

La Cordillera Blanca

UN PAISAJE EXPLICADO

JAN SEVINK



EDICIÓN EN ESPAÑOL

Materiales de lectura en geografía, clima y riesgo en ambientes de alta montaña



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM



INSTITUTO DE MONTAÑA



OCEANO PACÍFICO





La Cordillera Blanca

UN PAISAJE EXPLICADO

JAN SEVINK



EDICIÓN EN ESPAÑOL

Materiales de lectura en geografía, clima y riesgo en ambientes de alta montaña



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM



INSTITUTO DE MONTAÑA

**LA CORDILLERA BLANCA
UN PAISAJE EXPLICADO**

© Jan Sevink
www.science.uva.nl/ibed
e-mail: j.sevink@uva.nl

Fotografías: IBED-group (Eric Cammeraat, Christiaan Sevink, Jan Sevink, Martin Vlaming and John Wamsteker), Guido van Es and others.

Claudia Sarmiento

Primera Edición /

Todos los derechos reservados.

Contenido

Introducción	5
---------------------	---

■ Capítulo 1 : Introducción	10
■ Capítulo 2 : Clima e hidrología	17
■ Capítulo 3 : Geología de la Cordillera Blanca	35
■ Capítulo 4 : Paisajes Glaciares	47
■ Capítulo 5 : Los peligros naturales y los desastres	65

Viajes:

■ Llanganuco	147
■ Churup	159
■ Chavín	167



Introducción

La presente es una selección y traducción de lecturas extraídas del libro del Profesor Jan Sevink, publicado por el Instituto de Montaña y Universidad de Amsterdam el año 2009. Es una de las pocas fuentes de divulgación sobre geografía de alta montaña disponibles en Perú.

La compleja geografía del Perú es producto de intensos procesos geológicos y de la acción de fuerzas naturales que han ido modelando el paisaje, creando escenarios de mucha belleza y, al mismo tiempo, de fuerte desafío para la vida humana. La tierra, el agua, el aire, los hielos, las montañas, el mar, el subsuelo, los bosques, son materias en movimiento, cuyos elementos de riesgo pueden ser comprendidos y anticipados, moderados o agravados, dependiendo de nuestra propia acción sobre ellos. Por ello es importante impulsar el conocimiento sobre estos paisajes, su origen, evolución y características bio-físicas y culturales.

Asimismo, la probabilidad de ocurrencia de fenómenos destructivos en el Perú es alta debido a diversos factores como la variabilidad climática, la geomorfología y la intensa actividad geodinámica. Los procesos evolutivos de la tierra determinan el comportamiento de los afloramientos rocosos e incrementan los procesos erosivos. La variabilidad climática extrema tiene su principal expresión en fenómenos como las sequías, las heladas y las lluvias intensas que al ocurrir sobre un accidentado territorio, contribuyen a la ocurrencia de huaycos e inundaciones. Muchas veces, los eventos sísmicos y los fenómenos periódicos como El Niño incrementan la erosión, lo que favorece los deslizamientos, e influyen en la inestabilidad de los glaciares de nuestra cordillera y, por tanto, en una mayor probabilidad de que se produzcan aluviones.

En todo este contexto, la guía de la Cordillera Blanca busca ser una herramienta didáctica e informativa que aporta a la necesidad de conocer el espacio geográfico donde vivimos o que visitamos, siendo esta necesidad prioritaria para los pobladores de montaña, ya que no podemos tener un desarrollo sostenible –que incluye la gestión del riesgo– sin entender nuestro ambiente para adaptarnos al cambio climático.

El Instituto de Montaña pone a disposición de las escuelas de la región Ancash y otros interesados esta selección de materiales elaborados por el Profesor Jan Sevink. Esperamos que esta información básica sirva a profesores de las escuelas y colegios ubicados en regiones de montaña a desarrollar lecciones de geografía y excursiones de aprendizaje a la Cordillera Blanca.

Jorge Recharte

(Amsterdam, The Netherlands, June 2008)



FACULTY OF SCIENCE
INSTITUTE FOR BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM DYNAMICS





Capítulo 1

Introducción



Introducción

La Cordillera Blanca del Perú se encuentra aproximadamente a 300 kilómetros al norte de Lima, en la región Ancash. Es la mayor cadena de montañas tropicales del mundo y cuenta con más de 300 picos con alturas superiores a 6000 metros. De ellos, el Huascarán es el más alto (6768 metros) y también la montaña más alta del Perú. Otros picos muy conocidos son el Chacaraju (6112 metros), el Artesonraju (6025) metros, el mismo que es el símbolo de los estudios cinematográficos 'Paramount'), el Alpamayo (5947 metros), el Pirámide (5885 metros) y el Pisco (5752 metros). La cadena es un paraíso para montañistas y caminantes debido a la facilidad de acceso, la belleza de sus paisajes y la multitud de elevadas montañas.

En 1975 se creó el Parque Nacional Huascarán que abarca la totalidad de la Cordillera Blanca por encima



Fig. 1.1: Vista del Huascarán desde Huaraz



de 4000 metros sobre el nivel del mar (una superficie de 3400 km²), con la excepción de Champara, al norte. Los principales objetivos de la creación de este parque son la conservación y el desarrollo sostenible, y la lucha contra los impactos negativos de las actividades económicas, en particular la minería y el turismo. La flora y fauna locales son sumamente diversas e incluyen muchas especies raras y endémicas (ver, por ejemplo, *Wildflowers of the Cordillera Blanca* por H. Kolff and K. Kolff, 1997). Debido a sus características únicas, UNESCO declaró al Parque como Sitio del Patrimonio Natural de la Humanidad en 1985.

La Cordillera Negra, situada al oeste de la Cordillera Blanca, está formada por picos algo más bajos. Debido a su menor altura y porque recibe menor precipitación, no está cubierta de nieve, lo que explica su nombre. El mayor pico, el Rocarre (5187 m), se sitúa al norte de la cordillera. Al medio está el bello y densamente poblado Callejón de Huaylas, donde se ubica Huaraz, capital de la región y principal centro turístico. El Río Santa es el principal río de la región. Nace en el sureste y corre en dirección noreste a lo largo de aproximadamente 100 kilómetros. Luego se dirige al oeste y atraviesa el profundo y muy impresionante Cañón del Pato para luego verter sus aguas en el Océano Pacífico cerca de la ciudad de Chimbote.



Fig. 1.2: Vista desde la pampa de Lampas Bajo hacia el noreste, donde aparecen el Caullaraju y el Jenhuaraca, ubicados en las alturas del Río Santa.

La Cordillera Central, situada al este, es más corta y menos alta, y por tanto menos impresionante. Está separada de la Cordillera Blanca por el Callejón de Conchucos, cuyos ríos discurren hacia la cuenca del Océano Atlántico, en dirección a la Amazonía principalmente por el Río Marañón. Se trata de una cuenca menos claramente definida que comprende las zonas de mayor elevación de los valles formados por los diversos tributarios del Río Marañón.

Fig. 1.3: Cortes en las faldas occidentales de la Cordillera Blanca, cerca de Caraz



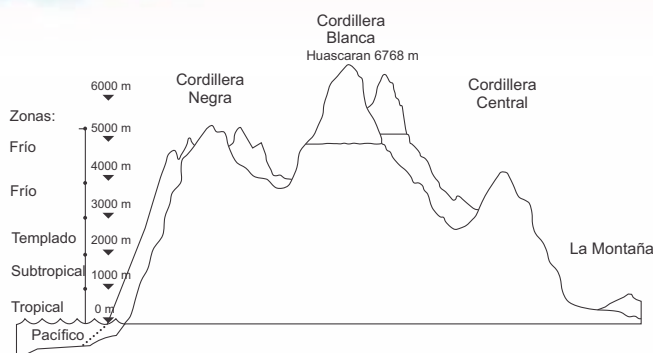


Fig. 1.4: Corte transversal de los Andes

Quienes viajan en ómnibus desde Lima avistan la Cordillera Blanca por primera vez en el Paso de Conococha, a 4080 metros de altura. En esta zona elevada del Callejón, el valle es amplio y formado por vastas pampas de poca pendiente al pie del impresionante grupo Pastoruri. Después de Recuay, el Río Santa y los valles formados por sus tributarios empiezan a cortar el terreno y los picos se hacen menos frecuentes, quedando su visión generalmente obstaculizada por los las estribaciones que cortan la superficie alrededor de 3000 metros de altura. Estas faldas de montaña están intensamente cultivadas y en ellas la irrigación agrícola cobra creciente importancia a medida que disminuye la altura debido al aumento de la temperatura y la disminución de las lluvias, lo que también se refleja en la vegetación y los cultivos, que pasan a ser verdaderamente tropicales a media que avanzamos hacia el norte. Este clima más templado y el paisaje nítidamente más tropical son unas de las características de Caraz, el segundo centro turístico en importancia en la cuenca del Río Santa.

