakob von Tschudi, quien entre 1844-1846 publicó su trabajo titulado *Untersuchungen über die Fauna Peruana*. Años más tarde, entre 1884 y 1886, Władysław Taczanowski publicó los tres volúmenes de su

obra *Ornithologie du Pérou* (Taczanowski, 1884a, 1884b, 1886). Entre 1857 y 1869, Antonio Raimondi se encontraba explorando la Cordillera Blanca, donde se tienen algunos registros que colaboró directamente con algunos ejemplares de aves para Taczanowski y el Museo de Historia Natural Javier Prado (MHNJP) (Vaurie, 1972; Valqui, 2005) (Tabla 1). Sin embargo, no es hasta 1899 en que una primera expedición llegó a los Andes del norte de Perú como parte de una iniciativa liderada por el mastozoólogo Thomas Oldfield del Departamento de Zoología del Museo Británico (Historia Natural). Entre 1898 y 1901, Oldfield junto con Perry O. Simmons colectaron una gran cantidad de especímenes a lo largo de los Andes de Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina (Chubb, 1919; Vaurie, 1972). De todas maneras, ninguna de estas exploraciones llegó a las zonas más elevadas de los Altos Andes.

Recién en marzo de 1932, Melbourne Armstrong Carriker colectó varios especímenes al norte de la Cordillera Blanca, entre los 1417 m (Yucacmarca) hasta los 4575 m en las alturas de Yánac (Stephens y Traylor, 1983). A partir de estos ejemplares, Carriker describió dos nuevas especies de aves asociadas a las zonas más altas de los bosques de queñuales (*Polylepis* spp.) (Carriker, 1933). El primero fue considerado tan particular por Carriker que creyó pertinente crear su propio género *Yanacea*; y en 1933 lo describió como *Yanacea alpinus*. Sin embargo, años después se le incluyó en el grupo de los *Anairetes* (Schulenberg y Johnson, 2011) y quedó nombrado como *Anairetes alpinus* hasta la fecha (Figura 3a). La segunda



Figura 3. Algunas de las especies amenazadas de la Cordillera Blanca, asociadas a los bosques de *Polylepis*. (A) El Torito de Pecho Cenizo (*Anairetes alpinus*), es actualmente una de las especies más amenazadas de la Cordillera Blanca y del Perú. Otras especies como (B) el Coludito Leonado (*Sylviorthorhynchus yanacensis*), (C) la Cotinga de Cachetes Blancos (*Zaratornis stresemanni*) o (D) el Ave del Queñual (*Conirostrum binghami*) también están altamente asociados a los bosques de *Polylepis*. El Parque Nacional Huascarán es uno de los pocos lugares donde su hábitat está legalmente protegido. Fotos: S. Sevillano-Ríos.

especie fue un tipo de furnarido también exclusivo de los bosques de *Polylepis* de Ancash hasta ese momento. Este fue nominado como *Leptasthenura yanacensis* (Figura 3b) en referencia al lugar de su descubrimiento, Yánac, y recientemente se le reconoció como parte del género *Sylviorthorhynchus* (Irestedt, Fjeldså, Dalén y Ericson, 2009; Derryberry et al., 2011). Años después, ambos fueron registrados en nuevas zonas del Perú, Bolivia y Argentina, pero asociado casi exclusivamente a las zonas más altas de los bosques de *Polylepis* (Pearman, 2001; Vogel y Hennessy 2002; Gómez, 2009; Schulenberg, Stotz, Lane, O'Neill y Parker, 2010). Actualmente, ambas especies son de prioridad para la conservación, debido a sus bajas poblaciones expuestas a fragmentación y pérdida de hábitat y el cambio climático (Sevillano-Ríos y Rodewald, 2017).

Otro de los ejemplares colectados correspondió a una hembra de la hasta entonces no descrita Cotinga de Cachetes Blancos (*Zaratornis stresemanni*) (Figura 3c). Sin embargo, esta fue erróneamente identificada como *Ampelion rufaxilla rufaxilla* (Meyer de Schauensee, 1953) y permaneció guardada por más de 20 años en la colección del Philadelphia Academy of Science, hasta que María Koepcke la describió como una nueva especie a partir de unos ejemplares colectados en los Bosques de Zárate, en la sierra de Lima (Koepcke, 1954). En 1939, James Bond y Rodolphe Meyer de Schauensee (1939) describieron una de las especies más comunes y abundantes de la Cordillera Blanca, el Azulito Andino (*Xenodacnis parina*) (Figura 4a), y ese mismo año, John Zimmer (1939) describió una nueva especie de Tapaculo (*Scytalopus affinis* - Rhinocryptidae), también proveniente de Yánac y restringida principalmente a los Altos Andes del Norte del Perú.

El Museo de Historia Natural Javier Prado continuó desarrollando algunas incursiones a las ciudades del Callejón de Huaylas, como en Huaraz, Monterrey y Yungay. En 1954, Celestino Kalinowski, como parte

del Field Museum of Natural History (FMNH) de Chicago, desarrolló nuevas incursiones a la Quebrada Quillcayhuanca, ubicada en las alturas (3000-4000 m) de Huaraz dentro de la Cordillera Blanca, a la hacienda Cátaq (4000 m) y a Yungay (2335 m) (Stephens y Traylor, 1983). Ese mismo año, María Koepcke y su esposo Hans-Wilhelm Koepcke comenzaron una gran lista de expediciones a las cordilleras Blanca y Negra. Sus trabajos se centraron en la colecta de especímenes para el Museo de Historia Natural Javier Prado. Entre ellos destacan los que llevaron a cabo en los bosques de *Polylepis* de Yánac (3300 m) y de la Quebrada de Llanganuco (3800 m), conocida actualmente como uno de los principales destinos turísticos dentro de Cordillera Blanca. María Koepcke (1957) describe una nueva especie de Cola de Espina (*Synallaxis zimneri*) en la Cordillera Negra, la cual hasta el día de hoy permanece muy poco conocida y estudiada (Schulenberg et al., 2010) y debido a su alto grado de restricción geográfica (solo conocida en 5 localidades) y oscilación poblacional, se la considera como una especie en peligro de extinción (EN) (BirdLife International, 2017).

En 1968, el Museo de Historia Natural de la Universidad de Louisiana (LSUMNS o LSUMZ) desarrolló una nueva expedición a Chiquián y la Cordillera Huallanca, a cargo de Short y Morony (Vaurie, 1972). Entre 1972 y 1975, otras expediciones desarrolladas por Vaurie, Hocking, Vuilleumier y Simberloff evaluaron principalmente los ecosistemas de puna con vegetación arbustiva de la Cordillera Blanca (Vaurie 1972; Vuilleumier y Simberloff, 1980). Entre 1976 y 1979, LSUMZ, Theodore Parker III y nuevamente Hocking organizaron por separado nuevas expediciones a Yánac y sus alrededores, esta vez entre los 2438 y 4572 m. Para ese tiempo, Yánac se había hecho famosa por los descubrimientos hechos años atrás por Carriker. Parker obtuvo los primeros registros de audios de muchas de las aves de los bosques de *Polylepis*, la mayoría de ellas actualmente depositadas y salvaguardadas en la



Figura 4. Aves icónicas del Parque Nacional Huascarán. (A) El azulito Andino o Azul saco (*Xenodacnis parina*), la especie más abundante en la Cordillera Blanca, es usualmente vista en grupos asociada a los bosques de Queñuales (*Polylepis* spp.) y Japru (*Gynoxys* spp.). Su plumaje azul intenso y sus complejos cantos lo hacen una de las especies más icónicas de la Cordillera Blanca. (B, juvenil) La Lechuza de Koepcke o Tuku (*Megascops koepckee koepckee*) es un ave endémica del Perú que fue descrito por primera vez tras un ejemplar proveniente de Yungay. Actualmente, se lo puede oír por las noches en varias de las quebradas de la Cordillera Blanca, como Parón y Llanganuco. Fotos: S. Sevillano-Ríos.

colección de audios del Macaulay Library del Laboratorio de Ornitología de Cornell (<http://macaulaylibrary.org/>). En 1980, Parker publicó sus observaciones sobre la biología de la Cotinga de Cachetes Blancos (*Zaratornis stresemanni*), un trabajo que es todavía una de las mejores descripciones de la biología de esta especie en situación de extinción (VU) (Parker, 1981; BirdLife International, 2017).

En 1982, Hekstra (1982) hace la descripción de una nueva lechuza que describe como *Otus choliba koepckeii*, registrada en la Quebrada Yungay, a 4000 m de elevación y asociada a bosques de *Polylepis*. Actualmente, esta es conocida como la Lechuza de Koepcke (*Megascops koepckee koepckee*) (Figura 4b). Es endémica del Perú y la población ubicada en la Cordillera Blanca es una de las que habita a mayor elevación de su distribución (4300 m) (Fjeldsá et al., 2012). Mayores detalles de éstas y otras expediciones son mostrados en la Tabla 1 y las localidades más resaltantes mostradas en la Figura 1.

De Expediciones Naturalistas a Estudios Biogeográficos (1987-2011)

Antes de 1987, las expediciones ornitológicas para los Altos Andes del norte del Perú (y en el Perú en general) se caracterizaron por su afán exploratorio, de descubrir especies nuevas a lo largo de extensas áreas de los Andes nunca exploradas con ese propósito. Estas estuvieron basadas en la colecta de una gran cantidad de especímenes, lo cual contribuyó a la descripción de nuevas especies durante esos años; sin embargo, el entendimiento de los patrones biogeográficos de su distribución estaba aún en sus etapas iniciales.

En 1987, Jon Fjeldsá y Niels Krabbe desarrollaron su primera expedición a los Andes de Perú y Bolivia con el objetivo de entender los patrones biogeográficos de las aves altoandinas e identificar zonas de endemismo, los cuales podrían ser usados para fomentar los esfuerzos de conservación de estas especies a lo largo de los Andes (Fjeldsá y Krabbe, 1990). Esta expedición formó parte del trabajo de campo para la elaboración de la una guía de las aves de los Altos Andes, *Birds of the High Andes* (Fjeldsá y Krabbe, 1990). La mayoría de sus esfuerzos estuvieron dirigidos a entender la riqueza (número) y singularidad (endemismo) de especies asociadas a los distintos hábitats altoandinos, en especial al de los bosques relictos de *Polylepis* (Fjeldsá, 1993). Una de las principales zonas de su evaluación fue la Cordillera Blanca, a la cual reconocieron como una de las principales zonas de endemismo a lo largo de los Andes junto con otras como Oyón (Lima), la Cordillera Vilcanota (Cuzco) y Cochabamba en Bolivia (Fjeldsá 1987, 2002). En total, Fjeldsá registró 98 especies de aves en su recorrido por Cordillera Blanca (Tabla 2).

Al año siguiente, Ole Frimer y Sussie Moeller Nielsen (1989) desarrollaron una evaluación más exhaustiva a lo largo de 16 localidades de la Cordillera Blanca, nueve de ellas en quebradas con extensas zonas de bosques de *Polylepis* que nunca habían sido evaluadas. Estas

incluyeron las quebradas de Shallap, Parón, Ishinca, Ulta, Conococha, Túnel de Cahuish (Pucavado), Rurichinchay, Rurec y Carhuascancha (Frimer y Moller, 1989). Es interesante notar que en esa oportunidad se registraron 120 especies, pero algunas de estas no han vuelto a ser registradas en la actualidad, como el Mosquero Variegado (*Empidonomus varius*), fotografiado en la Quebrada Rurec a 3950 m. Por muchos años, este estudio fue el más completo desarrollado en Cordillera Blanca, aunque cabe precisar que hubo algunas equivocaciones en la identificación (p. ej., *Nyctidromus albicollis* [incorrecta] por *Systellura longirostris* [correcta]).

Frimer y Moeller (1989) usaron el mismo concepto de singularidad de especies desarrollado por Fjeldsá (ver Fjeldsá, 1987) y concluyeron que las quebradas de Rurichinchay y Ulta (en los Conchucos y el Callejón de Huaylas, respectivamente) fueron las de mayor riqueza y valor ornitológico (Tabla 2). Ambas quebradas se hallan en la zona central de Cordillera Blanca y son de las más amplias de la región. Es muy probable que debido a su extensión que permite albergar una mayor diversidad de ecosistemas a lo largo del gradiente altitudinal, se hayan registrado este número tan alto de especies (Sevillano y Rodewald, 2017).

Este procedimiento de evaluación se mantuvo en varios trabajos a lo largo de los Andes Peruanos. Entre ellas figura la expedición a la Cordillera Huayhuash desarrollada por la Universidad de Oxford (Maynard y Waterton, 1998) donde se evaluó ocho nuevas quebradas dominadas por pastizales de puna y bosques de *Polylepis* (Tabla 2). En el 2002, Javier Barrio reevaluó las zonas de estudio de Frimer y Moller, y adicionó dos nuevas localidades, las quebradas de Shanoj y Ramincuray (Barrio, 2002). Barrio, halló un patrón similar con respecto a las quebradas de Ulta y Rurichinchay, y destacó que otras localidades con menor tamaño también poseían un alto número de especies de aves (p. ej. Rurec), mientras que varias especies en situación de amenaza podrían ser localmente comunes (p. ej. *Zaratornis stresemanni*).

Años después, en 2006, el equipo de la ONG ECOAN evaluó una mayor cantidad de localidades en los Conchucos, principalmente en la zona de influencia de la mina Antamina, a fin de evaluar los posibles impactos de ésta y prever acciones para su conservación y protección (ECOAN, 2005). En esta oportunidad, las evaluaciones reportaron un total de 91 especies de aves, siendo los bosques de la Quebrada de Juproc el que poseía la mayor riqueza de especies (Tabla 2). Sevillano-Ríos hizo lo propio en Rurichincha, y otras dos quebradas no evaluadas anteriormente (Cedros y Arma en Chacas) en conjunto con la Oficina del Parque Nacional Huascarán y un estudio adicional en tres quebradas de la Cordillera Blanca, una en los Conchucos y otra en Aquia, provincia de Bolognesi (Sevillano-Ríos, 2010; Sevillano-Ríos, Lloyd y Valdés-Velásquez, 2011) (Tabla 2). Finalmente, algunas notas producidas a partir de pequeñas expediciones, han permitido ampliar la lista de especies registradas en la

zona andina de Ancash, incluyendo el Colibrí de Frente de Arcoiris (*Coeligena iris*) (Sevillano-Ríos, 2012) o el Rayo-de-Sol de Dorso Púrpura (*Aglaeactis aliciae*) (Núñez, 2015).

Estudios Recientes y las Perspectivas Hacia el Futuro: Ecología y Conservación Ornitológica

Aunque la práctica de la ornitología en el Perú ha venido incrementándose durante los últimos veinte años (Franke, 2007), aún muchos aspectos de la ecología, el comportamiento, los ciclos de vida, la dinámica de las poblaciones, entre otros, son desconocidos para la gran mayoría de aves del Perú. En el caso de la Cordillera Blanca, uno de los primeros estudios ecológicos con aves fue el desarrollado por Grace Servat-Valenzuela, donde evaluó el rol de factores locales y regionales que estarían determinando la ecología de alimentación de las aves de *Polylepis* en Cordillera Blanca, Arequipa y Cuzco (Servat-Valenzuela, 2006). Ella concluyó que, con excepción del Pico Cono Gigante o Ave del Queñual (*Conirostrum binghami*) (Figura 3d), las aves de *Polylepis* parecen ser influenciadas por las fluctuaciones de los recursos alimenticios, la composición florística y la estructura de la vegetación. Sin embargo, también reconoce el rol que los ciclos climáticos y la topografía habrían tenido en estructurar las comunidades de aves de *Polylepis* en estas tres regiones. Salinas, Arana y Suni (2007) evaluaron la importancia del néctar de diversas especies de *Puya*, incluyendo los rodales de *Puya raimondii*, como fuente de recursos para la comunidad de aves altoandinas. Estos rodales también son un ecosistema de gran importancia pero que ha recibido muy poca atención desde el punto de vista científico, y nuestro entendimiento sobre su ecología aún está en desarrollo.

En 2010, Sevillano-Ríos desarrolló sus estudios sobre los efectos de la fragmentación y degradación del hábitat de *Polylepis* sobre la comunidad de aves en la Cordillera Blanca, la Cordillera Huayhuash y los Conchucos (Sevillano-Ríos, 2010; Sevillano-Ríos, Lloyd y Valdés-Valásquez, 2011). Los resultados sugerían que la comunidad de aves exhibía un patrón consistente con la hipótesis de disturbio intermedio (Connell, 1978; Sheil y Burslem, 2013), donde el mayor número de especies de aves fue registrado en bosques con moderados grados de perturbación, mientras que los bosques sin perturbación o muy perturbados siempre mostraron una menor riqueza (Sevillano-Ríos, 2010). Similares resultados fueron reportados en otras zonas de los Andes, incluyendo Argentina y Bolivia (Hjarsen y Sorensen, 1999; Matthysen, Collet y Cahill, 2008).

Durante los últimos años (2014-2016), se han desarrollado investigaciones con el objetivo de entender el grado en que distintos factores locales, espaciales y ambientales estarían determinando los patrones de diversidad de aves a lo largo de la gradiente altitudinal (entre

3300 a 4700 m) (Sevillano-Ríos, 2016; Sevillano-Ríos y Rodewald, 2017). Una de las conclusiones de estos estudios es que, pese a que la diversidad tiende a disminuir con la elevación a nivel general, la mayor riqueza de especies fue registrada a elevaciones intermedias, alrededor de los 4000 m de elevación; mientras que los patrones de endemismo y de especies más amenazadas son mayor por encima de los 4200 m. Los resultados resaltan la importancia de la conservación de los bosques de *Polylepis*, especialmente a mayores elevaciones que, independientemente de su tamaño, serían el hábitat clave para la conservación de la mayoría de las especies de aves amenazadas de esta zona de los Altos Andes (Sevillano-Ríos y Rodewald, 2017).

Finalmente, con el creciente uso de eBird, donde nuevas observaciones/registros son depositados, se ha podido actualizar la lista de especies de aves para los Altos Andes del norte del Perú. Un total de 239 especies son reportadas en el Anexo 1, siendo 23 endémicas del Perú, 12 consideradas amenazadas por la Lista Roja de la IUCN, dos introducidas y 21 aves migratorias que pasan su época no reproductiva en estas áreas.

Futuros estudios ornitológicos en los Altos Andes del norte del Perú, y a lo largo de los Andes en general, deberían ser desarrollados teniendo en cuenta el contexto de cambio climático (Crick 2004; Şekercioğlu, Primack y Wormworth, 2012). La Cordillera Blanca es uno de los lugares donde se han desarrollado una gran cantidad de investigaciones sobre los efectos del aumento de la temperatura sobre los glaciares (Georges, 2004; Racoviteanu, Arnaud, Williams y Ordóñez, 2008; Schauwecker et al., 2014); sin embargo, hasta la fecha no se sabe con certeza en qué medida este aumento estaría afectando a las comunidades biológicas altoandinas (Herzog, Martínez, Jorgensen y Tiessen, 2012). En este sentido, un adecuado sistema de monitoreo y trabajo coordinado con entidades del estado y agencias no gubernamentales podría permitir el uso de las aves para comprender de qué manera el cambio climático está afectando estas comunidades biológicas y si las acciones que se desarrollan para su mitigación están obteniendo los resultados deseados. Una estrategia usada en México y Estados Unidos es el uso de eBird como una herramienta para el monitoreo de aves en conjunto con la colaboración de la denominada ciencia ciudadana (Ortega-Álvarez, Sánchez-González y Berlanga, 2015). Esta estrategia busca involucrar a la ciudadanía en general en el registro de especies de aves a través del uso de protocolos estandarizados que pueden ayudar enormemente con el registro de especies de aves, tanto a nivel local como mundial. Ultimadamente, toda esta información puede ser usada para generar modelamientos de distribución de especies y evaluar los efectos de diversos factores ambientales. En la actualidad, este monitoreo se está desarrollando con instituciones como CONABIO (México) (<http://www.conabio.gob.mx/averaves/>) y Wildlife Conservation Society (WCS) y se espera que produzca muy buenos resultados.

Agradecimientos

Agradezco a Manuel Plenge por las referencias proporcionadas durante la elaboración de este artículo. A Steven Wegner por la invitación a participar en la revista de divulgación científica por parte de INAIGEM y a Nathaniel Young por su colaboración en la revisión y a dos revisores anónimos que ayudaron a mejorar el manuscrito.

Referencias

- Angulo, F. (2009) Perú. En Devenish, C., Díaz-Fernández, D. F., Clay, R. P., Davidson, I. J. y Yépez Zabala, Í. (Eds.). *Important bird areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*, 307-316. BirdLife Conservation Series, 16. Quito, Ecuador, BirdLife International.
- Barrio, J. (2002). Evaluación rápida de la avifauna, presencia de mamíferos y prioridades de conservación en el Parque Nacional Huascarán. Reporte Técnico para el Plan Maestro del Parque Nacional Huascarán. Huaraz, Perú, Instituto de Montaña.
- BirdLife International. (2017). *Synallaxis zimmeri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017-1. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22702375A93872341.en>.
- Bond, J. (1945). Notes on Peruvian Furnariidae. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 97, 17-39.
- Bond, J. (1955). Additional notes on Peruvian birds I. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 107, 207-244.
- Bond, J. (1956). Additional notes on Peruvian birds II. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 108, 227-247 y 279.
- Bond, J. y Meyer de Schauensee, R. (1939). Description of a new species and subspecies of *Xenodacnis*. *Notulae Naturae* [Academy of Natural Sciences of Philadelphia], 40, 1-2.
- Carriker, M. A., Jr. (1933). Descriptions of new birds from Peru, with notes on other little-known species. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 85, 1-38.
- Chubb, C. (1919). Notes on collections of birds in the British Museum, from Ecuador, Peru, Bolivia and Argentina. Part I. *Ibis*, 1(1), 1-55.
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science*, 199(4335), 1302-1310.
- Crick, H. (2004). The impact of climate change on birds. *Ibis*, 146(Suppl. 1), 48-56. <http://doi.org/doi:10.1111/j.1474-919X.2004.00327.x>
- Curatola, M. (1991). Iconografía Chavin: El Dios de los grandes colmillos. En *Los Incas y el antiguo Perú: 3000 años de historia*. Centro Cultural de la Villa de Madrid, febrero-abril 1991, 197-217.
- Derryberry, E. P., Claramunt, S., Derryberry, G., Chesser, R. T., Cracraft, J., Aleixo, A.,... Brumfield, R. T. (2011). Lineage diversification and morphological evolution in a large-scale continental radiation: The neotropical ovenbirds and woodcreepers (Aves: Furnariidae). *Evolution*, 65(10), 2973-2986.
- ECOAN. (2005). Evaluación de la biodiversidad de los bosques de *Polylepis* del Corredor de Conchucos – Huaraz. Reporte interno. Cusco, Asociación Ecosistemas Andinos (ECOAN).
- Fennell, D. A. (2014). *Ecotourism*. Nueva York, Routledge.
- Fjeldså, J. (1987). *Birds of relict forests in the high Andes of Peru and Bolivia*. Copenhagen, Zoological Museum, University of Copenhagen.
- Fjeldså, J. (1993). The avifauna of the *Polylepis* woodlands of the Andean highlands: The efficiency of basing conservation priorities on patterns of endemism. *Bird Conservation International*, 3(01), 37-55.
- Fjeldså, J. (2002). *Polylepis* forests - Vestiges of a vanishing ecosystem in the Andes. *Ecotropica*, 8, 111-123.
- Fjeldså, J. y Krabbe, N. (1990). *Birds of the high Andes: A manual to the birds of the temperate zone of the Andes and Patagonia, South America*. Copenhagen, Zoological Museum, University of Copenhagen.
- Fjeldså, J., Baiker, J., Engblom, G., Franke, I., Geale, D., Krabbe, N. K.,... Yábar, R. (2012). Reappraisal of Koepcke's Screech Owl *Megascops koepckeae* and description of a new subspecies. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 132(3), 180-193.
- Franke, I. (2007). Historia de la ornitología peruana e importancia de las colecciones científicas de aves. *Revista Peruana de Biología*, 14(1), 159-164.
- Frimer, O. y Moeller Nielsen, S. (1989). *The status of Polylepis forests and their avifauna in Cordillera Blanca, Peru: Technical report from and inventory in 1988, with suggestions for conservation management*. Copenhagen, Zoological Museum, University of Copenhagen.
- Georges, C. (2004). 20th-century glacier fluctuations in the tropical Cordillera Blanca, Perú. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 36(1), 100-107. [http://doi.org/10.1657/1523-0430\(2004\)036\[0100:TGFITT\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1657/1523-0430(2004)036[0100:TGFITT]2.0.CO;2)
- Gómez, M. I. (2009). *Anairetes alpinus*. En Aguirre, L. F., Aguayo, R., Balderrama, J. A., Cortez, C., Tarifa, T. y Rocha, O. (Eds.). *Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de*

- Bolivia, 353-354. La Paz, Bolivia, Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- Herzog, S. K., Martínez, R., Jorgensen, P. M. y Tiessen, H. (2012). *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*. Sao José dos Campos, Brasil, Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), y París, Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE).
- Hekstra, G. (1982). Description of twenty-four new subspecies of American *Otus* (Aves, Strigidae). *Bulletin Zoologisch Museum*, 9(7), 49-63. Amsterdam, Universiteit van Amsterdam.
- Hjarsen, T. y Sorensen, K. (1999). Biological diversity in high altitude woodlands and plantations in the bolivian Andes: Implications for Development of Sustainable Land-Use. En *III Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable de Montañas: entendiendo las interfaces ecológicas para la gestión de los paisajes culturales en los Andes*, 145-149. Quito, Corporación Editora Nacional.
- INRENA. (2003). *Plan maestro del Parque Nacional Huascarán 2003-2007*. Lima, Intendencia de Áreas Naturales Protegidas, INRENA.
- Irestedt, M., Fjeldså, J., Dalén, L. y Ericson, P. G. P. (2009). Convergent evolution, habitat shifts and variable diversification rates in the ovenbird-woodcreeper family (Furnariidae). *BMC Evolutionary Biology*, 9(1), 268 (13 pp.).
- Koepcke, M. (1954). *Zaratornis stresemanni* nov. gen. nov. spec, un cotingido nuevo del Perú. *Publicaciones del Museo de Historia Natural "Javier Prado"*, Serie A (Zoología), 16, 1-8. Lima.
- Koepcke, M. (1957). Una nueva especie de *Synallaxis* (Furnariidae, Aves) de las vertientes occidentales Andinas del Perú central. *Publicaciones del Museo de Historia Natural "Javier Prado"*, Serie A (Zoología), 18, 1-8. Lima.
- Matthysen, E., Collet, F. y Cahill, J. R. A. (2008). Mixed flock composition and foraging behavior of insectivorous birds in undisturbed and disturbed fragments of high-Andean *Polylepis* woodland. *Ornitología Neotropical*, 19(3), 403-416.
- Maynard, E. y Waterton, R. (1998). *An Oxford University expedition to the high altitude Polylepis forests of the Cordillera Huayhuash, central Peru*. Oxford, Peru '96 Expedition.
- Meyer de Schauensee, R. (1953). Manakins and cotingas from Ecuador and Peru. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 105: 29-43.
- Núñez Cortez, E. (2015). Primer registro del Rayo-de-Sol de Dorso Púrpura (*Aglaeactis aliciae*) para el departamento de Ancash, Perú. *Boletín de la Unión de Ornitólogos del Perú (UNOP)*, 10(1), 51-54.
- Ortega-Álvarez, R., Sánchez-González, L. A. y Berlanga García, H. (Eds.). (2015). *Plumas de multitudes: Integración comunitaria en el estudio y monitoreo de aves en México*. México, D. F., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Parker, T. A., III. (1981). Distribution and biology of the White-cheeked Cotinga *Zaratornis stresemanni*, a high Andean frugivore. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 101, 256-265.
- Pearman, M. (2001). Notes and range extensions of some poorly known birds of northern Argentina. *Cotinga*, 16, 76-80.
- Puhakka, L., Salo, M. y Sääksjärvi, I. E. (2011). Bird diversity, birdwatching tourism and conservation in Peru: A geographic analysis. *PLoS One*, 6(11), e26786.
- Racoviteanu, A. E., Arnaud, Y., Williams, M. W. y Ordóñez, J. (2008). Decadal changes in glacier parameters in the Cordillera Blanca, Peru, derived from remote sensing. *Journal of Glaciology*, 54(186), 499-510.
- Rowe, J. H. (1962). *Chavín art, an inquiry into its form and meaning*. Nueva York, Museum of Primitive Art.
- Salinas, L., Arana, C. y Suni, M. (2007). El néctar de especies de *Puya* como recurso para picaflores altoandinos de Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14(1), 129-134.
- Schauwecker, S., Rohrer, M., Acuña, D., Cochachin, A., Dávila, L., Frey, H.,... Vuille, M. (2014). Climate trends and glacier retreat in the Cordillera Blanca, Peru, revisited. *Global and Planetary Change*, 119, 85-97. <http://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.05.005>
- Schulenberg, T. S., Stotz, D. F., Lane, D. F., O'Neill, J. P. y Parker, T.A., III. (2010). *Birds of Peru: Revised and updated edition*. Princeton, Nueva Jersey, Princeton University Press.
- Schulenberg, T. S. y Johnson, T. (2011). Ash-breasted Tit-Tyrant (*Anairetes alpinus*). En Schulenberg, T. S., Ed. *Neotropical Birds Online*. Ithaca, Nueva York, Cornell Lab of Ornithology. Retrieved from Neotropical Birds Online: <https://neotropical.birds.cornell.edu/Species-Account/nb/species/abtyr1/overview>
- Şekercioğlu, Ç. H., Primack, R. B. y Wormworth, J. (2012). The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation*, 148(1), 1-18. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.10.019>
- SERNANP. (2017). *Plan maestro del Parque Nacional Huascarán 2017-2021*. Lima, SERNANP.

- Servat-Valenzuela, G. P. (2006). *The role of local and regional factors in the foraging ecology of birds associated with Polylepis woodlands*. Tesis doctoral. St. Louis, Missouri, University of Missouri.
- Sevillano-Ríos, C. S. (2010). *Efectos de la fragmentación y degradación de hábitat de Queñual (Polylepis spp.) con respecto a la avifauna asociada en la Reserva de Biosfera Huascarán*. Tesis de licenciatura. Lima, Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Sevillano-Ríos, C. S., (2012). Rainbow Starfrontlet *Coeligena iris* in Huascarán National Park, Ancash, Peru. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 132(3), 207-209.
- Sevillano-Ríos, C. S. (2016). *Diversity, ecology, and conservation of bird communities of Polylepis woodlands in the northern Andes of Peru*. Tesis de magister. Ithaca, Nueva York, Cornell University. Acceso libre en <http://doi.org/10.7298/X45D8PSK>
- Sevillano Ríos, S., Lloyd, H. y Valdés-Velásquez, A. (2011). Bird species richness, diversity and abundance in *Polylepis* woodlands, Huascarán biosphere reserve, Peru. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 46(1), 69-76.
- Sevillano-Ríos, C. S. y Rodewald, A. D. (2017). Avian community structure and habitat use of *Polylepis* forests along an elevation gradient. *PeerJ*, 5:e3220. <https://doi.org/10.7717/peerj.3220>
- Sheil, D. y Burslem, D. F. R. P. (2013). Defining and defending Connell's intermediate disturbance hypothesis: A response to Fox. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(10), 571-572. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2013.07.006>
- Silverio, W. y Jaquet, J-M. (2005). Glacial cover mapping (1987-1996) of the Cordillera Blanca (Peru) using satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 95(3), 342-350.
- Stephens, L. y Traylor, M. A., Jr. (1983). *Ornithological Gazetteer of Peru*. Cambridge, Harvard University.
- Stronza, A. y Pêgas, F. (2008). Ecotourism and conservation: Two cases from Brazil and Peru. *Human Dimensions of Wildlife*, 13(4), 263-279.
- Taczanowski, W. (1884a). *Ornithologie du Pérou, vol. 1*. Rennes, Typographie Oberthür.
- Taczanowski, W. (1884b). *Ornithologie du Pérou, vol. 2*. Rennes, Typographie Oberthür.
- Taczanowski, W. (1886). *Ornithologie du Pérou, vol. 3*. Rennes, Typographie Oberthür.
- Tschudi, J. J., von. (1844-1846). *Untersuchungen über die Fauna Peruana*. *Ornithologie*. St. Gallen, Suiza, Scheitlin und Zollikofer.
- Valqui, T. (2005). *Perú – Edén natural de aves / Peru – Natural Eden of birds*. Lima, Graph y Consult.
- Valqui, T., Novoa, J. y Angulo, F. (Eds.). (2016). *Memoria del Global Big Day Perú 2016*. Lima, Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI).
- Vaurie, C. (y Zimmer, J. T.). (1972). An ornithological gazetteer of Peru (based on information compiled by J. T. Zimmer). *American Museum Novitates*, 2491. Nueva York, American Museum of Natural History.
- Vogel, C. y Hennessy, A. B. (2002). Discovery of a new site for Ash-brested Tit-tyrant *Anairetes alpinus* in Bolivia. *Cotinga*, 17, 80.
- Vuilleumier, F. y Simberloff, D. 1980. Ecology versus history as determinants of patchy and insular distribution in high Andean birds. *Evolutionary Biology*, 12, 235-379.
- Wegner, S. A. (2011). *Iconografías prehispánicas de Ancash. Tomo II: Cultura Recuay*. Lima, Asociación Ancash.
- Zimmer, J. T. (1939). Studies of Peruvian birds, no. 32: The genus *Scytalopus*. *American Museum Novitates*, 1044, 1-18.