Fig. 1.5: Vista desde el Paso de Conococha





Fig. 1.6: Vista desde la mina Barrick, hacia el valle del Río Santa al norte de Huaraz

La Cordillera Blanca es una barrera para los vientos provenientes del este que cargan humedad desde la cuenca amazónica. Por eso, las lluvias en los flancos orientales de la Cordillera también son mucho más intensas, y se acumula nieve que forma un mayor número de glaciares que en los flancos occidentales. Asimismo, el Callejón de Huaylas es mucho más seco que el Callejón de Conchucos. Sin embargo, esta tendencia se invierte cuando se produce el fenómeno de El Niño, durante el cual los vientos procedentes del oeste traen humedad desde el Océano Pacífico. En general, el clima está marcado por fuertes diferencias estacionales, con una estación de lluvias (que se prolonga de octubre y noviembre hasta fines de abril o principios de mayo) y una estación seca, se registran fluctuaciones extremas de temperaturas, particularmente en las zonas de altura.

La población rural de la Cordillera Blanca aún habla quechua y conserva muchas características de la cultura andina tradicional. Particularmente, en los valles más distantes y en las zonas de puna o gran altura, predomina el uso tradicional de la tierra y, en las alturas, la ganadería constituye la actividad principal. Se encuentran muchos restos de las culturas precolombinas, como andenes, caminos y otras construcciones y monumentos, de los cuales el más importante es el complejo de Chavín de Huántar, que se remonta aproximadamente al año 500 antes de nuestra era. En vista de las grandes variaciones climáticas estacionales, la irrigación es un componente importante de la vida rural en las zonas bajas y ha sido practicada desde tiempos inmemoriales.





Capítulo 2

Clima e Hidrología





El Clima

El clima tropical está marcado por ligeras variaciones estacionales de temperatura, mientras que la precipitación a menudo varía fuertemente, tanto estacional como anualmente. Lo primero queda demostrado por los datos para Huaraz, ubicada a 3100 metros de altura, que muestran que la temperatura a lo largo del año varía solamente 1,5 °C. Por el contrario, las variaciones cotidianas de la temperatura son significativas, particularmente a mayores alturas.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
°C	16.9	17.2	16.8	17.4	17.9	17.0	17.4	17.7	17.1	18.4	17.5	16.9	17.3
°F	62.4	63.0	62.2	63.3	64.2	62.6	63.3	63.9	62.8	65.1	63.5	62.4	63.1

Fig. 2.1: Temperatura promedio del aire en °C y °F en Huaraz (datos de 1971 a 1988).

Los cambios de temperatura a medida que aumenta la altura se producen gradualmente. Una manera usual de describir este cambio es mediante un gráfico que muestra la relación entre la elevación sobre el nivel del mar y la temperatura media anual. La tasa de cambio de la temperatura a medida que ascendemos se denomina tasa adiabática. Uno de los primeros científicos modernos que estudió este fenómeno en América del Sur fue Alexander von Humboldt, naturalista en cuyo honor se nombró la corriente fría que corre a lo largo de la costa de Perú y Chile.



Cuando lo comprimimos, el aire se calienta (puede comprobarlo utilizando una bomba, como el inflador de neumáticos del automóvil). Cuando el aire se expande, se enfría. Este es el principio físico gracias al cual funciona un refrigerador. En un refrigerador se comprime fuertemente un gas, por lo cual se calienta. Luego se libera el calor hacia el entorno circundante usando un radiador externo (lo que se puede comprobar tocando el radiador). Cuando enfiamos el gas hasta la temperatura ambiente, se expande y se enfría. Y eso es exactamente lo que se necesita para enfriar la parte interior del refrigerador.

Lo mismo sucede con el aire que respiramos. Su presión al nivel del mar es aproximadamente una atmósfera. Cuando ascendemos, la columna de aire encima nuestra se hace más pequeña (la atmósfera de la Tierra se hace más delgada) y también disminuye el peso de la columna, que constituye la presión del aire. A una elevación de más de tres kilómetros, empezamos a sentir este cambio de la presión de aire. Al aumentar la altura, se puede sufrir de mal de altura, que es resultado de la baja presión del aire y la menor cantidad de oxígeno.

Cuando el aire asciende, como por ejemplo cuando el viento sopla contra una montaña, se expande y se enfría. Al ascender por las montañas, la presión del aire disminuye y la temperatura cae. En el trópico, donde las temperaturas a nivel de mar son elevadas, hay que subir más en las montañas para llegar a la línea de nieve (temperatura media anual de 0 °C) que en las montañas situadas en latitudes elevadas, donde la línea de nieve puede encontrarse a muy baja altura.

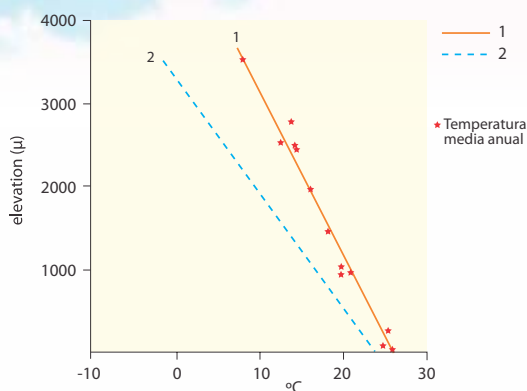


Figura 2.2: Cambio de la temperatura media anual con la altura (tasa de cambio) desde el nivel del mar hasta 4000 metros de elevación siguiendo un corte ecuatorial transversal de la cuenca amazónica (según Canadas, 1983). La curva 2 representa la tasa de cambio durante el último periodo glacial, y muestra claramente el significativo enfriamiento al aumentar la altura.

Cada cierto tiempo se produce el fenómeno de El Niño durante el cual los vientos súbitamente cambian de dirección hacia el oeste, la corriente fría desaparece y las aguas oceánicas costeras se calientan. Al mismo tiempo, la precipitación pluvial aumenta significativamente en la zona costera usualmente seca y en las montañas adyacentes.

Nos preguntamos cuál es la causa de todos estos fenómenos que tienen un significativo impacto en la vida de los pueblos de los Andes y que también son un factor de mucha relevancia para los montañistas y caminantes que visitan la Cordillera Blanca. Por ejemplo, es difícil entender por qué la línea de nieve de la Cordillera Blanca se encuentra a menor altitud que en otros puntos de los trópicos y, en consecuencia, que haya muchos más glaciares, sin que todavía podamos comprender las causas básicas de estos fenómenos.



Las estaciones

La intensidad de la radiación solar varía según las estaciones. En el hemisferio norte, la radiación solar alcanza su punto máximo durante los meses de abril a setiembre, mientras que en el hemisferio sur lo hace en el periodo de octubre a marzo. Esto implica que el Sol se encuentra verticalmente encima de la línea ecuatorial dos veces al año. Al apartarnos de la línea ecuatorial, las diferencias estacionales en la radiación solar aumentan, pero en el trópico no bastan para hacer que las diferencias estacionales de temperatura sean significativas.

La radiación solar es la energía que causa la evaporación del agua y el calentamiento del aire húmedo que se genera. El peso del aire caliente es relativamente menor y por tanto ese aire asciende (como en el caso de los globos aerostáticos). Al ascender, el aire húmedo se enfría y se forman nubes por condensación del agua presente en forma de vapor de agua. Este proceso –la condensación del vapor de agua en gotas de agua (nubes)– libera calor y por tanto se limita el enfriamiento con lo que el aire húmedo puede ascender hasta gran altura. También de esta manera se forman las enormes nubes de tormenta (cúmulo-nimbos) características de los trópicos húmedos que se acumulan durante el día para dar lugar a fuertes tormentas de lluvia en las tardes y finalmente desaparecer en la noche, siguiendo el patrón diurno de radiación solar. La zona caracterizada por este aire ascendente muy húmedo se denomina zona de convergencia intertropical.

Al alejarnos de esta zona de aire ascendente, disminuye la radiación solar y por tanto el aire contiene menos humedad. A gran altura en la zona de convergencia intertropical, las masas de aire se mueven al norte y al sur, donde empiezan a descender. Descienden por una razón sencilla. A baja altura en la zona de convergencia intertropical, la presión atmosférica es menor y, por tanto, el aire fluye de las latitudes superiores a la zona de convergencia, empujado por las diferencias de presión. Estos vientos que son consecuencia del flujo de masas de aire se conocen como los vientos alisios: del noreste en el hemisferio norte y del sureste en hemisferio sur. Todo el sistema conforma una especie de faja transportadora doble de celdas en donde giran las masas de aire. Son las llamadas “celdas Hedley”. Evidentemente, la posición de la zona de convergencia intertropical oscila del hemisferio norte al hemisferio sur, y viceversa.

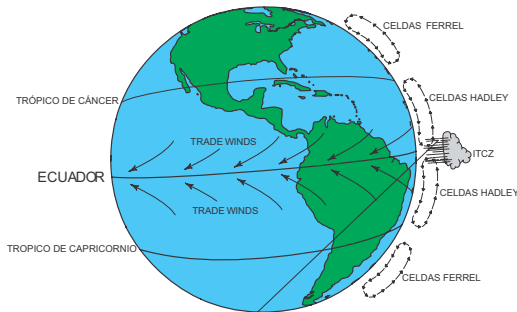


Figura 2.3: Circulación general de la atmósfera terrestre. Celdas Hedley, zona de convergencia intertropical y vientos alisios.