Tabla 1. Lista de las principales expediciones ornitológicas desarrolladas en la Cordillera Blanca - Ancash entre 1883 y 1983.

Autor	Año	Localidades	Comentarios	Referencias
Raimondi, A.	1883	Cajacay (2599 m)	Parte alta del río La Fortaleza	Taczanowski, 1883; Stephens y Traylor, 1983
Simons, P. O.	1899	Ticapampa (3456 m) Caraz (2256 m) Carhuaz (2638 m) Corongo (3192 m) Yungay (2458 m) Yuracmarca (1417 m) Recuay (3394 m) Chiquian (3374 m)	Colecta de aves	Chubb, 1919 Chubb, 1919 Chubb, 1919b:3 Chubb, 1919b:3 Chubb, 1919b:4 Vaurie, 1972; Stephens y Traylor, 1983 Chubb, 1919; Stephens y Traylor, 1983 Vaurie, 1972; Stephens y Traylor, 1983
Anderson	1914	Macate (2712 m)	2745-3660 m	
Chapman	1927	Macate (2712 m)		
Carriker	1932	Quebrada Urcón (3000 m) Yánac (2860 m)	Cerca Yánac Al pie del glaciar 3660-4575 m	Stephens y Traylor, 1983 Stephens y Traylor, 1983
	1932	Yuracmarca (1417 m) Quiches (3012 m) San Pedro (1829 m) Santa Clara (3000 m)	10 km Oeste del río Marañón Zona baja del río Sihuas, a la izq. del río Marañón Hacienda Santa Clara, en Quebrada Ollucoragra	Stephens y Traylor, 1983 Stephens y Traylor, 1983 Carriker, 1933; Stephens y Traylor, 1983 Stephens y Traylor, 1983
Ortiz de la Puente	1948	Monterrey (3000 m) Huaraz (3052 m) Yungay (2458 m)	MHNJP MHNJP MHNJP	Stephens y Traylor, 1983 Stephens y Traylor, 1983 Stephens y Traylor, 1983
Kalinowski, C. FMNH	1954	Huaraz (3052 m) Tullparaju (4300 m)	Camino a Tullparaju Montaña cerca de Huaraz con amplios bosques de <i>Polylepis</i> y zonas de gras; en las zonas más profundas de Quillcayhuanca	FMNH Stephens y Traylor, 1983
		Quillcayhuanca (4000 m) Cátac (4000 m) Yungay (2335 m)	Cerca de Huaraz, bosques de <i>Polylepis</i> y zonas de pastizal Hacienda Cátac en ese tiempo FMNH	Stephens y Traylor, 1983 Stephens y Traylor, 1983 Stephens y Traylor, 1983
Koepcke, M.	1954	Yánac (2860 m)	3000-3300 m	M. Koepcke 1961; Stephens y Traylor, 1983
	1958 1960	Monterrey (3000 m) Llanganuco (3600 m)	MHNJP Cerca de la laguna de Chinancocha y bosques de <i>Polylepis</i> , MHNJP	Stephens y Traylor, 1983 Stephens y Traylor, 1983
Koepcke, H. W.	1961	Maqui-Maqui Huallanca (1377-1830 m) Urcón (3000 m)	Cerca de Yánac Hacienda Urcón, cerca de Yánac	Stephens y Traylor, 1983
Koepcke, M.	1963	Lake Querococha (3500-4000 m)	Primeros registros de <i>Phrygilus alaudinus</i> , camino a Chavín de Huántar. Con pocos árboles de <i>Polylepis</i> , sobretodo pastizales de <i>ichu</i>	Stephens y Traylor, 1983
Short y Morony	1968	Chiquián - Huallanca (4270 m)	Áreas de puna al S de Cordillera Blanca; expedición parte de LSUMZ	Short y Morony, 1969
Vaurie	1972	Carhuaz (2638 m) Corongo (3192 m) Parcopampa (3500 m) Yungay (2458 m)	S de Ticapampa, frente a Cátac en Cordillera Negra	Stephens y Traylor, 1983

Autor	Año	Localidades	Comentarios	Referencias
Hocking	1974 1975	Huaylas (2721 m) Huallanca (1377-1830 m)	Al norte de Caraz Huaylas	Stephens y Traylor, 1983
Vuilleumier y Simberloff	1975	Carpa (4050 m)	Áreas de puna al S de Cordillera Blanca	
Vuilleumier y Simberloff	1975	Queshque (4100 m) Cajamarquilla (3514 m)	Áreas de puna al S de Cordillera Blanca Hasta 4050 m; puna y vegetación abierta de pastizal	Vuilleumier y Simberloff, 1980; Stephens y Traylor, 1983
LSU	1976	Yánac (2860 m)	LSUMZ 2438-4572 m	Stephens y Traylor, 1983
Hocking	May 1978	Quebrada Runinura (3505 m) Quitacocha Incapamanán (2164 m)	Cerca de Huaylas	Stephens y Traylor, 1983
	May 1979	Yánac (2860 m)	2438-3100 m	Stephens y Traylor, 1983
Parker	1974 - 1978	Yánac (2860 m)	En bosques de <i>Polylepis</i>	Parker, 1980
	1982	Llanganuco (3400-4700 m)		Stephens y Traylor, 1983
?	?	Túnel de Cahuish (3965 m)	MVZ, camino a Chavín de Huántar, áreas grandes de <i>Polylepis</i>	Stephens y Traylor, 1983
Harvard Peruvian Expedition	?	Laguna Jahuacocha (4053 m)	Cara E del Yerupajá	Vaurie, 1972; Stephens y Traylor, 1983
	?	Laguna Jahuacocha (4053 m)	Cordillera Huayhuash	
LSUMZ	1982	11 km S de Huaraz (3965 m) y 40 km S (3813 m) Quebrada Punco Bosque Quispis Monte Huallanca (1377-1830 m) Lake Conococha (4100 m) Aquia	LSUMZ LSUMZ; S de Yánac, cerca de Tutapar LSUMZ LSUMZ LSUMZ LSUMZ	Stephens y Traylor, 1983
Parker, Parker y Plenge	1982	Llanganuco (3400-4700 m)		Stephens y Traylor, 1983

Tabla 2. Lista de estudios ornitológicos desarrollados a partir de 1987 en la Cordillera Blanca.
 [S' = Número de especies; VO = Valor ornitológico]

Estudio	Localidad	S'	VO	Hábitat
Fjeldsá, 1987	Pucavado	45	42	<i>Polylepis</i>
	Cordillera Blanca	98	NA	Varios
Frimer y Moeller, 1988	Rurichinchay	50	44	<i>Polylepis</i> y <i>Alnus</i>
	Uta	44	33	Puna, arbustivas y
	Rurec	43	29	<i>Polylepis</i>
	Carhuascancha	37	30	<i>Polylepis</i>
	Parón	36	34	<i>Polylepis</i>
	Ishinca	35	30	<i>Polylepis</i>
	Shallap	19	13	<i>Polylepis</i>
Oxford University, 1996	Huamanhueque	27	NA	<i>Polylepis</i>
	Maca Ragra	39	NA	<i>Polylepis</i>
	Rariash	32	NA	<i>Polylepis</i>
	Milu	33	NA	<i>Polylepis</i>
	Cuncush	33	NA	<i>Polylepis</i>
	Quenquen	31	NA	<i>Polylepis</i>
	Mancan	40	NA	<i>Polylepis</i>
	Matibamba	30	NA	<i>Polylepis</i>
Barrio, 2002	Parón	40	22	<i>Polylepis</i>
	Uta	42	23	<i>Polylepis</i>
	Ishinca	36	28	<i>Polylepis</i> y Puna
	Shallap	26	24	<i>Polylepis</i> y Puna
	Rurec	41	27	<i>Polylepis</i>
	Rurichinchay	51	36	<i>Polylepis</i>
	Shanoj	20	24	<i>Polylepis</i> y <i>Alnus</i>
	Ramincuray	22	18	<i>Polylepis</i>
ECOAN, 2005	Tacarpó	35	38	<i>Polylepis</i>
	Gague	41	47	<i>Polylepis</i>
	Pacchac	45	47	<i>Polylepis</i>
	Yanacocha	42	52	<i>Polylepis</i>
	Pumahuain	39	50	<i>Polylepis</i>
	Chacacmonte	38	48	<i>Polylepis</i>
	Canrash	54	41	<i>Polylepis</i>
	Juproc	58	58	<i>Polylepis</i>
	Pachapaqui	40	35	<i>Polylepis</i>
	Winco	44	46	<i>Polylepis</i>
	Jupaymarca	51	50	<i>Polylepis</i>
Huamanhueque	39	47	<i>Polylepis</i>	
Sevillano-Ríos, 2009 (Plan Maestro PNH)	Cedros	60	47	<i>Polylepis</i> y Puna
	Arma (Chacas)	51	42	<i>Polylepis</i> y Puna
	Rurichinchay	59	51	<i>Polylepis</i> , Puna y <i>Alnus</i>
Sevillano-Ríos et al., 2011	Demanda (Llanganuco)	42	49	<i>Polylepis</i>
	Aquillpo	33	39	<i>Polylepis</i>
	Rurichinchay	32	24	<i>Polylepis</i>
	Gague	37	40	<i>Polylepis</i>
	Huamanhueque	18	20	<i>Polylepis</i>

Anexo 1: Lista de las 239 especies de aves registradas a lo largo de los Altos Andes del Norte del Perú. Esta lista incluye los registros de la vertiente occidental de la Cordillera Negra, el Callejón de Huaylas, la Cordillera Blanca, los Conchucos, la Cordillera Huayhuash y la cabecera del río Marañón (actualizada al 15 de mayo de 2017).

#	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus
1	Tinamidae	<i>Nothoprocta ornata</i>	Perdiz Cordillerana	x
2	Tinamidae	<i>Nothoprocta pentlandii</i>	Perdiz Andina	x
3	Tinamidae	<i>Tinamotis pentlandii</i>	Perdiz de Puna	x*
4	Anatidae	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Ganzo Andino Huallata	x
5	Anatidae	<i>Merganetta armata</i>	Pato de los Torrentes	x
6	Anatidae	<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato Crestón	x
7	Anatidae	<i>Anas flavirostris</i>	Pato Barcino	x
8	Anatidae	<i>Anas georgica</i>	Pato Jergón	x
9	Anatidae	<i>Anas bahamensis</i>	Pato Gargantillo	x
10	Anatidae	<i>Anas puna</i>	Pato Puna	x
11	Anatidae	<i>Anas discors</i>	Pato de Ala Azul	NR
12	Anatidae	<i>Anas cyanoptera</i>	Pato Colorado	x
13	Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Rana	x
14	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco Chileno, Parihuana	x
15	Podicipedidae	<i>Rollandia rolland</i>	Zambullidor Pimpollo	x
16	Podicipedidae	<i>Podiceps occipitalis</i>	Zambullidor Plateado	x
17	Podicipedidae	<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor de Pico Grueso	x*
18	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma Doméstica	IN
19	Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>	Paloma de Nuca Blanca	x
20	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma de Puntas Blancas	x
21	Columbidae	<i>Zenaida meloda</i>	Tórtola Melódica	x
22	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola Orejuda	x
23	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	Tortolita Peruana	x
24	Columbidae	<i>Mitriopelia ceciliae</i>	Tortolita Moteada	x
25	Columbidae	<i>Mitriopelia melanoptera</i>	Tortolita de Ala Negra	x
26	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras Menor	x*
27	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras de Ala Bandeada	x
28	Caprimulgidae	<i>Systellura decussata</i>	Chotacabras de Tschudi	x*
29	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo de Collar Blanco	x
30	Apodidae	<i>Chaetura pelagica</i>	Vencejo de Chimenea	NR
31	Apodidae	<i>Aeronautes andecolus</i>	Vencejo Andino	x
32	Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>	Colibrí Oreja-Violeta de Vientre Azul	x
33	Trochilidae	<i>Polyonyx caroli</i>	Cometa de Cola Bronceada	x(e)
34	Trochilidae	<i>Taphrolesia griseiventris</i>	Cometa de Vientre Gris	x(e) EN
35	Trochilidae	<i>Oreotrochilus estella</i>	Estrella Andina	x
36	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Colibrí de Cola Larga Negra	x
37	Trochilidae	<i>Lesbia nuna</i>	Colibrí de Cola Larga Verde	x
38	Trochilidae	<i>Chalcostigma olivaceum</i>	Pico-Espina Oliváceo	x
39	Trochilidae	<i>Chalcostigma stanleyi</i>	Pico-Espina de Dorso Azul	x
40	Trochilidae	<i>Metallura tyrianthina</i>	Colibrí Tiro	x
41	Trochilidae	<i>Metallura phoebe</i>	Colibrí Negro	x(e)
42	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Rayo de Sol Brillante	x
43	Trochilidae	<i>Coeligena iris</i>	Inca Arcoiris	x
44	Trochilidae	<i>Patagona gigas</i>	Colibrí Gigante/Jatun Winchus	x
45	Trochilidae	<i>Myrtis fanny</i>	Estrellita de Collar Púrpura	x
46	Trochilidae	<i>Rhodopis vesper</i>	Colibrí de Oasis	x
47	Trochilidae	<i>Thaumastura cora</i>	Colibrí de Cora	x
48	Trochilidae	<i>Leucippus taczanowski</i>	Colibrí de Taczanowski	x(e)
49	Rallidae	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Rascón Plomizo	x
50	Rallidae	<i>Gallinula galeata</i>	Polla de Agua Común	x
51	Rallidae	<i>Fulica gigantea</i>	Gallareta Gigante	x
52	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Gallareta Andina	x
53	Charadriidae	<i>Pluvialis dominica</i>	Chorlo Dorado Americano	NR
54	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	Avefría Andina	x
55	Charadriidae	<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo Gritón	x
56	Charadriidae	<i>Phegornis mitchellii</i>	Chorlo Cordillerano	x
57	Charadriidae	<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la Puna	x*
58	Charadriidae	<i>Charadrius semipalmatus</i>	Chorlo Semipalmado	NR
59	Charadriidae	<i>Oreopholus ruficollis</i>	Chorlo de Campo	x*
60	Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlo del Artico	NR
61	Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito Trinador	x*
62	Scolopacidae	<i>Limosa haemastica</i>	Aguja de Mar	x*
63	Scolopacidae	<i>Calidris bairdii</i>	Playerito de Baird	NR
64	Scolopacidae	<i>Calidris minutilla</i>	Playerito Menudo	NR
65	Scolopacidae	<i>Calidris melanotos</i>	Playerito Pectoral	NR
66	Scolopacidae	<i>Gallinago jamesoni</i>	Becasina de Jameson	x
67	Scolopacidae	<i>Gallinago andina</i>	Becasina de la Puna	x
68	Scolopacidae	<i>Phalaropus tricolor</i>	Faláropo tricolor	NR

#	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus
69	Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>	Playero Coleador	NR
70	Scolopacidae	<i>Tringa solitaria</i>	Playero Solitario	NR
71	Scolopacidae	<i>Tringa incana</i>	Playero Vagabundo	NR
72	Scolopacidae	<i>Tringa melanoleuca</i>	Playero Pata Amarillo Mayor	NR
73	Scolopacidae	<i>Tringa flavipes</i>	Playero Pata Amarillo Menor	NR
74	Scolopacidae	<i>Arenaria interpres</i>	Vuelvepedras Rojizo	x*
75	Thinocoridae	<i>Attagus gayi</i>	Agachona de Vientre Rufo	x
76	Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus</i>	Agachona de Pecho Gris	x
77	Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	x
78	Laridae	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaviota de Capucha Gris	x
79	Hydrobatidae	<i>Oceanodroma hornbyi</i>	Golondrina de Mar Acollarada	x
80	Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huaco Común	x
81	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcita Bueyera	x
82	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza Grande	x
83	Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	Garcita Blanca	x
84	Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	Garcita Azul	x
85	Ardeidae	<i>Butorides striata</i>	Garcita Estriada	x*
86	Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la Puna/Yanabico	x
87	Threskiornithidae	<i>Theristicus branickii</i>	Bandurria Andina	x
88	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo de Cabeza Roja	x
89	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo de Cabeza Negra	x
90	Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor Andino	x NT
91	Accipitridae	<i>Circus cinereus</i>	Aguilucho Cenizo	x
92	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Aguilucho Variable	x
93	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Aguilucho de Pecho Negro	x
94	Accipitridae	<i>Buteo albigula</i>	Aguilucho de Garganta Blanca	x
95	Falconidae	<i>Phalcooboenus megalopterus</i>	Caracara Cordillerano/China Linda	x
96	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernicalo Americano/Quilliksha	x
97	Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	Halcón Aplomado	x
98	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	x
99	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero de pico estriado	x
100	Strigidae	<i>Megascops koepckeae</i>	Lechuza de Koepcke/Tuku	x(e)
101	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Buho Americano	x
102	Strigidae	<i>Glaucidium peruanum</i>	Lechucita Peruana	x
103	Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	Lechuza Terrestre	x
104	Picidae	<i>Leuconotopicus fumigatus</i>	Carpintero Pardo	x
105	Picidae	<i>Colaptes atricollis</i>	Carpintero de Cuello Negro	x(e)
106	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero Andino	x
107	Psittacidae	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	Perico Cordillerano	x
108	Psittacidae	<i>Bolborhynchus orbynesius</i>	Perico Andino	x
109	Psittacidae	<i>Psittacara wagleri</i>	Cotorra de Frente Escarlata	x
110	Grallariidae	<i>Grallaria andicolus</i>	Tororoí de Cabeza Listada	x
111	Rhinocryptidae	<i>Scytalopus affinis</i>	Tapaculo de Ancash/Ucush Pishcu	x(e)
112	Furnariidae	<i>Geositta saxicolina</i>	Minero Andino	x(e)
113	Furnariidae	<i>Geositta tenuirostris</i>	Minero de Pico Largo	x
114	Furnariidae	<i>Geositta cunicularia</i>	Minero Común	x
115	Furnariidae	<i>Geocerthia serrana</i>	Bandurrita Peruana	x(e)
116	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	Bandurrita de Pecho Anteadado	x
117	Furnariidae	<i>Cinclodes albidiventris</i>	Churrete de Ala Castaña	x
118	Furnariidae	<i>Cinclodes palliatus</i>	Churrete de Vientre Blanco	x* EN
119	Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	Churrete de Ala Blanca	x
120	Furnariidae	<i>Sylviorthorhynchus yanacensis</i>	Tijeral Leonado	x NT
121	Furnariidae	<i>Leptasthenura pileata</i>	Tijeral de Corona Castaña	x(e)
122	Furnariidae	<i>Leptasthenura striata</i>	Tijeral Listado	x
123	Furnariidae	<i>Leptasthenura andicola</i>	Tijeral Andino	x
124	Furnariidae	<i>Asthenes dorbignyi sub nw spp.</i>	Canastero de Cola Palida	x**
125	Furnariidae	<i>Asthenes flammulata</i>	Canastero Multilistado	x
126	Furnariidae	<i>Asthenes wyatti</i>	Canastero de Dorso Rayado	x
127	Furnariidae	<i>Asthenes humilis</i>	Canastero de Garganta Rayada	x
128	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	Canastero Cordillerano	x
129	Furnariidae	<i>Asthenes pudibunda</i>	Canastero de Quebradas	x
130	Furnariidae	<i>Cranioleuca baroni</i>	Cola Espina de Baron	x(e) NT
131	Furnariidae	<i>Synallaxis hypochondriaca</i>	Cola Espina Grande	x
132	Furnariidae	<i>Synallaxis zimmeri</i>	Cola Espina de Vientre Rojizo	x(e) EN
133	Tyrannidae	<i>Elaenia albiceps</i>	Fío-Fío de Cresta Blanca	x
134	Tyrannidae	<i>Camptostoma obsoletum</i>	Mosquerito Silbador	x
135	Tyrannidae	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	Tiranillo de Garganta Blanca	x
136	Tyrannidae	<i>Anairetes nigrocristatus</i>	Torito de Cresta Negra	x
137	Tyrannidae	<i>Anairetes reguloides</i>	Torito de Cresta Pintada	x
138	Tyrannidae	<i>Anairetes alpinus</i>	Torito de Pecho Cenizo	x EN
139	Tyrannidae	<i>Anairetes flavirostris</i>	Torito de Pico Amarillo	x
140	Tyrannidae	<i>Anairetes parulus</i>	Torito Copetón	x*

#	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus
141	Tyrannidae	<i>Serpophaga cinerea</i>	Moscareta de los Torrentes	x
142	Tyrannidae	<i>Euscarthmus meloryphus</i>	Tirano Pigmeo de Corona Leonada	x
143	Tyrannidae	<i>Pseudelaenia leucospodia</i>	Moscareta Gris y Blanca	x*
144	Tyrannidae	<i>Myiophobus fasciatus</i>	Mosquerito de Pecho Rayado	x
145	Tyrannidae	<i>Contopus cinereus</i>	Pibí Tropical	x
146	Tyrannidae	<i>Sayornis nigricans</i>	Mosquero de Agua	x
147	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero Vermillón/Turtupillin	x
148	Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	Negrito Andino	x
149	Tyrannidae	<i>Knipolegus aterrimus</i>	Viudita-Negra de Ala Blanca	x
150	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona Chica	x
151	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola griseus</i>	Dormilona de Taczanowski	x
152	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	Dormilona de la Puna	x
153	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola cinereus</i>	Dormilona Cinérea	NR
154	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola albifrons</i>	Dormilona de Frente Blanca	x
155	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	Dormilona de Nuca Ocrácea	NR
156	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona de Nuca Rojiza	x
157	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola albilora</i>	Dormilona de Ceja Blanca	NR
158	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola frontalis</i>	Dormilona de Frente Negra	NR
159	Tyrannidae	<i>Muscigralla brevicauda</i>	Dormilona de Cola Corta	x
160	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Arriero de Pico Negro	x
161	Tyrannidae	<i>Agriornis albicauda</i>	Arriero de Cola Blanca	x*
162	Tyrannidae	<i>Myiotheretes striaticollis</i>	Ala Rufa de Garganta Rayada	x
163	Tyrannidae	<i>Polioxolmis rufipennis</i>	Ala Rufa Canelo	x
164	Tyrannidae	<i>Silvicultrix jelskii</i>	Pitajo de Jelski	x
165	Tyrannidae	<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>	Pitajo de Pecho Rufo	x
166	Tyrannidae	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	Pitajo de d'Orbigny	x
167	Tyrannidae	<i>Ochthoeca piurae</i>	Pitajo de Piura	x(e)
168	Tyrannidae	<i>Ochthoeca leucophrys</i>	Pitajo de Ceja Blanca	x
169	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	x
170	Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetón de Cresta Oscura	x
171	Cotingidae	<i>Zaratornis stresemanni</i>	Cotinga de Mejillas Blancas	x(e) VU
172	Cotingidae	<i>Ampelion rubrocristatus</i>	Cotinga de Cresta Roja	x
173	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Azul y Blanca	x
174	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina de Vientre Marrón	x
175	Hirundinidae	<i>Orochelidon andecola</i>	Golondrina Andina	x
176	Hirundinidae	<i>Riparia riparia</i>	Golondrina Ribereña	NR
177	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Tijereta	NR
178	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero Común, Ruiseñor	x
179	Cinclidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>	Mirlo Acuático/Llacu Pishku	x
180	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Yana Yuquis, Zorzal Grande	x
181	Turdidae	<i>Turdus chiguanco</i>	Yuquis, Zorzal Común	x
182	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	Calandria de Cola Larga	x
183	Motacillidae	<i>Anthus furcatus</i>	Cachirla de Pico Corto	x
184	Motacillidae	<i>Anthus correndera</i>	Cachirla Correndera	x
185	Motacillidae	<i>Anthus bogotensis</i>	Cachirla del Páramo	x
186	Thraupidae	<i>Thlypopsis ornata</i>	Tangara de Pecho Rufo	x
187	Thraupidae	<i>Pipraeidea melanonota</i>	Tangara de Pecho Anteado	x
188	Thraupidae	<i>Pipraeidea bonariensis</i>	Tangara Azul y Amarilla	x
189	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Pico de Cono Cinéreo	x
190	Thraupidae	<i>Conirostrum binghami</i>	Pico de Cono Gigante, Queñua Pishku	x NT
191	Thraupidae	<i>Xenodacnis parina</i>	Azulito Altoandino, Azul saco	x
192	Thraupidae	<i>Diglossa brunneiventris</i>	Pinchaflo de Garganta Negra	x
193	Thraupidae	<i>Diglossa sittoides</i>	Pinchaflo de Pecho Canela	x
194	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	Fringilo Peruano	x
195	Thraupidae	<i>Rhopospina fruticeti</i>	Fringilo de Pecho Negro-Quesheró	x
196	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Fringilo Plomizo	x
197	Thraupidae	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Fringilo de Pecho Cenizo-Upa Pishku	x
198	Thraupidae	<i>Phrygilus alaudinus</i>	Fringilo de Cola Bandeada	x
199	Thraupidae	<i>Diuca speculifera</i>	Diuca de Ala Blanca	x
200	Thraupidae	<i>Incaezpiza pulchra</i>	Fringilo Inca Grande	x(e)
201	Thraupidae	<i>Incaezpiza personata</i>	Fringilo Inca de Dorso Rufo	x(e)
202	Thraupidae	<i>Incaezpiza laeta</i>	Fringilo Inca de Frenillo Anteado	x(e)
203	Thraupidae	<i>Microspingus alticola</i>	Monterita de Cola Simple	x(e) EN
204	Thraupidae	<i>Poospiza rubecula</i>	Monterita de Pecho Rufo	x(e) EN
205	Thraupidae	<i>Poospiza hispaniolensis</i>	Monterita Acollarada	x
206	Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	Chirigüe de Lomo Brillante/Teja Pishku	x
207	Thraupidae	<i>Sicalis olivascens</i>	Chirigüe Verdoso/Teja Pishku	x
208	Thraupidae	<i>Sicalis flaveola</i>	Chirigüe Azafranado	x
209	Thraupidae	<i>Sicalis raimondii</i>	Chirigüe de Raimondi	x(e)
210	Thraupidae	<i>Sicalis flaveola</i>	Chirigüe Común	x*
211	Thraupidae	<i>Saltator striatipectus</i>	Saltador Rayado	x*
212	Thraupidae	<i>Saltator aurantirostris</i>	Saltador de Pico Dorado	x

#	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus
213	Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillerito Negro Azulado	x
214	Thraupidae	<i>Sporophila peruviana</i>	Espiguero Pico de Loro	x*
215	Thraupidae	<i>Sporophila telasco</i>	Espiguero de Garganta Castaña	x*
216	Thraupidae	<i>Sporophila simplex</i>	Espiguero Simple	x
217	Thraupidae	<i>Sporophila luctuosa</i>	Espiguero Negro y Blanco	x
218	Thraupidae	<i>Catamenia analis</i>	Semillero de Cola Bandeada	x
219	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero Simple	x
220	Thraupidae	<i>Coereba flaveola</i>	Mielerito Común	x
221	Thraupidae	<i>Tiaris obscurus</i>	Semillero Pardo	x*
222	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Pichizanca, Gorrión Andino	x
223	Emberizidae	<i>Atlapetes rufigenis</i>	Matorralero de Oreja Rufa	x(e) NT
224	Emberizidae	<i>Atlapetes latinuchus</i>	Matorralero de Pecho Amarillo	x
225	Emberizidae	<i>Atlapetes seebohmi</i>	Matorralero de Corona Baya	x*
226	Emberizidae	<i>Atlapetes nationi</i>	Matorralero de Vientre Rojizo	x(e)
227	Cardinalidae	<i>Piranga flava</i>	Piranga Bermeja	x
228	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Picogruoso Dorado	x
229	Parulidae	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	Reinita Equinoccial	x
230	Parulidae	<i>Myiothlypis nigrocristata</i>	Reinita de Cresta Negra	x
231	Parulidae	<i>Setophaga ruticilla</i>	Candelita Americana	NR
232	Icteridae	<i>Dives warczewiczi</i>	Tordo de Matorral-Chihuillo	x
233	Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	Tordo Brilloso	x*
234	Icteridae	<i>Sturnella bellicosa</i>	Pastorero Peruano, Huanchaco Pecho Colorado	x
235	Fringillidae	<i>Spinus crassirostris</i>	Jilguero de Pico Grueso	x
236	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero Encapuchado	x
237	Fringillidae	<i>Spinus atratus</i>	Jilguero Negro	x
238	Fringillidae	<i>Spinus uropygialis</i>	Jilguero Cordillerano	x
239	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Casero	IN

x: Residente

x(e): Endémico

IN: Introducido

NR: No Reproductivo

x*: Pocos registros: Varios de estos provienen de eBird. La mayoría asociados a la ruta de Chasquitambo a Conococha, Laguna Conococha, de evaluaciones específicas en los Conchucos y en la cabecera del río Marañón, entre Sihuas y Suchimán.

Sugerimos visitar e ingresar sus nuevas observaciones en eBird: <http://ebird.org/content/ebird/>

NT: Cercano al Peligro

VU: Vulnerable

EN: En Peligro

El Tarugo (*Hippocamelus antisensis*, Cervidae): Mitos, Creencias y Prácticas en la Cordillera Blanca del Perú

The Tarugo (*Hippocamelus antisensis*, Cervidae): Myths, Beliefs and Practices in the Cordillera Blanca of Peru

Doris Walter¹

¹Investigadora independiente

Resumen

A partir de datos etnográficos recolectados en la Cordillera Blanca (Ancash, Perú), este artículo analiza las creencias y prácticas locales en relación con el tarugo (*Hippocamelus antisensis*, Cervidae), conocido igualmente bajo el nombre de taruka. Este cérvido, que vive en las grandes altitudes al pie de los glaciares, está clasificado como “vulnerable” y protegido por ley. Ahora bien, en el pensamiento tradicional, pertenece a los ancestros míticos (por otro lado, espíritus tutelares de las montañas), los cuales lo consideran como su ganado más precioso. Este estatus permite comprender por qué la caza del tarugo, encontrándose bajo el control y la autorización de los ancestros, es percibida como particularmente difícil y peligrosa. Puesto que el tarugo no es un animal ordinario, su caza está sujeta a numerosos rituales y limitaciones. Este artículo muestra igualmente cómo este cérvido —en su calidad de metáfora del glaciar— es considerado como responsable de las avalanchas provocadas por su aliento de “bestia salvaje”. Así, el tarugo ocupa un lugar primordial en el imaginario de los habitantes de la Cordillera Blanca.

Palabras clave: *Tarugo* (*Hippocamelus antisensis*), mitos, representaciones, prácticas de caza, Cordillera Blanca, Perú

Abstract

Based on ethnographic data collected in the Cordillera Blanca (Ancash, Peru), this article analyzes local beliefs and practices related to the tarugo (*Hippocamelus antisensis*, Cervidae), also known as the taruka. This deer, which lives at high altitudes on glacial margins, is officially classified as “vulnerable” and protected by law. However, according to traditional beliefs, the deer belongs to the mythical ancestors (also viewed as mountain spirits), who consider it to be their most cherished animal. This explains why tarugo hunting, to be pursued solely with the permission of the ancestors, is perceived as very difficult and dangerous. In that the tarugo is not an ordinary animal, hunting it is subject to various rituals and other limitations. Furthermore, this article shows how the deer, being a metaphor for the glacier, is held to be responsible for avalanches, precipitated by the power of its savage breath. Thus, the tarugo holds a particularly important place in the imagination of the people of the Cordillera Blanca.

Keywords: *Tarugo* (*Hippocamelus antisensis*), myths, representations, hunting practices, Cordillera Blanca, Peru

Introducción

En todas las épocas y en todas las culturas, los ciervos, coronados por sus astas, han fascinado a los hombres. Investidos con una fuerte carga simbólica por todos los pueblos que se han codeado con ellos, o los han cazado, desde la prehistoria, son los héroes de numerosas creencias y leyendas. Es el caso de *Hippocamelus antisensis*, un cérvido de los Altos Andes que se encuentra en el Perú, en Bolivia y en el norte de Chile y Argentina, bajo diversas denominaciones: huemul del norte, taruka o tarugo. Es una de las dos especies del género *Hippocamelus*, el otro siendo *H. bisulcus*, llamado huemul o ciervo sur andino, cuya distribución se limita actualmente a los bosques andinopatagónicos de Argentina y Chile (Figuras 1a y b).