El aire descendente se calienta y entonces puede retener más agua en forma de vapor. Una consecuencia muy importante es que los vientos alisios son secos y cuando soplan estos vientos, las estaciones son secas, especialmente cuando la zona de convergencia intertropical (ZCIT) está distante. En el Perú, ello sucede en el periodo cuando la ZCIT está al norte del Ecuador, es decir de abril a setiembre.



Figura 2.4: Globo aerostático



Los globos aerostáticos o de aire caliente son una manera interesante de demostrar que el aire caliente asciende. Cuando el aire se calienta, es más ligero que el aire frío que rodea el globo, creando el impulso ascendente necesario. Cuando el aire del globo se enfría, este impulso desaparece y el globo desciende. En otras palabras, un volumen dado de aire caliente es más ligero que el mismo volumen de aire más frío, para una misma presión.

Altitud

Cuando aumenta la altitud, disminuye la presión del aire, lo que cualquier montañista sabe muy bien y que además es la causa fundamental del mal de altura. Además, al aumentar la altitud, el aire se expande y disminuye la temperatura. Un ejemplo interesante de la aplicación de este principio es la refrigeración (ver recuadro de texto).

En la naturaleza las cosas son un poco más complicadas, ya que el vapor de agua puede condensarse liberando calor, situación inversa a la producción de vapor de agua cuando se hierve agua, para lo que más bien se requiere calor. El cambio de temperatura con caída de la presión sin condensación se denomina la tasa adiabática seca, y cuando se produce condensación, se denomina la tasa adiabática húmeda.



Incluso el aire 'seco' contiene algo de vapor de agua. Se debe seguir enfriándolo para llegar a una temperatura en la que hasta dicho aire quede saturado de humedad y forme gotas pequeñas. En otras palabras, al ascender, el aire húmedo 'forma nubes' a menor altura que el aire 'seco'. Por último, el aire caliente puede retener mucho más vapor de agua que el aire frío. Esto explica por qué, por ejemplo, las masas calientes y húmedas de aire tropical contienen enormes cantidades de vapor de agua que, al ascender, liberan grandes cantidades de lluvia, y cantidades igualmente grandes de energía. Éste es el origen de los devastadores huracanes que se producen en los mares y océanos tropicales cálidos pero también de las fuertes lluvias durante los fenómenos de El Niño. Por el contrario, el aire frío, como el que se encuentra a gran elevación y en el Ártico sólo puede retener cantidades menores de vapor de agua, lo cual da lugar a poca precipitación.

Temperatura en grados Celsius	0	10	20	30	40	50
Vapor de agua en Kg/g aire seco	3.84	7.76	14.85	27.69	49.81	88.12

Fig. 2.5: Máximo de agua del aire a diferentes temperaturas.

La diferencia de clima entre las vertientes occidental y oriental de la Cordillera Blanca se puede explicar completamente por las diferencias de contenido de agua y temperatura de las masas de aire que se desplazan por estas zonas. Cuando proceden del oeste, son secas y frías, por tanto, contienen relativamente poco vapor de agua. Al ascender, se forman nubes sólo a gran altura y la temperatura cae relativamente rápidamente cuando aumenta la altitud. Por eso, la línea de nieve está a relativamente menor altura, pero la cantidad de precipitación también es menor.

Desde el este, las masas de aires son más cálidas y contienen más humedad. Se forman nubes con facilidad y, por tanto, la línea de nieve está a mayor altura. Sin embargo, la precipitación es mayor, lo que explica el mayor desarrollo de glaciares en las faldas orientales de la Cordillera Blanca.

El Niño

En el Perú, los vientos soplan principalmente del este al oeste, transportando masas de aire húmedo cuando la zona de convergencia intertropical se encuentra al sur y masas de aire seco durante el resto del

año. Cuando llegan a la Cordillera Blanca, estas masas de aire se ven forzadas a ascender, perdiendo la mayor parte de su humedad. Al descender hacia el Callejón de Huaylas, el aire se calienta y seca, fenómeno muy conocido en los Alpes y que allí se conoce como 'föhn', es decir un viento fuerte, caliente y seco. Este tipo de viento también se conoce en otras zonas de América (en el resto de los Andes y en las Montañas Rocosas) donde se les describe como vientos 'Zondas' (Argentina), 'Chinook', 'Diablo' y 'Santa Ana' (América del Norte). El efecto 'föhn' explica el clima comparativamente más seco de la Cordillera Negra que como el Callejón de Huaylas se encuentra en la zona de sombra de las lluvias de la Cordillera Blanca. La Figura 2.7 muestra claramente la variación resultante de precipitaciones y la estacionalidad de las lluvias en la Cordillera Negra occidental, que justamente como el Callejón de Huaylas, se encuentra en la zona de sombra de la Cordillera Blanca.

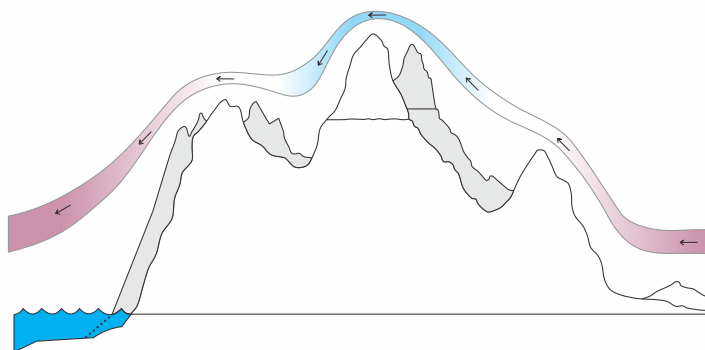


Figura 2.6: Efecto föhn en las cordilleras peruanas. Cuando los vientos soplan desde el Océano Pacífico (durante el Fenómeno del Niño), se invierte el patrón.



La humedad de los vientos alisios que provienen del este se condensa, formando nubes y causando fuertes lluvias a medida que dichos vientos van ascendiendo por los flancos de las cordilleras, liberando calor durante este proceso. Cuando descienden, el aire se calienta rápidamente debido a que el calor producido por la compresión del aire no se utiliza para la evaporación de las gotas de agua de las nubes. Esto hace que el viento descendente sea relativamente caliente y seco, característica típica de un 'föhn'.

Toda esta situación se invierte durante los eventos de El Niño. Durante estos fenómenos, las aguas costeras se calientan extremadamente como consecuencia de cambios importantes en las corrientes del Océano Pacífico y, modificándose las direcciones dominantes de los vientos. Grandes masas de aires húmedos soplan hacia el este donde se encuentran con la Cordillera Negra y producen tormentas devastadoras. Incluso en el Callejón de Huaylas y la zona occidental de la Cordillera Blanca se siente su impacto, mientras que las precipitaciones caen significativamente en el este, dando como consecuencia periodos inusuales de sequía.

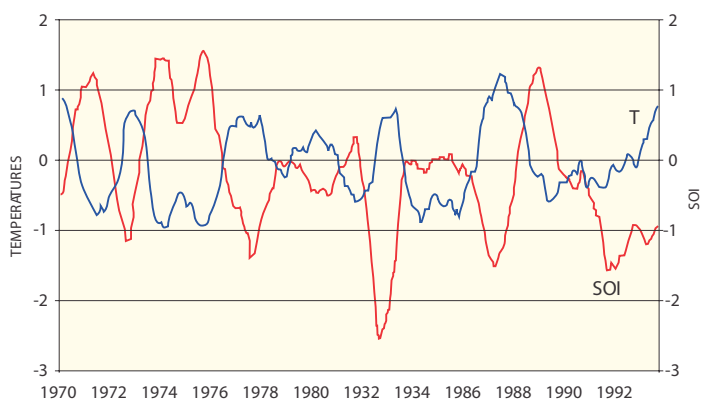


Figura 2.7: Variaciones interanuales de temperatura en los Andes centrales (promedios mensuales tomados en Querococha, 3955 metros sobre el nivel del mar) e Índice de Oscilación del Sur (El Niño cálido: SOI negativo, versus La Niña fría: SOI positivo) que demuestran la correlación inversa existente. Durante El Niño, a elevadas alturas, la temperatura aumenta; durante La Niña, desciende.

Fig. 2.8: Catástrofe causada por el evento de El Niño.



Contraste entre el día y la noche

Un último fenómeno que merece atención es el aumento de la temperatura diurna al aumentar la altura. Ello explica las frecuentes adaptaciones muy específicas de la vegetación de gran altura, pero también es un factor muy importante que deben tomar en consideración los montañistas y caminantes.



Figura 2.9: Adaptación de la vegetación al frío y las variaciones cotidianas de temperatura y radiación diurnas: cactus cubiertos de abundantes filamentos cerca del Bosque de Rocas.