Durante mis investigaciones antropológicas en la Cordillera Blanca, en el centro norte del Perú (departamento de Ancash), he podido recolectar muchos datos sobre este cérvido. Además de la pasión que tienen por la caza y las ricas creencias y prácticas vinculadas con ella, muchos de los campesinos que he conocido ahí me han revelado diversas dimensiones míticas relativas a ese animal. En esta región, se lo llaman tarugo o también *tarush* en quechua.

Hippocamelus antisensis ha sido objeto de numerosos estudios científicos. En el Perú, Barrio (2007, 2013) ha estudiado sus características, así como sus probabilidades de supervivencia. En el departamento de Ancash, que nos interesa particularmente, se han realizado investigaciones sobre su régimen alimentario (Gazzolo y Barrio, 2016); mientras que excavaciones arqueológicas en sitios que remontan a la cultura Recuay tardía (600-700 d.C.) y Willkawain (700-900 d.C.), han permitido inventariar numerosas osamentas y astas de *Hippocamelus*, utilizadas como herramientas (Lau, 2007; Burger y Salazar, 2015). Pero según mi conocimiento, a pesar de su interferencia siempre actual con la vida cotidiana local, los mitos y creencias relativos a este animal han sido escasamente estudiados hasta la fecha.

Los datos de este artículo, recolectados esencialmente en los años 90, han sido presentados parcialmente en francés (Walter, 2002, 2003). Quiero empezar esta presentación de nuestro cérvido con unos comentarios generales.

Un Mamífero de Gran Altitud con Estatus Protegido

Con un tamaño mediano y un esqueleto masivo, el tarugo mide entre 69 y 80 cm desde la cruz y tiene un peso de 46 a 60 kg (las mediciones más bajas corresponden a las hembras). Presenta un pelaje grisáceo, matizado con castaño, con pelos rudos. La superficie ventral de su

cuello, la cara interior de sus patas, su grupa, así como la parte de debajo de su cola, son de coloración blancuzca. Cada animal posee en la cabeza marcas de color negro, que permiten distinguir a los individuos entre ellos. Solo el macho tiene astas: ramificados una vez cerca de la base, miden hasta 27 cm. Se caen cada año (Barrio, 2013). Muy arisco, este ungulado robusto posee una gran agilidad para correr (Figura 2).



Figuras 1a y b. Dos vistas de un huemul macho de la especie sureña, *Hippocamelus bisulcus*, tomadas en el Parque Nacional San Lorenzo, Chile, en 2009. Se nota que las astas bifurcadas están todavía en una etapa de crecimiento con cobertura de “terciopelo” o “felpa”. Fotos: Marc Masconi.



Figura 2. Manada de tarugos (*Hippocamelus antisensis*) con un macho al centro y cinco hembras alrededor, en la Quebrada Los Cedros, distrito de Santa Cruz, provincia de Huaylas, Ancash. Foto: Selwyn Valverde – Archivo Parque Nacional Huascarán, Huaraz.

Su área de distribución se sitúa en los Altos Andes centrales, desde los departamentos de La Libertad y San Martín, al norte del Perú, hasta la provincia de La Rioja en el noroeste de Argentina. En el seno de esta amplia distribución, las poblaciones presentan densidades relativamente bajas y están fuertemente fragmentadas. Según las estimaciones, las cifras de la población del Perú totalizan entre 9,000 y 13,000 individuos (Barrio, 2010). A pesar de lo poco de datos precisos, se estima que las poblaciones están globalmente en fase de decrecimiento.

En la Cordillera Blanca, el tarugo vive entre 4500 y 5000 metros de altitud, a lo largo de pendientes escarpadas y rocosas, con vegetación dispersa, a proximidad de una fuente de agua. Se nutre principalmente con pequeñas plantas dicotiledóneas que tapizan el suelo, y durante la temporada de lluvias consume también gramíneas (Gazzolo y Barrio, 2016). Vive en manada o en pequeños grupos, cuya composición y tamaño varían notablemente según los lugares, las temporadas, o en función de las horas del día. Según diversos testimonios de pobladores locales, hace tan solo 50 años era frecuente encontrar manadas que reunían entre 30 a 50 individuos, lo cual ya no es el caso hoy en día (Barrio, 2010). El período de celo se sitúa por el mes de junio; en cuanto a la parición, generalmente de una sola cría, tiene lugar entre enero y marzo, en plena temporada húmeda. Ahora bien, es precisamente al final

de la temporada de lluvias, cuando la vegetación alcanza su crecimiento máximo, que los alimentos son más abundantes. El tarugo puede vivir una decena de años (Barrio, 2013).

En el Perú, desde 2004, *H. antisensis* está clasificado como “vulnerable” en la lista de las especies protegidas según los criterios de la UICN (Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza).² Esta vulnerabilidad proviene de la disminución regular de su población, atribuida a las extracciones para la caza, a la competencia con los ungulados domésticos por los espacios de pasto, así como a la disminución de la calidad de su hábitat (Barrio y Ferreyra, 2008). Por otro lado, puesto que la mayoría de la Cordillera Blanca forma parte de un espacio protegido, el Parque Nacional del Huascarán, la caza de animales salvajes está ahí estrictamente prohibida.

Pero echamos ahora una mirada hacia los mitos y las creencias relativas a este cérvido.

La Era Mítica del Pasado

Cuando uno camina por los espacios de altura, en el piso ecológico de la *hallqa* (i.e. por encima de 3800 metros), ¡no se encuentra solo! Existe todo un mundo paralelo, el de los antepasados míticos (abuelitos o *awilitukuna* en

² Cf. Decreto Supremo N° 034-2004-AG, Ministerio de Agricultura, 2004.

quechua). En efecto, como me lo contaron los campesinos, estos ancestros vivían en una época anterior a la nuestra, a la manera de los hombres de hoy, practicando la agricultura y la ganadería. Tratándose de sus animales, el tarugo, el cóndor, el zorrillo y la vizcacha eran respectivamente su vaca, su gallina, su cerdo y su conejo. Los campesinos fundan estas equivalencias en semejanzas físicas o etológicas. Así, en el caso del tarugo, le encuentran puntos comunes con la vaca, siendo ambos mamíferos de tamaño comparable, herbívoros, ungulados y dotados de astas o cuernos. Además, el tarugo es nombrado a menudo por su apodo de “toro barroso”. Se han observado paralelismos similares en otras regiones de los Andes (Flores Ochoa, 1974; Casaverde Rojas, 1970; Salazar-Soler, 1990).

Ahora bien, hay que saber que en los Andes el tiempo se concibe como una sucesión cíclica de diferentes eras. Según los mitos, el mundo del pasado se acabó en un gigantesco cataclismo (o *pachakuti*): una lluvia de granizo de fuego (*nina runtu*), seguido de un diluvio. Esta gran catástrofe provocó la inversión del mundo: los antepasados fueron tragados por la tierra o rechazados hacia los espacios periféricos de las alturas, dejando lugar al mundo actual. Pero la era presente se acabará a su vez en un nuevo cataclismo: será el turno de los hombres actuales de refugiarse en las entrañas de la tierra, mientras que los antepasados subirán de nuevo a la superficie.

No obstante, si bien todos los ancestros desaparecieron, sus animales sobrevivieron, ya sea dejándose flotar sobre las aguas diluvianas, ya sea refugiándose bajo tierra. Es por ello que existen todavía hoy en día en la *hallqa*. Los abuelitos no están completamente muertos: sus espíritus siguen vivos, están adentro de la tierra, en las cuevas y las fallas. De noche, salen para vigilar sus posesiones.

El Abuelito y Su Vaca Tarugo

Encima de las crestas, dominando precipicios vertiginosos, no es raro divisar una estructura circular en ruinas o una pequeña plataforma emparedada con piedras (lugares ceremoniales prehispánicos o construcciones más recientes, poco importa). Para los campesinos, estas construcciones son los corrales donde los ancestros juntaban sus rebaños de tarugos. Si fueron obligados a practicar la crianza en estos lugares extremos, es que su longevidad excepcional provocó su sobrepoblación. Ante la escasez de zonas de cultivo, empezaron a robarse la tierra los unos a los otros; de noche, la esparcían por encima de las rocas y los lugares incultos hasta el pie de los glaciares. Y mis amigos, maravillados ante la capacidad de los ancestros para vivir a semejantes altitudes...

Hoy en día, los abuelitos siguen criando a los tarugos. Su modo de crianza es rigurosamente paralelo al que practican los hombres con sus bovinos. No obstante, según un principio de inversión (entre el mundo pasado y el actual), las actividades de crianza del abuelito solo tienen lugar en la noche. Los campesinos cuentan así como a veces han podido entrever, deteniéndose en la *hallqa*, a los

abuelitos juntando su ganado en los corrales para contarlos o marcarlos. De hecho, cuando matan una presa, examinan cuidadosamente el lóbulo de su oreja a fin de detectar una marca eventual: una irregularidad o un pliegue se interpreta como una prueba de que pertenece al abuelito.

Justo antes del alba, los ancestros se retiran, dejando a los tarugos a su propia suerte, sin dueño y sin “control”, pero no sin vigilancia. Un pequeño pájaro castaño (no identificado), llamado *tarushpa mitsiqnin* (“pastor del tarush”), se queda en puesto no lejos del rebano. Por su grito estridente –Iliq! Iliq! Iliq!– advierte a los cérvidos que el hombre se acerca y les permite escaparse.

Los campesinos están, en efecto, apasionados por la caza del tarugo. Pero antes de examinar cómo esta se desarrolla y cómo se organizan las relaciones entre los cazadores y el abuelito, interesémonos en las diferentes utilidades de este animal.

¿Por Qué Cazar el Tarugo?

El tarugo es cazado esencialmente por su carne. Considerada como excelente, era muy apreciada para las fiestas. Pero no es todo. Muchas virtudes se reconocen a otras partes de su cuerpo, pues los recursos naturales de las alturas extremas –que se trate de plantas o animales– tienen la reputación de estar investidas de propiedades que generan la fuerza y la reproducción. Así, según las creencias, la sangre del tarugo da fuerza, permitiendo luchar contra el cansancio cuando uno recorre las zonas de altura, pero a condición de beberla directamente de la bestia aun palpitante. Siendo la velocidad una de las principales cualidades reconocidas de este cérvido, a fin de “adquirir el pie rápido”, algunos campesinos fabricaban anteriormente las correas de sus sandalias en cuero de tarugo. Y hoy en día todavía, para que los niños de corta edad aprendan “a caminar bien”, les frotan las piernas con la tibia del animal. Pero como en todo rito mágico, hay un cierto peligro: el niño, al crecer, corre el riesgo de volverse inquieto. También, los antiguos campesinos transformaban las tibias en mangos de látigo, cuyos poderes mágicos los guardianes de ganado elogiaban. Finalmente, su piel sirve para fabricar tambores, utilizados durante ciertas fiestas rituales.

Entre los usos medicinales, su estómago ocupa un lugar importante, pues el tarugo se alimenta mayormente con plantas de altura coriáceas (de ahí sus pelos rudos) y amargas, pero sobre todo llenas de virtudes, que el órgano digestivo concentra.

[RL] *Llapan tsuqay qurakunata, hapallan shaakuq, contrahierbas, llapan maqaykunata... Hayta mikun. Manam uushanawtsu waakanawtsu shuqllakunata mikun.*

[RL] Come todos los tsuqay, el hapallan shaakuq, el contrahierbas, todos los maqay... No come pasto como las ovejas y las vacas.

En la taxonomía quechua, el término *tsuqay* (o *tsuqirwa*) se refiere a *Senecio hastatifolius*, *S. adenophylloides* o también a *S. rufescens* (Asteraceae). Las otras plantas citadas por mi informante son, respectivamente, el *hapallan shaakuq* (*Gentianella thyrsoidea*, Gentianaceae) y el *contrahierbas* (*Perezia pinnatifida*, Asteraceae). En cuanto a la categoría de los *maqay*, esta abarca diversas Gentianaceae, tales como *Gentianella weberbaueri*, *G. tristicha*, *G. nitida* y *Halenia umbellata*. Si mis informantes precisan que el tarugo no come las hierbas (o pasto) como los animales domésticos, un estudio científico efectuado acerca de su alimentación en el Parque Nacional del Huascarán, indica al contrario que durante la temporada de lluvias, las Poaceae representan alrededor del 57% de su alimentación (Gazzolo y Barrio, 2016).

Así, el estómago, consumido en sopa, a pesar de mucha amargura, se utiliza para curar los trastornos consecutivos al parto (o *wawllu*). En cuanto a la grasa de nuestro cérvido, frotada sobre el vientre de la parturienta, facilita los partos difíciles. Esto se explica –lo veremos más adelante– por el soplo potente que tiene la reputación de poseer, al punto que, durante un encuentro inopinado con el hombre, dicen que es capaz de tumbarlo tan solo con su soplo. El pensamiento tradicional opera, en efecto, una equivalencia entre el soplo nasal y el soplo uterino; de ahí sus propiedades que permiten expulsar el feto. Finalmente, su asta rallada, tomada con agua, cura del “susto”, enfermedad atribuida a un fuerte espanto.

Una Caza Altamente Ritualizada

Entre los diferentes tipos de caza que se practican en la Cordillera Blanca, la caza del tarugo es la más valorizada y también la más difícil. Como el tarugo pertenece al abuelito, y que además es su animal más precioso, la caza se encuentra bajo su control y su autorización. Para entender la relación que se instaura entre los cazadores y el “dueño de la presa”, debemos seguir las diferentes etapas de la caza, desde el momento en que el cazador sube a la *hallqa* hasta el momento en que la deja. Como lo veremos, la partida y el retorno están marcados por una estadía en una cueva. Notemos que si estas creencias y prácticas estaban bien vigentes a fines de los años 90, actualmente la caza ha disminuido fuertemente, y parece que –al menos en parte– han caído en el olvido.

La Víspera de la Salida de Caza

Los cazadores (mayormente dos o tres personas) suben generalmente a la *hallqa* la víspera del día previsto para la cacería, y se instalan en una cueva. Apenas cae la noche, se recuestan en torno al fuego, bajo una frazada o un poncho de lana, y se preparan para mascar la coca, a fin de pronosticar los eventos del día siguiente.

Los hombres sacan, cada uno por su lado, un puñado de hojas de su *wallki* (pequeña bolsa de cuero, llevada

en bandolera), y se ponen a masticarlas, añadiendo progresivamente un poco de cal, conservada en una pequeña calabaza (*puru*). Antes de sacar la cal, agitan vigorosamente la calabaza, describiendo pequeños círculos hacia la derecha. Cuando las hojas están bien salivadas y mascadas, concentran su atención sobre las bolas que han formado: mientras siguen removiendo la lengua, interrogan a la Madre Coca (*Kukacha Mamacha*), en voz baja, acerca de sus posibilidades de encontrar una presa. Si se desplaza rápidamente hacia la punta de la lengua un tallo grande, será un cérvido; uno menudo, una vizcachita; nada, mala suerte. Después de cada respuesta favorable, una segunda masticación indica el lugar del encuentro con la presa: tallo corto, presa cercana; tallo largo, está lejos.

La masticación de la coca está generalmente acompañada del consumo de cigarrillos (el “marido” de la coca). La observación de su humo y cenizas permite completar los mensajes entregados por la coca. Condición previa indispensable a toda cacería, este ritual de la *chacchada* se desarrolla en una atmósfera de intensa concentración y se prolonga a veces hasta muy tarde en la noche. De vez en cuando, los cazadores intercambian sus impresiones y comentan, murmurando, sobre la suerte que les espera. Una vez terminada la sesión, los residuos escupidos de las hojas y las colillas de los cigarrillos son enterrados en un rincón de la cueva, en ofrenda al abuelito.³

Los comentarios acerca de la cacería proyectada se hacen siempre a medias palabras o en voz baja, por desconfianza al fuego, que está dotado de un poder de comunicación, algunos dicen inclusive de “palabra”. Como tiene además la reputación de librarse fácilmente a la maledicencia (“*nina riman*”), advertiría inmediatamente a los animales de los cerros sobre las palabras dichas por el cazador; ellos transmitirían la noticia al abuelito, quien seguramente escondería a sus animales.

Los cazadores sondan, pues, sus posibilidades gracias a la coca. Al mismo tiempo, tratan de conciliarse las buenas gracias del abuelito haciéndole una ofrenda; cuidándose muy bien de no revelarle abiertamente sus planes.

Durante la noche, los campesinos también tienen sueños que les permitirán entrar en comunicación con el abuelito. Se trata a veces de conversaciones directas, durante las cuales el ancestro puede explícitamente regalarles uno o dos animales en recompensa por su buena conducta.