La mayor parte de las personas no se dan cuenta de que la intensidad de la radiación solar aumenta con la altura debido a la menor absorción de radiación por la atmósfera, como muestra el cambio de color del cielo y la mayor radiación ultravioleta. Las superficies expuestas al sol reciben por tanto mayor radiación a mayor altura y, consecuentemente, pueden alcanzar temperaturas elevadas. Sin embargo, una parte considerable de este calor es emitido en forma de radiación infrarroja (calor). La temperatura efectiva de la superficie es el resultado del equilibrio entre la radiación que llega y la radiación de salida (reflejada o emitida). Las nubes y el vapor de agua son medios muy efectivos para absorber la radiación infrarroja. Como el aire a gran altura es más frío y, por consiguiente, tiene menos capacidad de retener vapor de agua, su capacidad de absorción es mucho menor y la radiación emitida mucho mayor.

Este fenómeno es particularmente notorio a grandes alturas cuando la temperatura disminuye muy rápidamente después de la puesta del sol, y llega a valores muy bajos al avanzar la noche. La principal forma de adaptación de la plantas consiste en reducir esta radiación, lo que queda evidenciado por la forma de las plantas y de las hojas de las mismas, y las propiedades de su piel exterior.

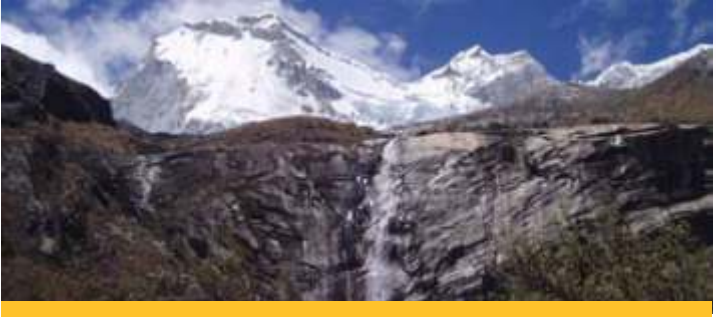


Figura 2.10: Caída de agua en el valle Parón

Hidrología

En las cabeceras, los ríos que se forman en la Cordillera Central reciben sus aguas principalmente del hielo derretido de los campos de nieve y de los glaciares. Su descarga es controlada principalmente por las variaciones estacionales de temperaturas y de la cobertura nubosa. La mayor parte de los valles cuenta con varios lagos pequeños y grandes de origen glacial en los cuales se descargan estas aguas del derretimiento glacial. El nivel del agua de los lagos oscila pero estos lagos cumplen la importante función de amortiguar las variaciones de la descarga de aguas.

El resultado de esta combinación de descargas que tienen un componente importante de agua de deshielo y la amortiguación de las fluctuaciones gracias a los lagos es que los ríos que bajan de la Sierra e ingresan a 'callejones' presentan una descarga bastante regular, característica de estos ríos alimentados principalmente por los glaciares. Cuando se dirigen hacia el norte, las características de las descargas de los ríos Santa y Marañón se modifican gradualmente debido a la contribución de tributarios que se originan en áreas no glaciales. Ello se traduce en una variación algo más estacional de las descargas. Sin embargo, incluso al final de la época seca, esta descarga sigue siendo significativa. Todo ello queda convenientemente demostrado por los datos de precipitación mensual y de descarga promedio. Se sabe que, incluso durante los meses muy secos de junio y julio, varios ríos todavía presentan descargas considerables. Las diferencias de descargas pueden estar íntimamente relacionadas con el aporte de las aguas de derretimiento de los glaciares, que quedan bien caracterizadas por la tasa de glaciación. Esta tasa de glaciación es evidentemente más elevada en el valle de Parón, donde la descarga es relativamente elevada incluso en la época seca.



La disponibilidad de aguas fluviales para consumo humano e irrigación en beneficio de las poblaciones que viven en los 'callejones' es uno de los principales aportes de la Cordillera Blanca. Permite una importante actividad agrícola gracias a la irrigación y a pesar de la marcada estación seca, hecho que ya se conocía hace miles de años. En el caso del Río Santa, permite también una producción sostenida de energía hidroeléctrica en el Cañón del Pato e importantes proyectos de irrigación en el desierto costero.

El cambio climático amenaza significativamente el futuro suministro de agua durante la época seca debido a la fuerte reducción del área de glaciares y del agua almacenada en forma de nieve y hielo. A corto plazo, el calentamiento causa un mayor derretimiento masivo y, por tanto, una mayor descarga. No obstante, esta ventaja de corto plazo rápidamente se convierte en una desventaja a largo plazo debido a que las cantidades de agua almacenadas disminuyen significativamente y, tarde o temprano, podrían llegar casi a desaparecer. La preocupación por este posible impacto ha dado lugar a varios estudios importantes sobre los glaciares de la Cordillera Blanca y el impacto del cambio climático actual y en el futuro.



Resumen

- *Las estaciones secas y húmedas se alternan en relación a los cambios de la posición de la zona de convergencia intertropical, es decir la posición del sol en relación al Ecuador.*
- *La humedad proviene principalmente del este, especialmente cuando la zona de convergencia intertropical se encuentra en el sur. Sin embargo, esta situación se invierte durante los fenómenos de El Niño, cuando la humedad proviene del oeste.*
- *Un segundo factor importante es la orografía de los Andes, que presentan un lado seco a sotavento y un lado húmedo a barlovento. También este patrón se invierte durante los eventos de El Niño.*
- *Las diferencias estacionales de temperaturas son reducidas.*
- *Al aumentar la altura, las temperaturas medias anuales disminuyen y las fluctuaciones diurnas de temperatura aumentan.*
- *Aunque la zona presenta una marcada estación seca, la falta de precipitación durante esta estación es compensada por un aumento de derretimiento de nieve y hielo.*
- *Los abundantes lagos glaciales actúan como amortiguadores, imitando la fluctuación de la descarga de los ríos que descienden de la Cordillera Blanca.*





Capítulo 3

Geología de la Cordillera Blanca



Composición de la roca

La mayor parte de las rocas están compuestas de partículas minerales (inorgánicas) de diferentes tamaños. El granito, por ejemplo, está compuesto de cristales de cuarzo, mica y feldespato. Sin embargo, no todas las partículas (componentes de las rocas) tienen que ser minerales, también pueden ser orgánicas, y tampoco todas las partículas son cristalinas. Por último, las rocas pueden ser ácidas, intermedias o básicas, dependiendo de su composición. Los principales conceptos y términos que usan los geólogos para describir la composición de las rocas se explican a continuación.

Roca

La roca es simplemente el material sólido del que se compone el planeta Tierra (excepto su centro, que se cree que es líquido). Puede contener algo de agua y gases en los poros, pero, generalmente, en cantidades pequeñas. A menudo se distingue entre "roca" y "roca dura", la diferencia es que la roca es suave y puede ser extraída con una lampa. Hay muchos tipos diferentes de rocas, dependiendo, por ejemplo, de su composición química y mineralógica y del tamaño de los fragmentos (su textura, es decir por ejemplo, arcilla, limo, arena, grava)

Mineral vs. Orgánico

El carbón vegetal y el lignito son los ejemplos mejor conocidos de sólidos orgánicos que pueden formar verdaderas rocas (como en la formación Oyón). Se originan de material vegetal acumulado y por tanto están compuestos de carbohidratos o carbono que se origina en estos carbohidratos. Las areniscas, aunque a menudo han sido formadas por la acumulación de conchas, están compuestas de mineral de carbonato de calcio, que no es sólido orgánico (¡no es un carbohidrato!). Sin embargo, a menudo son organogénicas (formadas por organismos). Otro ejemplo de una roca típicamente organogénica es la diatomita, formada por los esqueletos silicosos de las diatomitas. La diatomita se encuentra en los lagos glaciales del cuaternario y en la formación Calipuy.

Los sólidos minerales se forman por solidificación del magma enfriado (por ejemplo, las tofas y granodioritas) o por la precipitación de elementos disueltos en solución (por ejemplo, el yeso y la sal del agua marina). También pueden estar compuestos por residuos meteorizados de las rocas, como por ejemplo la arcilla, cieno y arena que se acumulan formando esquistos, rocas sedimentarias y areniscas.

Cristalino vs. No cristalino

La mayor parte de los sólidos no minerales son cristalinos, lo que significa que los átomos de una partícula mineral específica conforman una estructura regular. Ello es claramente evidente en los cristales cuyas caras reflejan las dimensiones de esta estructura. Los sólidos no cristalinos no presentan estas estructuras regulares, pero estos materiales son raros en la naturaleza. Un ejemplo típico es el vidrio volcánico, que es un componente principal de las rocas piroclásticas y que aparece con frecuencia en las formaciones Calipuy y Fortaleza. El vidrio se forma a partir del magma (roca derretida) cuando un enfriamiento muy rápido impide su cristalización.

Minerales y minerales que forman rocas

El término “minerales” está ampliamente difundido, pero para los geólogos su significado es mucho más limitado. Un “mineral” es un sólido cristalino inorgánico natural con una composición química específica.

Las rocas pueden consistir de una mezcla de “minerales”, sólidos orgánicos y sólidos inorgánicos (minerales) no cristalinos. Sin embargo, la mayor parte de las rocas en la zona de la Cordillera Blanca consiste de un ensamblaje de minerales “específicos” solamente, es decir, los llamados minerales formadores de rocas. Las excepciones incluyen los yacimientos de carbón vegetal (principalmente carbono), diatomitas (sílice no cristalino opalináceo) y rocas piroclásticas (que son vidrio volcánico en gran porcentaje).

Principales minerales formadores de rocas y composición química aproximada	
Feldespato	
Plagioclase	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ / $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (series químicas)
Ortoclase / Microclina	KAlSi_3O_8
Cuarzo	SiO_2
Mica	
Biotita (mica negra)	$\text{K(Fe,Mg)}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
Muscovita	$\text{K(Al)}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
Piroxeno	$(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ / $\text{Ca(Mg,Fe)}\text{Si}_2\text{O}_6$
Homblenda	$(\text{Mg,Fe})_5(\text{AlSi}_7\text{O}_{22})(\text{OH})_2$
Olivina	$(\text{Fe,Mg})_2\text{SiO}_4$
Calcita	CaCO_3
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Rocas ígneas ácidas / básicas

El magma puede ser de diferente composición y cuando se solidifica puede formar diferentes asociaciones minerales. Puede enfriarse rápidamente dando lugar a rocas extrusivas, tales como la lava y la ceniza volcánica, o muy lentamente, como en el caso de un batolito intrusivo en las profundidades de la corteza terrestre. Este último fenómeno determina la granulometría individual de la composición de la roca e incluso si tales granos individuales son o no cristalinos. A partir de estos fenómenos se clasifica generalmente las rocas ígneas, como se presenta a continuación.

Composición química	Félsica / ácida (granítica)	Intermedia (andesítica)	Máfica / básica (basáltica)	Ultramáfica / ultrabásica
Minerales dominantes	Cuarzo k-feldespato rico en Na Plagioclase Muscovita / biotita	Amfibola Plagioclase Biotita	Piroxeno Rica en Ca Plagioclase	Olivina Piroxeno
Color de roca. % de máficos	Ligero 0-25% máficos	Intermedio 25-45% máficos	Oscuro 45-85% máficos	Muy oscuro 85-100% máficos
Granulometría gruesa (intrusiva)	Granito	Diorita	Gabbro	Peridotita
Granulometría fina (extrusiva)	Riolita	Andesita	Basalto	Komatita (raro)

máficos = minerales oscuros, con alto componente de Mg y Fe.

Fenómenos geológicos

Muchos interesantes fenómenos geológicos se producen en la Cordillera Blanca.

Volcanismo y rocas volcánicas

El magma del planeta Tierra está compuesto por roca derretida que a menudo contiene grandes cantidades de gases disueltos. Cuando ese magma llega a la superficie de la Tierra, se produce el vulcanismo y se forman las rocas volcánicas.

Si la presión de los gases es elevada, los volcanes son muy explosivos y producen una gran cantidad de material piroclástico, es decir fragmentos altamente porosos de magma solidificado que han sido lanzados a través de una fisura o chimenea hacia la atmósfera, acumulándose en las laderas o más allá de las mismas, y formando capas de cenizas. La elevada porosidad se debe a la expansión de los gases disueltos en el magma que crean muchas burbujas de gas, tanto grandes como pequeñas. Si la presión del gas es menor, el magma fluye como lava desde el cráter o fisura y se enfría formando lavas que son mucho menos porosas. En muchos volcanes, incluyendo los volcanes de los Andes, se alternan las erupciones de materiales piroclásticos y de lava. La lava erupciona después que se abre una chimenea debido a las explosiones, permitiendo la liberación inicial de los gases. Al final de la erupción, el magma de la chimenea se “congela” y la presión de gas dentro de la cámara de magma empieza a aumentar nuevamente, iniciándose la siguiente fase eruptiva.

Si los gases se liberan súbitamente, como cuando la presión en la cámara de magma es sumamente elevada y las fisuras o chimeneas de la roca hospedante circundante se abren súbitamente, toda la cámara de magma puede empezar a “hervir” y se vacía en una sola erupción masiva. El material erupcionado puede estar compuesto de fragmentos de magma todavía líquidos que se encuentran en suspensión en el gas. Al asentarse, estos fragmentos se solidifican. Las rocas que se forman de esta manera son las ignimbritas. Sin embargo, el magma también puede solidificarse mientras se encuentra suspendido en el aire. En ese caso, se forman depósitos piroclásticos que aunque inicialmente están muy calientes, no se “congelan” para formar una roca coherente como la ignimbrita. Más bien, consisten en material piroclástico algo suelto pero bastante homogéneo. En ambos casos, las nubes de la erupción actúan como fluidos (fluidos piroclásticos) después de la liberación y cubren el paisaje como un manto que exhibe, a lo más, estratificación limitada. Estas erupciones son sumamente devastadoras ya que las nubes de la erupción se encuentran a alta temperatura y son de enorme volumen. Un reciente ejemplo es la erupción del Pinatubo en junio de 1991 cuando los flujos piroclásticos de la erupción alcanzaron un volumen total de aproximadamente 10 km³. La erupción del Quilotoa (en Ecuador central), alrededor de 1280 de nuestra era, creó una enorme caldera y produjo cenizas que cubrieron una parte considerable de la zona norte del Ecuador. Se estima que el volumen de magma de la erupción alcanzó 4–6 km³.

Ambos tipos de roca volcánica –alternancia irregular de cenizas, lavas e ignimbritas, y los depósitos masivos relacionados de flujos piroclásticos– aparecen en la zona de la Cordillera Blanca. La formación Calipuy es del primer tipo, mientras que las formaciones Fortaleza / Yungay son del segundo tipo.



Figura 4.7 y 4.8: Formación columnar Fortaleza (izquierda) y formación Calipuy con lechos duro y suave formados por glaciares a lo largo del camino afirmado hacia el Bosque de Rocas.

Laminado y fracturación

Después de su exhumación, las rocas batolíticas generalmente presentan fracturas y un tipo muy específico de meteorización física denominada laminado. Dicho laminado es el resultado de la desaparición de la gran cantidad de material suelto superficial y la consecuente liberación de las presiones ejercidas por el peso de dichos materiales. Ello hace que la roca se fracture paralelamente a las faldas del valle. El fenómeno es particularmente evidente en los valles en forma de U de la zona norte de la Cordillera Blanca donde las enormes laderas verticales muestran un laminado masivo que crea un muy serio riesgo de caída de rocas.



Figura 4.9: Laminado típico en la granodiorita batolítica de la Cordillera Blanca.

Un fenómeno relacionado es el de la fracturación en columnas de ciertas rocas volcánicas de mayor densidad, como la lava y la ignimbrita. Los batolitos se enfrían gradualmente y su encogimiento solamente causa una fracturación limitada. En la lava y la ignimbrita, sin embargo, el enfriamiento es mucho más rápido y a menudo causa una fractura en columnas muy prominente. Ésta es una característica de las formaciones Fortaleza y Yungay. Estas rocas fracturadas en columnas abundan a lo largo de la carretera entre Lima y Huaraz, a medida que se asciende hacia el Paso de Conococha.



Figura 4.10: Rocas con fuertes plegamientos cerca del Pastoruri.

Plegamientos y fallamientos

Las tensiones compresivas que se acumulan en la corteza del planeta Tierra causan la deformación de las capas de rocas que componen dicha corteza. Si las rocas son más o menos plásticas y sus capas se comprimen, dan lugar a plegamientos. Las masas de roca de alta resistencia que se rompen en pedazos dan lugar a fragmentos que se desplazan a lo largo de planos. Esto es lo que se denomina fallamientos, y el desplazamiento se produce a lo largo de fallas. El fallamiento también puede ocurrir cuando las masas de rocas son objeto de dichas tensiones compresivas tan fuertes que no solamente se pliegan sino que también se deslizan a lo largo de los planos, conformando estructuras sumamente complejas. Por último, el fallamiento es un fenómeno prominente cuando se produce la distensión, como cuando dos placas de la corteza se separan. Un ejemplo de este fallamiento es el valle del Rift en el África del Este.

El plegamiento es más común cuando se presiona las rocas sedimentarias, que son relativamente plásticas. Sin embargo, existen diferencias considerables de plasticidad entre estas rocas. Las areniscas y calizas cuarcíticas, por ejemplo, son mucho menos plásticas (incompetentes) que los esquistos y limos (competentes). Las capas de carbón tienden a ser sumamente plásticas y sufren fuertes deformaciones por la compresión. Las rocas verdaderamente incompetentes fallan más difícilmente cuando se ejercen presiones, a menos que las temperaturas se eleven tanto que aumente significativamente su plasticidad (rocas metamórficas).