Pero los sueños no son siempre favorables al cazador. Así, Leoncio me contó cómo se fue de caza unos cuantos días con uno de sus sobrinos: un joven que pataleaba de impaciencia y estaba ávido de comer carne. Durante la noche, el abuelito apareció en el sueño de Leoncio para explicarle que a él le otorgará la presa, pero no a ese joven tan pretencioso. El abuelito aparece pues aquí como el ancestro benevolente que recompensa a sus hijos meritorios, pero reprime los excesos, indicando dónde se

³ Cf. Walter (2017) para mayores detalles acerca de la masticación de la coca en la Cordillera Blanca.

encuentra la medida justa. La relación de confianza no es, pues, automática.

Los campesinos ponen toda su fe en los mensajes oníricos del abuelito. ¡Cuántas veces he oído a los campesinos murmurar, con un aire de despecho, que puesto que la coca no es favorable, más valía abandonar la cacería proyectada! “No sale la suerte. ¡Por gusto vamos a buscar!”

A pesar de esta aparente sumisión a la voluntad del ancestro o a las indicaciones de la coca, yo me daba cuenta de que de madrugada, a la hora propicia para ir a rastrear la presa, la pasión de la caza volvía a dominar. Los hombres no resistían a las ganas de ir a probar su suerte, si necesario sin que lo sepa el dueño de la presa, a quien, por cierto, habían evitado revelar sus intenciones. ¡La pimienta de la caza consiste ante todo a desafiar lo prohibido!

El Desarrollo de la Caza

La caza comienza al alba, en el momento en que el abuelito va a acostarse. Los cazadores suben encima de las crestas, dominio de predilección del tarugo. Uno de ellos, el tirador, va a emboscarse cerca de un lugar de pasaje conocido de la presa, agazapándose, de ser necesario, detrás de un muro de piedras. Mientras tanto, sus compañeros van a lo largo de las crestas, a fin de replegar a la presa hacia el lugar donde se encuentra el tirador. Un sistema de señales acordadas previamente –generalmente, agitan sus sombreros con el brazo extendido en diferentes direcciones– permite comunicar la localización de los animales a unos y otros. No se permite ningún grito o silbido. La búsqueda debe ser lo más silenciosa posible, pues el tarugo es un animal muy temeroso que se escapa a la menor señal de presencia humana. La tarea de los ojeadores resulta agotadora, ya que la búsqueda los lleva a los lugares más inaccesibles – pendientes abruptas, abismos y laberintos de rocas que bordean los glaciares–.

La posibilidad de encontrar una presa puede ser favorecida por la posesión de una *illa*. Se trata de piedras zoomorfas, encontradas al borde de las lagunas en las noches de luna nueva, o de figurinas animales en cerámica. Como lo han mostrado los investigadores (Flores Ochoa, 1974-76; Girault, 1984), las *illas* son consideradas como el doble del animal. En la época prehispánica, a cada ser viviente correspondía un doble, “fuerza primordial que lo animaba” (Taylor, 1976). Es por eso que estas piedras tienen la reputación de aportar fecundidad al rebaño de aquel que tuvo la suerte de encontrarlas.

Leoncio poseía una *illa*, un pequeño cérvido de cerámica encontrado labrando su chacra. Convencido que este había pertenecido antes al abuelito, lo guardaba cuidadosamente, envuelto en una tela en el fondo de un baúl. Poseer la figurina de la *illa*, ¿no es poseer el doble del animal del abuelito, y por consiguiente, poseer sobre este animal cierto poder?

Fuera de la *illa*, mis compañeros señalaban diversas técnicas “secretas”, que permiten atrapar a la presa. Rigoberto me explicó, por ejemplo, que delante de una pista fresca, el cazador astuto recogía la huella del animal y la ponía dentro de su sandalia. Este método, que, según mi informante, funcionaba “cada vez”, no deja de tener una similitud con la *illa*. Apoderarse de la huella de la presa es de cierto modo entrar en posesión del doble, de la réplica exacta del pie. Como lo resalta justamente Lestage (1999: 207), a pesar de que en el contexto de la gemelidad, “desde que hay un doble, se crea una fuerza”. Uno se la apodera para actuar sobre su “otro”. Idea que me fue confirmada por Delfin, cuando me indicó que “al aplastar la huella del animal con la planta del pie, la presa se encuentra dominada”.

Pero una vez que el tarugo ha sido matado, la caza está lejos de haber terminado, pues si el cazador no ha obtenido la autorización del abuelito –o si ha abusado de ella–, debe afrontar su cólera o sufrir su castigo.

Las Reacciones del Abuelito frente a la Conducta del Cazador

Rigoberto me contó un mito que ilustra el poder del abuelito. El relato comienza cuando, después de haber matado una presa, el cazador se dirige hacia una cueva para pasar la noche en su interior.

[RL] ...*tarush huytushqash karqun. Tarushta huytushqana, machayman yaykaratsirna, punushqa. Mana chaqchashqatsu ari hay nunaqa. Punukuykushqa allaapa ari. Haypitanash, awilituqa waakanta ashishqa. Waakanta yupashqa. “¡Carajo! Waqashqa qanyanmi tiro ‘jbran!’ nir. Tiro waqashqa. Tsay cojudochi apakushqa. ¡Carajo, kananmi aywaa!’ nishpa. Ashin. ¡Mejor kaqnin toruraqshi! Toru niq hay maachu kaqnintash.*

[MC] *Maachu tarushta...*

[RL] *Ahaa. ‘Mas alli kaqniita qurirkun cojudoqa. Kanan sí, rurunta mikuu’, nir. Hayshi punuykaqta tarishqa. ‘¡Cojudo! Mejor kaq alli waakaata wanutsirqunki’, nishpa niq. Illapanta hawnakushqa punuykashqa i tarushna hitaraykashqa. ‘Ya, carajo, kanan mikurii’ nishpana, rurunta hurqarir kashqantanaw hirarkapun. Nunaqa ni maakuntsu. Pununqampita riywaramushqa patsa atsikyay. Ishpaq aywar, tarintsu rurunta. ‘¿Imanawtaq, carajo?’ nishpana ashin.*

[MC] *¿Imanawtaqshi ishpakuqqa?*

[RL] *Sanitush karqan. Puro sano normal. Hirarkapushqa kanaq limpu. ¿Cómo será, no? Único ishpay yarqunanllapaq kaykashqa.*

[RL] ... el tarugo estaba cargado sobre su espalda. Después de haber llevado al tarugo sobre su espalda, después de haberlo metido en la cueva, se durmió. Ese hombre no masticó su coca. Se durmió completamente. Entonces, el abuelito buscó su vaca. Contó sus vacas. “Carajo, ayer sonó un disparo ‘¡bran!’ Sonó un disparo. Ese cojudo seguramente se ha llevado [uno de mis animales]. ¡Ahora voy, carajo!”, dijo él. Buscó. ¡Era, además, su mejor toro! Le llamaban toro al macho.

[MC] Al tarugo macho...

[RL] Sí. ‘Ese cojudo se ha llevado mi mejor [toro]. Ahora, le como los huevos’, dijo [el abuelito]. Entonces lo encontró [al cazador] durmiendo. ‘Cojudo, has matado mi mejor vaca’, dijo él. [El cazador] dormía con el arma colocada al lado de su cabeza y el tarugo estaba tirado sobre el suelo. Diciendo, ‘¡Ya carajo!, Ahora voy a comer’, después de haber arrancado los testículos [del cazador], lo cosió tal como había sido. El hombre ni siquiera se dio cuenta. Se despertó de su sueño con las primeras luces del alba. Fue a orinar. No encontró sus testículos. ‘¿Cómo puede ser, carajo?’ dijo buscando.

[MC] ¿Cómo orinaba?

[RL] Estaba sano. Completamente sano y normal. Había sido cosido completamente. ¿Cómo será, no? Solo podía salir la orina.⁴

El encuentro entre el hombre y el ancestro se desarrolla de nuevo en un espacio/tiempo bien definido: en una cueva, durante la noche. Pero no se produce nunca una confrontación directa entre los dos actores: al alba, el abuelito desaparece. Examinemos las causas del furor del abuelito, así como sus consecuencias.

El furor del ancestro procede de dos razones. Por un lado, el hombre, agotado de cansancio, se había dormido sin mascar su coca, por consiguiente sin ofrecer algo (un puñado de hojas de coca y dos o tres cigarrillos) al dueño de la presa en contraparte de su animal. Por otro lado, el cazador había tomado su “mejor toro”, es decir el reproductor (padrillo o *yaya*).

Este cérvido reproductor es mencionado frecuentemente en los discursos como un animal de tamaño excepcional, dotado de astas magníficas y testículos voluminosos, signo de su poder fecundador. Posee una fuerza impetuosa, que se manifiesta en particular cuando golpea el suelo con su casco al ver al hombre, advirtiéndolo acerca del peligro al resto de la manada. Mis informantes afirman que aquel que logra matar al reproductor se atrae la suerte para las cazas futuras. Delfin proponía incluso la idea de que se trata de una suerte de “premio” que enorgullecía a todo

buen cazador, puesto que la bestia tiene la reputación de ser difícil de matar.

En cuanto al castigo del abuelito, es severo. Arranca los testículos del cazador y los come. Como me lo precisó Rigoberto posteriormente, “las uñas del abuelito eran como una hoja de afeitar. Gracias a ellas, arranca los testículos de un solo golpe.” ¡Luego cose la herida sin que el hombre se dé cuenta! Castrado, el cazador ya no puede reproducirse. (Notemos de paso que un mito similar me fue contado por varios habitantes del centro poblado de Huaripampa, situado en la provincia de Yungay, distrito de Yanama, en la vertiente oriental de la Cordillera Blanca. El episodio de la castración del cazador permite, según ellos, explicar la significación del topónimo del valle de Ranincuray: *rani*, en quechua, significa “pene”; en cuanto a la palabra *curay*, esta se deriva del español “curar”, al cual mis informantes dan aquí el sentido de “castrar”).

Rigoberto me narró un segundo mito que nos va a permitir precisar aún más las relaciones entre el ancestro y el cazador. La intriga es la siguiente: un cazador había entrado con sus dos perros en una cueva después de haber matado a dos cérvidos. Había mascado su coca antes de dormir. Durante su sueño, el abuelito llegó, loco de cólera, pues el hombre había matado a dos cérvidos con un solo disparo de fusil, y además uno de ellos era el macho reproductor. Sus palabras eran muy virulentas: “Cojudo de mierda, dijo el abuelito, tú has matado a mi toro... debes pagarme. Vas a andar sin huevos, carajo, dijo él.” Sin embargo, los dos perros impidieron toda la noche que el abuelito se acerque. “Si este último hubiera logrado entrar en la cueva, insistió Rigoberto, le habría arrancado los testículos al cazador.” El hombre solo se despertó poco antes del alba: midiendo el peligro, se apuró en colocar un puñado de hojas de coca en un rincón de la cueva. El abuelito se apaciguó y, mientras que llegaba el alba, se retiró.

Este mito suscita dos series de observaciones. Primero, se desprende que matar dos tarugos es demasiado. A las dos reglas de buena conducta del cazador (hacer una ofrenda compensatoria y preservar al reproductor), se agrega, pues, una tercera: cazar con moderación. Estos tres principios que se fundan en el respeto de los recursos cinegéticos y sobre su gestión razonable, se encuentran comúnmente en las sociedades tradicionales que practican la caza.⁵ Urton (1985) ha revelado principios similares en la región del Cusco. Tal como la ley del talión, la sanción que cae sobre el cazador irrespetuoso es de la misma naturaleza que su falta: su propia castración es una respuesta a su ataque a la reproducción y a la supervivencia del ganado del abuelito.

En la práctica, no obstante, los campesinos no siempre son moderados. Los alardes de unos y las quejas de otros acerca de las matanzas abusivas de los demás, dan fe de ello. Mis compañeros, rememorándose las cacerías de

⁴ Lo que da a entender que el esperma no salía.

⁵ Cf. Descola (1986) y Renard-Casevitz (1979) para las sociedades amazónicas; Revel (1990-92) para los Palawan de Las Filipinas; o Singleton y Vincke (1985) para los Sereers de Senegal.

antaño, describían matanzas fuera de lo común. Una historia había marcado las mentes, la de los hermanos Yánac. Encargados de vigilar los trabajos de seguridad de las lagunas en Jankarurish, en el valle del Alpamayo, en 1950, estos últimos aprovechaban de los largos períodos pasados en la *hallqa* para saciar su pasión por la caza. ¡Una vez incluso no dudaron en matar a unos sesenta cérvidos! ¡Los pedazos de charki (carne seca) y los pelajes secaban sobre todas las rocas! Pero al final de cuentas, los dos hermanos no salieron ganadores e incluso casi perecen ahí: un aluvión sancionó inmediatamente este exceso surgiendo de las entrañas de la montaña y llevándose todo a su paso. (Este aluvión tuvo lugar en octubre de 1950.) Que se trate de mitos o de experiencias vividas, todos los relatos coinciden para decir que llevarse a una presa es un juego que puede revelarse muy peligroso.

El cazador se libra, pues, a su pasión bajo su propio riesgo, puesto que la caza puede voltearse contra él. Pero el cazador sabe a veces mostrarse más astuto que el abuelito y utiliza prácticas secretas, recurriendo a la sal.

El Rol de la Sal

Así, el tío de Delfín se había ido a cazar de noche con dos compañeros, cuando se presentó delante de ellos un cérvido gigantesco (*¡un venado de tremendo tamaño!*), evidentemente el reproductor. Los hombres se acercaron y tiraron varias veces sin resultado. Entonces, el tío usó su secreto y mezcló una pizca de sal con la pólvora del fusil. Esta vez el animal cayó. Los cazadores lo cortaron en seguida hasta el corazón y arrojaron sal en la llaga. ¡A buena hora! Pues se aproximó un grupo de abuelitos en armas, contando sus animales.

-¿Cuántos tenemos?

- Falta uno... Falta el reproductor...

Furiosos, llegaron al lugar donde este yacía, muerto.

- No es él, no es el olor de nuestro animal.

Antes de las primeras luces del alba, desaparecieron, abandonando a los cazadores, desde ya fuera de peligro.

En todas las culturas, la sal juega un rol determinante, tanto utilitario, para la domesticación de los animales o la conservación de las carnes, como simbólico: en la tradición europea permitía rechazar al diablo. En las creencias andinas, la sal posee una función adicional como elemento discriminador entre la “naturaleza” y la “cultura”: permite diferenciar a los hombres “civilizados” de los tiempos actuales de los seres “salvajes” que pertenecen a los tiempos míticos del pasado (pasado = era “salvaje” sin sal), puesto que estos no utilizaban la sal. Para los campesinos de la Cordillera Blanca, la sal juega entonces un doble rol de transformación (practican generosamente el salado de las presas) y de protección. En lo que concierne a nuestros cazadores, permite sobre todo matar al reproductor mezclando una pizca con la pólvora del fusil. Les sirve también para disimular el olor del tarugo muerto, que

de este modo el ancestro no puede reconocer, haciendo una incisión hasta el corazón del animal para colocar un puñado de sal.

Después de haber analizado estas ricas creencias relativas a la caza, veamos ahora como el tarugo ha sido erigido como metáfora de los glaciares.

El Tarugo como Metáfora del Glaciar

Aunque la mayoría de los campesinos nunca han puesto un pie en un glaciar, conocen sus fenómenos dinámicos. Desde el fondo de las quebradas, que recorren para vigilar al ganado, están bien ubicados para observar los seracs suspendidos por encima de las paredes rocosas, cuyos bloques se rompen y se derrumban con estruendo en las lagunas. Cuando recorren las crestas, están en primera fila para apreciar el espectáculo de una avalancha, la cual, al desprenderse brutalmente de una pendiente vertiginosa, proyecta en el cielo una inmensa nube de nieve. Las coladas de nieve, que se descargan entonces por canaletas estrechas, producen un estrépito ensordecedor, que resuena en todo el valle.

Varios testimonios directos o indirectos de mis informantes describen visiones que ocurren en los momentos que preceden inmediatamente la caída de una avalancha. El viejo Makshi me describió un cérvido que emergía de una fisura. Me explicó que ese cérvido, llamado *rahu tarush* (“tarugo del glaciar”), era un encanto y que su apariencia física era casi idéntica a la del animal real, la única diferencia notable era que el cuerpo del *rahu tarush* estaba cubierto de largos pelos.

Un amigo de Rigoberto también había visto el cérvido encantado surgiendo de un hueco en el glaciar encima de la laguna de Shallap, seguido de la avalancha. Sumamente asustado, el hombre había regresado a casa corriendo. Se había puesto a vomitar sangre, y poco tiempo después murió. El comentario de Rigoberto fue lo siguiente:

[RL] *Llapan haanintsiktash mikukurkun ari, mamita, almantsikta. Haymi hampi kannatsu. [...] Tarush kutukurkun rahu rurinman. Yarqunnatsu. Kutukurkun rurinman mikaramarnintsik.*

[RL] [El *rahu tarush*] devora todo nuestro *haani*, mamita, nuestra alma. Para eso, ya no hay remedio, [...] El *tarush* regresa al interior del glaciar. Ya no sale. Regresa al interior, después de habernos comido.