Las estructuras que son resultado de plegamientos en gran escala de unidades sedimentarias gruesas incluyen los sinclinales y los anticlinales, es decir, series de plegamientos en forma de cuencas y crestas. Sus ejes corren perpendicularmente a la dirección de la compresión. Son características de los complejos sedimentarios del mesozoico de la zona de la Cordillera Blanca y aparecen claramente en los mapas geológicos así como en el terreno.

La estructura general de la Cordillera Blanca está determinada en gran medida por los fallamientos. Las fallas se encuentran a lo largo de la zona central de la Cordillera y del límite occidental de la cuenca del Río Santa, donde los principales deslizamientos verticales pueden tener varios kilómetros de longitud. Más aún los movimientos a lo largo de dichas fallas siguen produciéndose en la actualidad y constituyen uno de los principales riesgos de la naturaleza, en asociación con importantes movimientos sísmicos.

Superficies de aplanamiento

La Tierra ha pasado por períodos en que las placas de la corteza han colisionado formando montañas enormes. Los Apalaches de América del Norte y el Escudo del Brasil, que alguna vez fueron enormes montañas, son ejemplos de superficies de aplanamiento. Debido a los movimientos tectónicos estas superficies se pueden elevar y deformar. La “puna” es un ejemplo típico de una superficie de aplanamiento que corta las demás rocas más antiguas. Se la puede reconocer claramente en el paso de Conococha al este, donde aparece una cumbre claramente nivelada.

Pirita sedimentaria

El agua de mar contiene una gran cantidad de iones de sulfato (SO_4^{2-}), que en presencia de materia orgánica (residuos animales y vegetales) y condiciones de agua atrapadas reducidas, como en los manglares, lodazales costeros y deltas de ríos, se reducen a iones de sulfuro (SO^{2-}) debido a la actividad microbiana (de las bacterias reductoras del azufre). Este sulfuro se combina con el hierro formando pirita (FeS_2). En condiciones apropiadas –inundación regular con sedimentos de aguas marinas de elevado contenido orgánico– se puede acumular grandes cantidades de pirita.

Otra situación en la que se puede formar pirita es en los mares donde, donde por debajo de una cierta profundidad, no hay suficiente oxígeno como consecuencia de que la materia orgánica consume el oxígeno disuelto y no se produce un reaprovisionamiento suficiente de oxígeno de las aguas agostadas debido a la falta de circulación. Ello puede dar

lugar a las denominadas condiciones anóxicas en las que la actividad microbiana (ver párrafo anterior) da como consecuencia la formación de pirita. Esta situación ocurre en el Mar Caspio y puede tener como consecuencia una excelente preservación de restos animales como los peces en las aguas anóxicas. Las rocas características de dichos medios incluyen los esquistos negros con abundantes amonitas piritizadas, como las que se encuentran en la formación Chimú, cerca del glaciar Pastoruri.

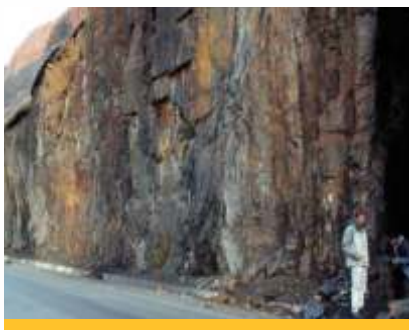


Figura 4.11: Formación meteorizada de Oyón con contenido de pirita, que se manifiesta en los colores amarillo de la jarosita y rojo de los óxidos de hierro.

Otro fenómeno interesante que se observa en estos esquistos negros es la abundante presencia de grandes nódulos en forma de disco cuyo centro está compuesto por una mezcla de calcita y pirita cristalina gruesa. Estas conformaciones se denominan septarias y algunas contienen fósiles, notablemente, amonitas.



Figura 4.12: Septaria del Pastoruri

Cuando es expuesta al aire, la pirita se oxida mediante una serie de complejas reacciones, dando como resultado final la formación de hidróxido de hierro ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) y ácido sulfúrico (H_2SO_4) y creando así un entorno extremadamente ácido y sumamente agresivo. El ácido sulfúrico es muy movilizable y puede ser lixiviado por la lluvia, mientras que el hidróxido de hierro es sumamente estático y se acumula en capas y concreciones característicamente oxidadas.

Resumen

- *La Cordillera Blanca consiste principalmente de un batolito granodiorítico relativamente reciente (15 – 10 millones de años de antigüedad) con una intrusión de un complejo plegado y fallado de sedimentos antiguos, principalmente marinos, que en gran parte se remontan al mesozoico (205 – 65 millones de años).*
- *Alcanzó a su altura actual debido a un elevamiento importante relativamente reciente (ocurrido en los últimos millones de años), que en combinación con el enfriamiento global gradual, produjo varias glaciaciones durante los últimos cientos de miles de años.*
- *La Cordillera Blanca debe su especial geomorfología actual a estas glaciaciones.*
- *En el adyacente Callejón de Huaylas, separado por enormes fallas en la parte central de Cordillera Blanca, los sedimentos del mesozoico a menudo están recubiertos de rocas terciarias (30 – 15 millones de años) de origen mayormente volcánico. En el Callejón de Conchucos, al este, estas rocas volcánicas son escasas.*
- *El área alberga una enorme y particular diversidad de fenómenos geológicos y formaciones terrestres, que la convierten en un paraíso para los amantes de la naturaleza.*



Capítulo 4

Paisajes Glaciares





Paisajes Glaciares

Los glaciares tienen un gran impacto en el paisaje pero no solamente en la misma área de glaciación. Crean paisajes con características erosivas, tales como los circos y estrías glaciales, así como características acumulativas, tales como las morrenas, pero también actúan en las zonas corriente abajo de los valles hacia donde se extienden los glaciares. El agua derretida de un glaciar a menudo transporta grandes cantidades de residuos, desde fragmentos de roca finamente molidos hasta enormes rocas. Este material mal distribuido se deposita en forma de abanicos cónicos que comienzan cerca de las fisuras de la morrena terminal por donde discurre el agua de derretimiento (abanicos fluvio-glaciales). Los glaciares también pueden bloquear los valles laterales, formando lagos donde se acumula el sedimento (terrazas de kame). Por último, el congelamiento y derretimiento intensos causan una fuerte fragmentación de las rocas y la producción masiva de residuos. Más abajo de las pendientes empinadas con las rocas susceptibles a la meteorización por la escarcha se forman taludes, como en el valle que conduce al glaciar de Pastoruri. Por último, si las temperaturas son suficientemente bajas, se pueden formar suelos con patrones, como resultado de la alternancia de congelamiento y derretimiento del hielo.

El impacto conjunto de los glaciares se puede ilustrar mediante tres casos. El primero es un paisaje virtual donde sólo hay ríos. Cuando se eleva una zona, como los Andes, ciertas regiones alcanzan alturas donde las temperaturas caen tanto que se forman glaciares. Asimismo, los cambios climáticos, como los que se produjeron frecuentemente durante el periodo Cuaternario, causan un fuerte enfriamiento que tiene como consecuencia la formación y expansión de áreas cubiertas de hielo. Esto se muestra en la segunda imagen. Cuando la temperatura aumenta en los periodos cálidos (interglaciares) después de las edades de hielo (glaciales), se puede observar claramente como consecuencia la erosión y la deposición glacial (tercera imagen). Las formaciones terrestres y valles redondeados y en forma de "V" se transforman en valles en forma de "U" y aparecen paisajes con picos agudos.

En la Cordillera Blanca, la Cordillera Negra y en el resto de los Andes a gran altura, abundan ejemplos de estas formaciones terrestres. El mapa de los valles de Llanganuco y Parón ilustra este paisaje, pudiéndose apreciar circos, aristas, cuernos y valles en forma de "U". (Fuente cartográfica: Alpenvereinskarte, 2000). Una visión general de los principales depósitos, características y formaciones terrestres glaciares de mayor importancia con ejemplos de la Cordillera Blanca aparece en las páginas siguientes. Además, se presentan ejemplos de otros tipos de depósitos, características y formaciones terrestres típicas de los medios críticos, que también se pueden observar en esta zona.

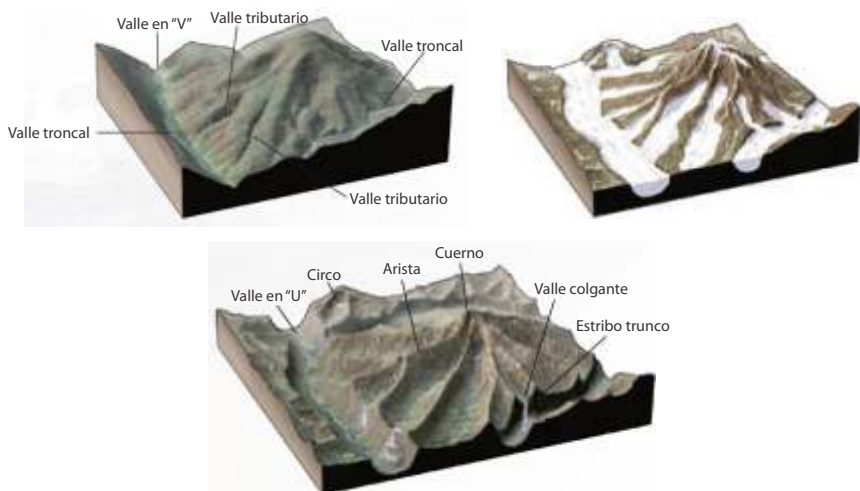


Figura 5.9: Formaciones terrestres (Tarbuck y Lutgens)



Figura 5.10: Principales tipos de formaciones terrestres, características y depósitos glaciales.

Circos: Se trata de pequeñas cabeceras de valles erosionadas por un glaciar aislado de tamaño menor que crea un valle en forma de "U", recipiente u olla, a menudo encerrado por una pequeña protuberancia. (Ver ejemplo de un circo en la Figura 5.11).



Figura 5.11: Huascarán Sur, con circo al oeste



Figura 5.12: Valle de Llanganuco en forma de U

Valles en U: Son formados por grandes glaciares de valles que crean valles profundos por erosión. Las principales salidas de valles en la Cordillera Blanca presentan una sección transversal prominente en forma de U antes de ingresar al amplio valle de Santa María. En Honda, Ulta, Llanganuco, Parón, Santa Cruz y Alpamayo encontramos espectaculares valles en forma de U, en la vertiente occidental de la Cordillera Blanca.

Valles colgantes: Se trata de valles laterales cuya salida “cuelga” encima de un valle principal más grande. Los glaciares más grandes del valle principal erosionaron el lecho rocoso a mayor profundidad que el glaciar del valle lateral, dando como resultado el desprendimiento del piso del valle lateral cuando se aproximó al valle principal. Este es el origen de las cascadas y caídas de agua, a menudo espectaculares, que aparecen en las bocas de dichos valles colgantes.

Aristas: Son las crestas afiladas de las montañas que conducen a las cimas de los cerros (cuernos). Son la culminación de las paredes laterales de los circos.

Cuernos: Son las cimas de las montañas, rodeados por paredes empinadas.



Figura 5.13: Cuernos de los nevados Chacaraju y Pirámide, vistos desde la cima del Pisco.

Lagos glaciales: Constituyen una característica usual de los valles glaciales. Los glaciares erosionan los fondos de los valles pero también pueden pasar por encima de pequeños obstáculos, tales como afloramientos rocosos resistentes. El flujo de hielo causa la mayor erosión cerca de la pared posterior del circo y es más intenso en la zona debajo del ELA (ver a continuación). Se produce menor o nada de erosión cerca de la boca del glaciar. Esta depresión puede crear depresiones cerradas al fondo del valle. Cuando desaparece el glaciar, en estas depresiones se forman lagos.

Rocas aborregadas: Se trata de afloramientos o pequeñas crestas de lecho rocoso completamente pulidos y arañados por el hielo que pasó por encima. A menudo aparecen al final de un circo, formando el umbral del mismo.

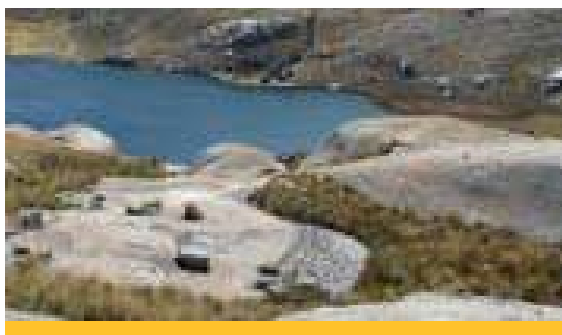


Figura 5.14: Rocas aborregadas a lo largo del camino hacia Chavín.

Estrías glaciales: Son bandas y arañazos en el lecho rocoso causados por cantos rodados y piedras arrastrados por el hielo al fluir por encima del lecho rocoso.



Figura 5.15: Estría glacial en la pared lateral del valle de Llanganuco.

Morrena y “till”: Se puede considerar que un glaciar es una gran cinta transportadora de sedimento que baja desde las pendientes superiores. Es el transporte de material rocoso erosionado, producido por las avalanchas de las paredes laterales o la erosión directa del glaciar, o materiales que se han desprendido del lecho rocoso subyacente al glaciar. En la parte inferior, disminuyen las fuerzas erosivas del glaciar. Debajo del glaciar, se deposita una mezcla compacta de marga, arcilla, piedras y cantos rodados, que se denomina till subglacial o till hospedante (ver figura). Está compuesto de una matriz fina con grandes piedras “flotantes”. Al extremo del glaciar, este “till” puede diluirse en un sedimento fino. Es aquí donde se depositan los cantos rodados, piedras, arena y limosuelos, conocidos como till de deshielo.



Figura 5.16 y 5.17: Till subglacial (izquierda) expuesto a lo largo de la vía del valle Morocochoy y till de deshielo (derecha) en la enorme morrena a la salida del valle de Ulta, probablemente relacionada con la morrena del complejo Laguna Baja (Figura 1).

Cuando el extremo del glaciar permanece en el mismo punto durante un largo periodo, los sedimentos se acumulan en el mismo lugar, formando una evidente cresta de till de deshielo. Esta formación terrestre se denomina morrena. Cuando la cresta se presenta en el extremo del glaciar, se denomina morrena terminal; y cuando queda depositada en los lados, se le llama morrena lateral.

Resumen

- *La Cordillera Blanca y las cuencas adyacentes incluyen varios sistemas importantes de morrenas e importantes valles glaciares asociados que son evidencia de la presencia reiterada de enormes recubrimientos de hielo durante épocas glaciales anteriores. Son dichos periodos y recubrimientos glaciales a los que la Cordillera Blanca debe su empinada y característica morfología alpina.*
- *Dentro de la Cordillera Blanca existen franjas de morrenas terminales y laterales que se remontan a la última glaciación y al Holoceno, y que reflejan la compleja historia climática de dicho periodo, es decir, una retracción generalizada con avances temporales de glaciares durante las fases más frías.*
- *Los glaciares se forman por acumulación de nieve que gradual y sucesivamente se convierte en firn y hielo. Este hielo es sumamente plástico y fluye hacia las partes inferiores de los valles y laderas por efecto de la gravedad.*
- *En sus extremos superiores erosivos, los glaciares pueden erosionar seriamente el lecho rocoso. Los valles resultantes presentan una forma característica en U y fondos de valle muy irregulares, creando muchos lagos después de la desglaciación. Las diferencias en las resistencias del suelo rocoso se hacen evidentes. La roca dura queda pulida y arañada, formando "rocas aborregadas"; mientras que la roca suave se erosiona, formando depresiones y circos.*
- *Los glaciares actúan como un transportador de residuos valle abajo, donde estos se acumulan formando una asombrosa diversidad de depósitos, como "tills" (morrenas laterales y frontales) y depósitos de agua de deshielo (terrazas kame e inundaciones fluvio-glaciales)*





Capítulo 5

Los peligros naturales y los desastres





Peligros naturales y desastres

La Cordillera Blanca es una cordillera glaciaria de gran altura que se encuentra en una región tectónicamente inestable de alta probabilidad de sufrir sismos importantes. Los peligros naturales como terremotos, avalanchas y deslizamientos de rocas plantean, por tanto, un serio problema. La ausencia de construcciones coloniales en Huaraz, por ejemplo, se debe al gran terremoto de 1970 que destruyó la ciudad y causó la destrucción total de Yungay bajo una avalancha. Desafortunadamente, estos son sólo un par de ejemplos de los desastres que han ocurrido en la zona a lo largo de los siglos. Por ejemplo, en el valle del Río Santa, se han producido más de veinte desastres grandes y pequeños, desde 1702 hasta la fecha, causando víctimas y daños a la propiedad.

Para reducir los riesgos, el gobierno ha tomado una serie de medidas. Se trata principalmente de medidas técnicas para impedir las inundaciones pero también de normas legales que rigen la construcción de edificaciones. Se ha aprobado códigos de construcción para reducir el daño causado por los terremotos. Los turistas apreciarán avisos que dicen “ZONA SEGURA EN CASOS DE SISMOS”. También son particularmente evidentes, sobre todo para los caminantes, los esfuerzos por reducir los niveles de agua de los lagos glaciares para amainar el peligro de inundaciones.

Los deslizamientos de rocas y los terremotos son ejemplos de peligros con una causa directa: se desprende una roca que pone en peligro todo lo que encuentra en su camino cuesta abajo o un terremoto que daña las edificaciones e infraestructura. Pero, los “peligros” pueden ser menos directos, como cuando se desprende una roca que cae en un lago glaciario causando serias inundaciones en la parte inferior del río que nace de este lago. Ambos tipos de peligros se presentan en la Cordillera Blanca, aunque los del segundo tipo a veces son excepcionalmente devastadores.