El *rahu tarush* aparece así como un devorador. Ahora bien, en el curso de otras conversaciones con mis informantes, estos me habían explicado que en una era mítica lejana, el tarugo se comía a los hombres (Walter, 2002). Así, en el imaginario actual, conserva restos de su antiguo estatus antropófago.

Regresando a la cuestión del *rahu tarush* en otra ocasión, Rigoberto me hizo entender que la avalancha era el soplo (*haani*) del cérvido.

[RL] *Hay haani rahuchaw, raqrakunachaw yachan. Chuukaru.[...] Hay haani haayarquriptinshi, balancha⁶ huchur aywkun.*

[RL] Este *haani* vive en el glaciar, en las grietas. Es chúcaro. [...] Cuando este *haani* sale, la avalancha cayéndose, se va.

Asimismo, los crujidos que emanan del glaciar no son sino el ruido de su exhalación. El golpe de su casco provoca la caída de los seracs; este hielo, cuando cae en las lagunas, las hace rebalsar y resultan huaycos mortales. Así, este pobre e inocente herbívoro es acusado de ser canibal, vampiro y responsable de estragos mortales.

¿Por qué es el tarugo quien sirve de soporte para una representación del glaciar? En primer lugar, es el único mamífero grande cuyo nicho ecológico permanente se encuentra al borde del glaciar. Los campesinos dicen que sus pelos son duros y rudos (*saqtu*), como su comida: las plantas más amargas de la *hallqa*, que crecen sobre las morenas. Sus virtudes estarían concentradas en el estómago del animal, el cual es muy amargo y muy preciado en el campo medicinal. En segundo lugar, el tarugo siempre es descrito como el animal más chúcaro de la *hallqa*, pues es verdad que se escapa a la menor señal de presencia humana. Pero cuando los campesinos narran sus encuentros inopinados con un tarugo, pintan a un animal con ollares humeantes y con un soplo tan potente que es capaz de tumbar a un hombre. El viejo Valy, un antiguo cazador y curtidor de cueros, se encontró de la manera siguiente con un tarugo en una cueva:

[VH] *Sinqanpis kaynaw kicharaakun, nawinpis saltanakun... ¡Qaliraman uraypa! Chiss! Pintirin, oye!*

[VH] Tenía los ollares abiertos de par en par y los ojos exorbitados... ¡Me tumbó al suelo! ¡Chiss! ¡Oye, cómo brinca!

La exclamación “¡chiss!” es la onomatopeya del aire fuertemente expulsado de los ollares del tarugo.

Así, por su hábitat y su régimen alimentario asociados a las altitudes extremas, bordeando el límite de los glaciares, y por su comportamiento sobresaltado, el tarugo aparece de cierta manera como el arquetipo del animal “salvaje”; y su soplo es la metáfora de la avalancha. Se entiende entonces fácilmente que haya sido elegido, en el sistema de pensamiento campesino, para representar al espacio glaciar.

Atawaray

Pero eso no es todo. Los campesinos ponen también el soplo del cérvido en relación con un fenómeno natural de orden meteorológico, llamado *atawaray*. (Precisemos, no obstante, que solo he encontrado el término de *atawaray* y su asociación con el tarugo en las quebradas cercanas a Huaraz.) El *atawaray*, que se produce con cierta regularidad entre diciembre y febrero, corresponde a una barra de nubes que envuelve a las altas cumbres glaciares de la Cordillera, mientras que un viento violento, salido de los glaciares, barre las quebradas, acompañado de ráfagas de lluvia. “Cuando el *atawaray* sopla durante la temporada de lluvias, me confió el viejo Valy, dicen que es un tarugo que ha parido.” (“*Tarushchi wachashqa*”). La imagen del tarugo reaparece, pues, en la descripción del *atawaray*. De hecho, como lo indica Barrio (2010), el período del parto de nuestro cérvido tiene lugar entre enero y marzo, lo que corresponde a la temporada de este viento.

Reconocemos en el *atawaray* una aplicación de la “teoría de los orificios”, que debemos a Lévi-Strauss (1968, 1991) y que demuestra que los mitos, al interesarse en los orificios corporales, establecen correlaciones entre sus diferentes estados combinatorios (apertura, cierre, retención, incontinencia, avidez). Por consiguiente, no hay nada sorprendente en el hecho de que el soplo potente que sale de los ollares del cérvido, por la parte superior del cuerpo, se encuentre abajo, asociado con una expulsión uterina. Los dos soplos del tarugo se enmarcan de manera lógica en la geografía del glaciar:

Soplo nasal (parte superior del cuerpo) = Soplo de la avalancha (parte superior del glaciar),

Soplo uterino (parte inferior del cuerpo) = Viento que viene del glaciar barriendo el fondo de la quebrada.

Así, ciertas prácticas medicinales, que hemos encontrado anteriormente, cobran todo su sentido. Recordemos que para facilitar el parto, se frota la grasa del *tarush* sobre el vientre de la parturienta y que, para prevenir y curar el *wawllu* (conjunto de trastornos y enfermedades vinculados a las consecuencias del parto), las mujeres toman una sopa preparada con el estómago del cérvido.

El tarugo, lo hemos visto, es ciertamente la metáfora del glaciar. De tal modo que, con sus rebaños de glaciares-tarugos, el abuelito (que aparece además como una encarnación de la montaña) es omnipresente en el paisaje. Pero, si bien es raro que los campesinos se aventuren en un glaciar, a veces tienen que frecuentarlos para pasar por un collado. En cuanto a los hieleros, ellos extraen hielo de la franja del glaciar con regularidad. También, ocurre que un cazador de tarugo que persigue a su presa se lance sin pensar en la nieve, o que un ladrón de ganado lleve a una vaca hasta un paso cubierto de nieve para esconderla en

⁶ La palabra “*balancha*” está derivada, por aféresis, de la palabra “avalancha”.

el valle vecino, sin que por ello se lo “coma” el glaciar-tarugo, pero a condición de someterse a algunas prácticas rituales.

La Domesticación del Glaciar-Tarugo: La Leyenda del Cura Villón

Una leyenda que circulaba en las quebradas por encima de Huaraz y que parece haber impactado vivamente las mentes, nos dará algunos elementos de respuesta acerca de los modos de domesticación de los glaciares. He recogido varias versiones.⁷ Otra versión ha sido referida por Yauri Montero (1993).

Precisamos primero que padre Pedro García Villón era por cierto un personaje real, que vivió en Huaraz al final del siglo XIX y al principio del siglo XX. Hombre de iglesia, también era un eminente político y alcalde de la ciudad. Realizó importantes trabajos de interés público y realmente había proyectado construir el camino que llevaría a través del paso, pero nunca logró hacerlo. Durante un reconocimiento del lugar, realizado en compañía del minero británico Charles Reginald Enock en 1904, Villón se cayó en una grieta y murió unos meses después como consecuencia del accidente.⁸ Hoy en día, todavía, el abra (Paso Villón), así como el sendero que conduce a él,⁹ llevan el nombre de este famoso personaje.

Ahora, consideramos los relatos locales. Antaño, un cura con el apellido de Villón había hecho construir un camino para conectar la quebrada Cayesh, un valle secundario de la quebrada Quillcayhuanca, con la quebrada de Carhuascancha, en la vertiente oriental de la Cordillera. El objetivo de esta obra era de facilitar los intercambios entre las dos comarcas. Ahora bien, como el camino debía atravesar un alto paso glaciar, el cura había ordenado que se haga excavar un pasaje en el hielo. El día en que el pasaje estuvo listo, se fue al lugar para inaugurarlo. Según el relato de Tobías, originario del centro poblado de Unchus, “al momento en que el cura estaba celebrando la misa, se desencadenó una avalancha y la mayoría de la gente fue sepultada”.

Recordemos que según las prácticas corrientes en la región (cuyo origen se remonta a la época colonial), los curas visitaban los lugares reputados salvajes, en particular las lagunas de altura, a fin de bautizarlos: ahí celebraban misas, al mismo tiempo que arrojaban varios sacos de sal en sus aguas. En el relato de Tobías, aun si el recurso a la sal no está explícitamente mencionado, encontramos en este la idea del bautismo. No obstante, la misa de Villón no se reveló ser suficiente para dominar la fuerza salvaje del glaciar. Este último se rebeló y la asistencia –incluyendo al cura– murió bajo una avalancha.

⁷ Las versiones originales de estos relatos en quechua se encuentran en Walter (2002).

⁸ Cf. el folleto de Pedro Cristóbal Villón (1954), *Pedro García Villón: una vida fecunda para Ancash (1854 – 19 de agosto – 1954) en el centenario de su nacimiento*, Huaraz, Imprenta Sánchez Hnos., citado en Yauri Montero (1993). Cf. igualmente las memorias de C. Reginald Enock (1907), el ingeniero civil británico encargado por las autoridades de Huaraz de estudiar el proyecto de construcción del camino (ver especialmente el Cap. XVI, “Ascents of Snow-capped Summits and Peaks”).

⁹ El sendero es conocido como el “*Villonpa naanin*”. (*Naani* en quechua significa “sendero o camino”).

Pero otra versión de este relato me fue narrada por Rigoberto. A través de él, descubrimos que el camino que atraviesa el paso existía en realidad desde mucho tiempo atrás y constituía un lugar de pasaje muy frecuentado. En cuanto al cura Villón, él tenía, según esta versión, un problema personal que resolver. Gran propietario de ganado en la quebrada Quillcayhuanca, los Conchucanos, que viven en la vertiente oriental de la Cordillera, le robaban sus vacas por encima del paso. Para poner fin a esto, decidió “cerrar” el paso. Entonces subió al glaciar, celebró una misa y dispersó en el pasaje dos sacos de sal. Al momento en que descargó la sal, un tarugo dotado de astas magníficas saltó fuera de la zanja y se fue vomitando sangre. Al mismo tiempo, la zanja se volvió a cerrar. Pero de regreso en su casa, el cura cayó enfermo y poco tiempo después murió. El tarugo le había chupado su sangre.

El relato de Rigoberto es sensiblemente diferente del de Tobías. Es de notar la aparición del *rahu tarush*, que confirma la representación de este cérvido como metáfora del glaciar. Pero en una situación que es inversa a la precedente. Ya no se trata de que el cura domestique al glaciar, sino al contrario que lo “vuelva salvaje”, mediante un acto más cercano de la brujería que de un rito cristiano. ¿El recurso a la sal, toma aquí un sentido distinto?

Yo sabía que la sal era utilizada en la actualidad por ciertos campesinos, cuando caminaban sobre los glaciares. Leoncio siempre ponía un puñado en su bolsillo, de manera que pudiera inmediatamente friccionarse el cuerpo, de los pies a la cabeza, si se caía en una grieta. Me aseguró que esta práctica constituía una protección eficaz contra el peligro que corría de que se lo “trague” el glaciar, y me había alentado fuertemente a hacer lo mismo.

Cuando le referí todo esto a Rigoberto, él me respondió que Leoncio me había dado un consejo muy malo porque este último no conocía nada y deseaba mi muerte... Rigoberto me explicó:

[RL] *Grietaman hiqaptiyki, haymi kachiwan pasakuptiykiqa, chukaru rahu tsaparishunki. ¡Traj! hinanchaw wichqakaarin. (...) ¡Chukaru waakata maski qaraku! Por si lamatin yarqun. Konsyentintsu. Haqman qarqun. Yaykurqa, manshuyarinmanmi.*

[RL] Si te caes en una grieta, y te sobas entonces con sal, el glaciar chúcaro te tapa. ‘¡Traj!’ Ahí mismo se vuelve a cerrar. (...) Si quieres saberlo, ¡dale sal a una vaca salvaje! Por si, se le sale la saliva. No consiente [la sal]. La escupe. Si la sal entrara en su boca, comenzaría a domesticarse.

Cuando sabemos que una vaca reacciona furiosamente al probar la sal por primera vez, el argumento de Rigoberto es perfectamente lógico y se comprende el peligro que existe en introducir esta sustancia en una grieta. La grieta es, en efecto, la boca del glaciar-tarugo y todo ocurre como si este último, en un esfuerzo inconmensurable para resistir a la domesticación, se pusiera a babear y a escupir la sal. Después de este ataque de rabia, la boca del glaciar se vuelve a cerrar.

La domesticación es, pues, un juego muy peligroso y aleatorio, donde nada está asegurado de antemano. El *rahu tarush* es ya sea víctima de la domesticación, ya sea asesino. El hombre logra domesticarlo o el *rahu tarush* se lo come. En esta perspectiva, la aparente contradicción entre los puntos de vista de mis dos informantes sobre el rol de la sal se resuelve. Pues, ¿no se puede considerar que cada uno de ellos refleja, a fin de cuentas, una de las salidas posibles (el éxito o el fracaso) de la tentativa de domesticación?

Sin embargo, para completar las informaciones de mis amigos, me pareció oportuno intentar conocer el punto de vista de los hieleros, esos campesinos de los pueblos que suben a cortar bloques de hielo en las franjas del glaciar.

Los Ritos y Costumbres de los Hieleros

El hielo era antaño muy buscado en la cordillera, y vendido en los mercados como golosina durante las fiestas. A pesar de que actualmente su extracción está limitada por los reglamentos del Parque Nacional del Huascarán, algunos hieleros se dedican todavía hoy en día a esta actividad.

Fui a encontrarme con estos hombres, hace unos veinte años, en el glaciar de Miyururi, por encima de Huaraz. Me habían explicado que cuando se iban a un glaciar virgen de toda explotación, tenían que hacer ofrendas de coca, cigarrillos y alcohol: si no, se exponían a la cólera del glaciar. Esta se manifestaba, entre otras formas, a través de la caída de bloques de hielo y avalanchas. Luego, a medida que los hombres regresaban para explotar el mismo lugar, el glaciar se “acostumbraba” a su presencia. Los hieleros no tenían entonces nada que temer y estaban incluso dispensados de hacer ofrendas (Walter, 2002). Pero, a pesar de este vínculo de acostumbamiento que unía a los hieleros con el glaciar, la confianza nunca estaba totalmente asegurada. Es lo que surge de un testimonio del viejo Makshi, ex hielero, que me confió que cuando cortaba antaño los bloques de hielo, tenía la costumbre de recoger los fragmentos y chuparlos con unas pizcas de sal. Esta práctica permitía, según él, de preservarse contra el apetito del *rahu tarush*. Volvemos a encontrar aquí, entonces, la importancia de la sal, investida de una función de protección contra el salvajismo del glaciar.

Conclusión

Al final de este recorrido, que nos ha llevado a las crestas de altura y hasta el borde de los glaciares, solo podemos estar maravillados por el imaginario de los habitantes de la Cordillera. En particular por la dimensión mítica prodigiosa de la que el tarugo está investido. Hace unos veinte años, todas estas creencias y prácticas estaban muy vivaces, pero hoy en día parecería que han caído –por lo menos en parte– en el olvido. Y me pregunto. ¿Cuántos campesinos reconocen todavía hoy en día en una avalancha al soplo del *rahu tarush*? ¿Qué queda del lado “mágico” de la caza, la cual ha disminuido fuertemente estos últimos años? En vez de estar enmarcada en una rica relación de reciprocidad y de intercambio con los antepasados, hay razones serias para temer que se transforme en simple caza furtiva ilícita.

Hoy en día, cuando paso por los pueblos y encuentro a los descendientes de mis antiguos informantes (de los cuales una buena cantidad han fallecido), ellos me piden a menudo que les cuente las historias de antaño: “¡Tú las conoces mejor que nosotros! Dinos lo que te contó nuestro abuelo o bisabuelo...”.

El interés que estos jóvenes muestran por su propia cultura –a pesar de la modernidad que llega a los poblados– es para mí una señal de esperanza. Quizás no todo esté perdido. La confianza que me manifiestan, el rol de transmisión que me dan, pidiéndome que les relate las creencias de sus ancestros, representan para mí la más bella recompensa por todos estos años pasados (¡y por pasar todavía!) en el terreno, recorriendo esas montañas tan bellas, y a dialogar con sus habitantes míticos o bien reales...

Referencias

- Barrio, J. (2007). Análisis de viabilidad poblacional de la Taruka *Hippocamelus antisensis* (D'Orbigny, 1834) (Cervidae) en el sur del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14(2), 193-200.
- Barrio, J. y Ferreyra, N. (2008). *Hippocamelus antisensis*. En *The IUCN Red List of Threatened Species 2008*: e.T10053A3156943. <http://www.iucnredlist.org/details/10053/0>
- Barrio, J. (2010). Taruka *Hippocamelus antisensis* (D'Orbigny 1834). En Barbanti Duarte, J. M. y González, S. (Eds.). *Neotropical cervidology: Biology and medicine of Latin American deer*, 77-88. Jaboticabal, Brazil, FUNEP y Gland, Suiza, IUCN.
- Barrio, J. (2013). *Hippocamelus antisensis* (Artiodactyla: Cervidae). *Mammalian Species*, 45(901), 49-59.

- Burger, R. y Salazar, L. (2015). La cerámica de Coscopunta, un sitio del Periodo Intermedio Tardío en la provincia de Carhuaz, Callejón de Huaylas, Perú. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*, 44(1), 23-52.
- Casaverde Rojas, J. (1970). El mundo sobrenatural de una comunidad. *Allpanchis Phuturinga*, 2, 121-243. Cuzco, IPA.
- Descola, P. (1986). *La nature domestique. Symbolisme et praxis dans l'écologie des Achuar* [La selva culta. Simbolismo y praxis en la ecología de los Achuar]. París, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Enock, C. R. (1907). *The Andes and the Amazon; Life and travel in Peru*. New York, Charles Scribner's Sons.
- Flores Ochoa, J. (1974-76). Enqa, Enqaychu, Illa y Khuya Rumi. Aspectos mágico-religiosos entre pastores. *Journal de la Société des Américanistes*, 63(1), 245-262. París.
- Gazzolo, C. y Barrio, J. (2016). Feeding ecology of taruca (*Hippocamelus antisensis*) populations during the rainy and dry seasons in central Peru. *International Journal of Zoology*, Article ID 5806472, 6 págs. Hindawi Publishing Corporation.
- Girault, L. (1984). *Kallawaya: guérisseurs itinérants des Andes* [Kallawaya: curanderos itinerantes de los Andes]. París, ORSTOM.
- Lau, G. F. (2007). Animal resources and Recuay cultural transformations at Chichawás (Ancash, Peru). *Andean Past*, 8, 449-476.
- Lestage, F. (1999). *Naissance et petite enfance dans les Andes péruviennes. Pratiques, rites, représentations* [Nacimiento y primera infancia en los Andes peruanos: Prácticas, rituales, representaciones]. París, Editions L'Harmattan.
- Lévi-Strauss, C. (1968). *Mythologiques 3, l'origine des manières de table* [Mitológica 3, El origen de los modales en la mesa]. París, Plon.
- Lévi-Strauss, C. (1991). *La potière jalouse* [La alfarera celosa]. París, Plon.
- Renard-Casevitz, F.-M. (1979). *Su-Açu. Essai sur les cervidés de l'Amazonie et sur leurs significations dans les cultures indiennes actuelles* [Su-Açu. Ensayo sobre los ciervos del Amazonas y sus significados en las culturas indígenas actuales]. Travaux de l'IFEA, 20. Lima, Institut français d'études andines - Édition CNRS (Paris).
- Revel, N. (1990-92). *Fleurs de paroles, Histoire naturelle palawan* [Flores de palabras, Historia natural palawan] (3 tomos). Louvain, Editions Peeters.
- Salazar-Soler, C. (1990). *Pratiques et croyances religieuses des paysans et des mineurs à Huancavelica* [Prácticas y creencias religiosas de los campesinos y los mineros en Huancavelica]. Tesis doctoral. París, EHESS.
- Singleton, N. y Vincke, P. P. (1985). Chasse coutumière et législation cynégétique : le cas des Sereers du Sénégal. [Caza tradicional y legislación de caza: el caso de los Sereers de Senegal]. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 32(1), 215-234. París.
- Urton, G. (1985). Animal metaphors and the life cycle in an Andean community. En Urton, G. (Ed.). *Animal myths and metaphors in South America*, 251-284. Salt Lake City, University of Utah Press.
- Taylor, G. (1976). *Camay, camac et camasca dans le Manuscrit de Huarochiri*. *Journal de la Société des Américanistes*, 63(1), 231-244. París.
- Walter, D. (2002). *L'alpiniste, le paysan et le Parc national du Huascarán: la domestication de la nature sauvage dans les Andes péruviennes* [El alpinista, el campesino y el Parque Nacional Huascarán: La domesticación de la naturaleza salvaje en los Andes peruanos]. Tesis doctoral. París, IHEAL, Université de Paris III.
- Walter, D. (2003). *La domestication de la nature dans les Andes péruviennes: L'alpiniste, le paysan et le Parc national du Huascarán* [La domesticación de la naturaleza en los Andes peruanos: El alpinista, el campesino y el Parque Nacional Huascarán]. París, Editions L'Harmattan.
- Walter, D. (2017). Les multiples bienfaits des feuilles de coca [Los múltiples beneficios de las hojas de coca]. *Bulletin des Amis du Jardin Botanique de Saverne*, 2017, 14-28.
- Yauri Montero, M. (1993). *El Señor de la Soledad de Huarás. Discursos de la abundancia y carencia. Resistencia andina*. Lima, Editorial Ave.

El Pabellón de las Montañas del Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, Huaraz, 2016

The Mountain Pavilion of the International Forum on Glaciers and Mountain Ecosystems, Huaraz, 2016

Christine Giraud¹

Introducción

En Huaraz, la montaña está tan cerca, como al alcance de la mano, pero la mayoría de las personas que viven en la ciudad no la conocen realmente. El Pabellón de las Montañas aspiró a revelarla un poco, en facetas novedosas, no solo a muchos huaracinos sino también a los visitantes que llegaron a pasear a Huaraz desde el Perú y el mundo, así como a los asistentes al Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña en agosto de 2016.

Albergado en el Museo Arqueológico de Ancash, tras una intensa búsqueda de un espacio adecuado para un evento con variedad de exigencias y retos técnicos y logísticos, el Pabellón de las Montañas se organizó en tres salas del Museo y en su hermoso “Parque Lítico” para una visita atractiva, interesante y didáctica, a través de

cuatro áreas temáticas con sus correspondientes materiales gráficos y audiovisuales: el agua, los glaciares y las cuencas; la biodiversidad y la seguridad alimentaria en las montañas; los bienes y servicios de las montañas; y la gestión de riesgos en un contexto de cambio climático.

Sala 1: El Mundo de las Montañas

El visitante ingresaba al mundo de las montañas, apreciando su amplia distribución en nuestro planeta, su generosidad evidenciada en los servicios ecosistémicos que brindan, la diversidad de pueblos que las habitan, y la importancia de la cordillera de los Andes. En el centro, la apacheta le recordaba lo sagrado del vínculo milenario de nuestros ancestros con la montaña, actualmente tan olvidado (Figura 1).



Figura 1. Una parte de los materiales de la muestra fueron elaborados a partir de los archivos originales generosamente brindados al INAIGEM por los creadores del Pabellón de Montañas y Agua, uno de los cinco pabellones de la Feria “Voces por el Clima”, realizada en Lima en diciembre de 2014, en el marco de la COP20 (Vigésima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).

Sala 2: La Biodiversidad en las Montañas

Aquí, el visitante aprendía que las montañas son importantes a nivel mundial como centros de diversidad biológica, incluso que ocho zonas de origen de alimentos pertenecen a ecosistemas de montaña, y se maravillaba ante las variedades de frutas, ajíes, granos, legumbres, maíces

y plantas medicinales, expuestas en vitrinas, canastas y macetas gracias a los conocimientos y el arte de Vivian Zúñiga Flores, especialista en conservación de granos andinos, y sus colaboradores. En especial, se exhibieron muestras de muchas variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), cañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), chocho o tarwi (*Lupinus*

¹Coordinadora del Pabellón de las Montañas como consultora en la Dirección de Información y Gestión del Conocimiento (DIGC) del INAIGEM, febrero-agosto de 2016. [Nota de la Redacción: Este artículo es de carácter informativo acerca de una actividad importante realizada por el INAIGEM en conexión con el Foro Internacional, en vez de ser un artículo de investigación.]

mutabilis) y numia (*Phaseolus vulgaris*). La maqueta y el panel de la Cueva de Guitarrero le recordaba la antigüedad de muchos de estos productos, y las magníficas Arpilleras de la Biodiversidad le hablaban sobre el patrimonio natural y cultural de los Andes peruanos (Figura 2). Las dos grandes piezas textiles artesanales, prestadas por PRODERN al INAIGEM para el Pabellón, fueron elaboradas por mujeres de Ayacucho y muestran los cultivos desde el nivel del mar hasta la puna en las vertientes del Pacífico y del Amazonas.

Una maqueta con una pequeña laguna artificial y un panel explicativo elaborados por la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña del INAIGEM presentaron el estudio de restauración de lagunas altoandinas para la producción de cushuro (*Nostoc* sp.), una cianobacteria fijadora de nitrógeno que forma colonias gelatinosas de forma esférica, y tiene un alto contenido de proteínas, grasas, minerales, aminoácidos esenciales y vitaminas, por lo cual el incremento de su producción podría contribuir a la lucha contra la desnutrición.



Figura 2. La biodiversidad en las montañas, incluyendo plantas silvestres y domésticas y el novedoso cushuro.

Sala 3: Cultivos de las Montañas

Representando uno de los cultivos más importantes de los ecosistemas altoandinos, la papa, se exhibieron 276 variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*) de Ancash, cada una con su nombre vernáculo y código (Figura 3).

Hacia la salida, un panel permitía conocer la investigación del INAIGEM en papas silvestres y nativas. Otro panel de un perfil transversal de la Cordillera Blanca a la altura del Huascarán presentaba las principales investigaciones que se están realizando en los siguientes ecosistemas: praderas nativas, humedales, plantaciones forestales y bosques altoandinos.



Figura 3. Cientos de variedades de papas nativas representaron una de los cultivos más importantes de las montañas.

Parque Lítico

Ordenados como un circuito entre los extraordinarios monolitos de la cultura Recuay, los árboles y las plantas del jardín botánico, 34 paneles y 3 maquetas ofrecieron un aula abierta sobre lo que sucede en las montañas del Perú y sobre las actividades del INAIGEM (Figuras 4 y 5), tal como otras instituciones activas en la sierra de Ancash.

En el tema de glaciares: inventario y monitoreo de glaciares, obras de seguridad en lagunas peligrosas, aplicación de la tecnología drone, la prevención de aluviones y deslizamientos, el aluvión de Huaraz en 1941 (Figura 6), y una maqueta de la laguna Palcacocha.

En el tema de ecosistemas de montaña: los servicios ecosistémicos de los bofedales y los bosques de queñua, las puyas (Figura 7), la conservación de las flores altoandinas utilizadas en Semana Santa, y el corredor ecosistémico Vallunaraju-Huaraz-Punta Callan-Cajamarquilla-Pampas-Huarmey.

El Centro de Investigación Ambiental para el Desarrollo (CIAD) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, instaló una estación meteorológica portátil y un panel explicativo de sus actividades y equipamientos. El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), cuyo financiamiento permitió la impresión de todos los paneles, fotos, trípticos y dípticos del pabellón, presentó una



Figura 4. Panel sobre posibles escenarios futuros de las lagunas glaciares en los Andes.



Figura 5. Panel sobre estudios y obras en lagunas glaciares.

ALUVIÓN EN HUARAZ - 1941 y ¿ahora?

En 1940, la Laguna Palcacocha estuvo cerca al borde de su dique morrénico con un volumen aproximado de 8,5 millones de metros cúbicos (Fuente: Cálculo aproximado del INAIGEM) (Foto H. Kinal, 1940).

El 13 de diciembre de 1941, la laguna se desbordó, causando un aluvión que destruyó la parte nueva de Huaraz a las 6:45 de la mañana, entre la avenida Raimondi y Canapún (ahora Colegio Raimondi). Murieron 1,000 personas (Fuente: Cruz Roja Peruana) (Foto A. Heim, 1947).

Después del aluvión, quedaron solamente 500,000 metros cúbicos de agua (Fuente: Cálculo aproximado INAIGEM) (Foto A. Heim, 1947).

Con el retroceso del glaciar, la laguna ahora contiene 17 millones de metros cúbicos de agua (Fuente: Febrero 2016, batimetría UGRH - ANA) (Foto aérea, 2013).

¿CÓMO PREVENIR OTRO ALUVIÓN?

- Prevención de pérdidas de muchas vidas con el *Sistema de Alerta Temprana (SAT)*, simulacros y educación del público.
- Prevención de la destrucción de infraestructura *despejando la zona aluviónica*.
- Prevención de desbordos de la Laguna Palcacocha *disminuyendo el volumen de agua y construyendo un nuevo dique de seguridad*.
- La gestión del riesgo de desastres se orienta a la *protección de la vida humana y la extensa infraestructura urbana*.
- *Si no podemos disminuir la vulnerabilidad, se tiene que disminuir la amenaza o peligro.*

Figura 6. Panel sobre el Aluvión de Huaraz de 1941 y la situación actual de la laguna Palcacocha.

infografía sobre el proceso de prevención y respuesta ante emergencia en caso de aluvión. Además, el Parque Nacional Huascarán colaboró con una maqueta detallada de la Reserva de Biósfera Huascarán (Figura 8).

La Vida del Pabellón de las Montañas

El 10 de agosto a las 6.30 p.m., con la presencia de los directivos y personal del INAIGEM, autoridades nacionales y locales, participantes del Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, visitantes y público en general, tras las palabras del Director de Cultura de Ancash, anfitrión del evento, y del presidente del INAIGEM, el Jefe Nacional del INDECI declaró inaugurado el Pabellón. Luego, se realizó una Ofrenda a la Madre Tierra en el Parque Lítico y la presentación de dos danzas típicas mientras se servía un brindis andino a los asistentes.

El Pabellón estuvo abierto al público del 8 al 21 de agosto desde las 9:00 de la mañana hasta las 8:00 de la noche, gracias a la atención permanente de un grupo de voluntarios de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, actores clave y muy apreciados por los visitantes para el buen desarrollo del evento (Figura 9).

El Futuro del Pabellón de las Montañas

Siendo el Pabellón de las Montañas un evento que permite acercar la problemática de los glaciares y los ecosistemas de montaña a la población local, es importante su adecuación e implementación en diversos ámbitos del territorio ancashino y nacional. Los elementos del pabellón han quedado disponibles para su adaptación posterior en eventos a llevarse a cabo en forma itinerante, siendo éste un objetivo a mediano plazo del INAIGEM, inclusive como parte del futuro Museo de las Montañas Andinas y del Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña en 2019.



Figura 7. Panel sobre el hábitat de los rodales de *Puya raimondii*.



Figura 8. El Parque Nacional Huascarán exhibió una maqueta de la Reserva de Biósfera Huascarán.



Figura 9. Los guías voluntarios de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Guía para Autores

La *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña* publica artículos científicos originales e inéditos en las áreas de glaciología y ecología de ecosistemas de montaña. Los trabajos recibidos son evaluados por árbitros externos según criterios de calidad.

Las pautas principales para manuscritos enviados a la *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña* del INAIGEM son las siguientes:

- a) Temática relacionada con glaciares y ecosistemas de montaña en los Andes, directamente y por medio de disciplinas afines como la geología, geografía, meteorología, botánica, zoología, antropología, etc.
- b) Un límite máximo de 10,000 palabras, contando todos los textos (el resumen en castellano, abstract en inglés, las referencias, las leyendas de figuras, etc.).
- c) Texto en castellano o inglés.
- d) Resumen en castellano y abstract en inglés (podemos ayudar a refinar la versión no nativa) de un máximo de 300 palabras.
- e) Cinco palabras clave (en los dos idiomas).
- f) Formato profesional, como el de muchas revistas técnicas en el mundo, pero con mayor flexibilidad, sin requisitos muy estrictos, lo que favorece la diversidad del material tratado en sus trabajos.
- g) Ser dividido en secciones que incluyen una introducción; la metodología, los datos y los resultados, si son pertinentes; una conclusión y breves agradecimientos antes de la lista de referencias citadas.
- h) Una lista de referencias citadas que contenga todas las obras citadas en el texto y ninguna otra.
- i) Referencias completas en orden alfabético por el apellido del primer autor, en estilo APA (American Psychological Association), con precisión y consistencia.
- j) Figuras, tablas y mapas muy legibles, proporcionadas aparte en formato JPG (.jpg).
- k) Pueden enviar cualquier pregunta al correo electrónico del editor: swegner@inaigem.gob.pe.

[Nota: Las instrucciones más detalladas y actualizadas se pueden encontrar en la página web del INAIGEM – www.inaigem.gob.pe]





INAIGEM

Instituto Nacional de Investigación en
Glaciares y Ecosistemas de Montaña