Avalanchas de nieve y hielo

Aunque son bastante frecuentes, las avalanchas de nieve generalmente se producen en las zonas más elevadas de la Cordillera Blanca, no habitadas, y son de magnitud más bien limitada. No constituyen un peligro serio para las zonas pendiente abajo.

Las avalanchas de hielo constituyen una amenaza más seria debido a su mucho mayor volumen y masa. La principal razón es que las pendientes de los glaciares de la Cordillera Blanca suelen ser muy elevadas y un vez que las masas de hielo se hacen inestables tienden a rodar cuesta abajo, liberando enormes cantidades de energía (ya que el hielo es mucho más pesado que la nieve y, por consiguiente, una avalancha de hielo libera mucha más energía que una avalancha de nieve). El tipo de contacto entre la masa de hielo y la roca subyacente tiene una gran influencia. Si el conjunto está congelado, hay pocas probabilidades de que se produzcan deslizamientos. De hecho, ello también vale para las masas de nieve cuya estabilidad depende en gran medida de la coherencia interna y la fricción. Las capas de nieve que se alternan con hielo y exhiben poca coherencia interna también pueden deslizarse pero tienen menos masa que las de hielo.



Figura 5.1: Avalanchas desde la cima (flautas), que crean abanicos cargados de escombros.

El punto de congelamiento del agua depende en gran medida de la presión que ejerza el hielo superpuesto (su peso). En caso de alta presión, el hielo se funde, produciendo agua que lubrica la zona de contacto y permite que el hielo se deslice fácilmente cuesta abajo. A temperatura ambiente, la liberación de presión puede hacer que el agua se vuelva a congelar. Si las temperaturas son demasiado bajas, las masas de hielo permanecen estables, “congeladas contra la roca”, y sólo se mueven cuesta abajo debido al flujo plástico del mismo hielo, que es relativamente lento.

Los glaciares y los campos de hielo pueden volverse inestables debido al calentamiento global, incrementando la temperatura ambiente en el punto de contacto hielo – roca. Ésta es una de las consecuencias más serias del calentamiento global en la Cordillera Blanca y podría dar como resultado una mayor frecuencia de avalanchas de hielo. De hecho, esto ya ha sucedido en las últimas décadas como consecuencia del calentamiento global en todos los nevados glaciares.

Movimientos de masa

Se puede distinguir una amplia variedad de movimientos de masas, desde el desprendimiento de rocas debido a la caída de capas en las laderas empinadas de los valles en forma de U hasta deslizamientos de tierras sobre pendientes poco inclinadas. La diferencia se debe principalmente a que en unos casos los materiales ruedan pendiente abajo generalmente a gran velocidad sobre pendientes muy inclinadas, y en otros los materiales se deslizan a lo largo de las pendientes como una masa, generalmente debido a que se encuentran saturados de agua que lubrica la masa y el plano de deslizamiento. También pueden producirse modos transicionales, como cuando se produce una falla en la pendiente y se precipita una masa caótica de tierra y rocas.



Figura 5.2: Roca desprendida sobre la carretera al oeste del túnel Cahuish, en dirección a Chavín.



Figura 5.3: Deslizamiento de tierra a lo largo del Río Santa, al sur de Catac.

Una diferencia importante es que las masas de roca que caen a menudo alcanzan elevadas velocidades y son difíciles de predecir, creando serios problemas. Los deslizamientos de tierra rara vez alcanzan gran velocidad

y son más fáciles de predecir, ya que se inician con unas cuantas rajaduras y fisuras y, generalmente, están asociados con periodos de precipitación pluvial cuantiosa (por ejemplo, durante los eventos de El Niño).

Los terremotos a menudo también causan deslizamientos de tierra. Un movimiento sísmico produce la energía que se necesita para rebasar la fricción interna entre la roca y el material de la pendiente. Asimismo, el calentamiento global puede incrementar la frecuencia de los deslizamientos de rocas, ya que a mayor altura las rocas están congeladas ("permafrost") y son estables. No obstante, cuando se produce el



derretimiento, pueden desintegrarse. Este fenómeno, por ejemplo, hizo que se cerrara la famosa montaña de Matterhorn en Suiza para los montañistas durante el año 2005, cuando se produjeron temperaturas inusualmente elevadas y los desprendimientos de rocas se convirtieron en un problema muy serio.

Figura 5.4: Cuestas peligrosas con rocas altamente laminadas en el valle de Parón.

Terremotos

La magnitud de un terremoto se mide por la cantidad de energía liberada utilizando una escala logarítmica de Richter. Esto significa que un sismo de magnitud 7 es 10 veces más fuerte que uno de magnitud 6. La estabilidad tectónica de un área puede describirse por la frecuencia de terremotos relativamente fuertes. La Cordillera Blanca es tectónicamente inestable, lo que significa que tales sismos son bastante frecuentes.

El daño causado por los terremotos aumenta significativamente al incrementarse su magnitud. Evidentemente, el daño sufrido por edificaciones e infraestructura también depende de su resistencia estructural. Una de las principales causas del daño significativo que sufren es que las ondas sísmicas pueden causar una aceleración vertical mayor que la aceleración de la gravedad, "lanzando los objetos hacia el aire". Solamente sobreviven las estructuras de concreto reforzadas con cimientos cuyo diseño les permite soportar dichas fuerzas.



Figura 5.5: Plaza mayor de Huaraz, en 2006



Figura 5.6: Plaza mayor de Huaraz antes del terremoto de 1970. Foto de principios de los años cincuenta.

Inundaciones

En los años normales, las lluvias no suelen ser suficientemente fuertes para dar lugar a inundaciones importantes. La situación cambia en los años de El Niño cuando la precipitación es mucho mayor tanto en términos de intensidad como duración. En esas épocas, las tormentas de lluvia pueden causar inundaciones serias en el área de captación del Río Santa. En particular, en las zonas inferiores “encerradas” del Río Santa y sus principales tributarios, dichas inundaciones pueden ser verdaderamente devastadoras, explicando que se encuentre tan pocas casas y edificaciones en los fondos de valle de estas zonas.

Otro tipo de inundación son las inundaciones rápidas o “flash floods” causadas por la liberación súbita de grandes masas de agua en los cursos superiores de los ríos tributarios de la Cordillera Blanca. Estas inundaciones súbitas pueden ocurrir cuando un deslizamiento de tierras o la caída de rocas bloquean un valle y hacen que se forme un lago. Suele suceder que dicho represamiento se rompe al cabo de unos pocos días o semanas, liberando una enorme columna de agua. Los deslizamientos de tierras y desprendimientos de rocas también pueden impactar un lago, creando una enorme ola que corre valle abajo. Estos dos tipos de peligro “secundario” son conocidos en la Cordillera Blanca donde se han producido repetidas veces.



Viaje 1

Llanganuco





Llanganuco

Un día de viaje desde Huaraz. 75 kilómetros por tierra. A partir de Llanganuco es posible realizar interesantes excursiones de un día de duración.

Altura: 3100 – 3950 metros por tierra. Excursiones de un día desde Llanganuco: Refugio Perú (4665 metros), Laguna 69 (4600 metros), Portachuelo de Llanganuco (4767 metros), valle Morococha y Chacas (3359 metros).

¿Qué veremos?

- Avalancha de escombros (1970) del Huascarán que arrasó Yungay. Aún visible claramente.
- Dos lagos azules, alimentados por un sinuoso río.
- Valle glacial empinado en forma de cañón con estrías glaciales visibles.
- Valles colgantes al extremo del valle principal.
- Nevados famosos como el Huascarán (6768 metros), Chacaraju (6112 metros), Pisco (5752 metros) y Huandoy (6395 metros).
- Características típicas de las nieves de alta montaña tropical: “flautas” y “penitentes”.
- Bella vista del glaciar Kinzl, glaciar de valle encerrado por morrenas.
- El sendero María Josefa permite una caminata de 6 kilómetros a través de un tupido bosque de quenuales (*polylepis* spp) nativos. La caminata se puede realizar en aproximadamente dos horas.

Excursión adicional. Un día. Refugio Perú

Campamento base de Pisco (5752 metros).
Albergue moderno de montaña.

Excursión adicional. Un día. Laguna 69

Laguna de circo de color azul intenso.
Vista del Chacaraju, uno de los nevados más difíciles de escalar de la Cordillera Blanca (“el nevado imposible”).

Excursión adicional. Un día. Portachuelo de Llanganuco y valle Morococha

Uno de los pasos más elevados (4767 metros) de la Cordillera Blanca.
Vista panorámica a gran altura de los principales nevados.
Sendero para descenso de montaña en bicicleta.

Excursión adicional. Un día. Chacas

Pintoresco centro del pueblo.

Agricultura tradicional en andenes.

Vistas de la cara oriental de la Cordillera Blanca.

Cómo llegar

Se llega a Llanganuco desde la ciudad de Yungay (2500 metros), 30 kilómetros al norte de Huaraz. Desde Yungay, la carretera afirmada trepa hasta la entrada del valle. Entre paredes gigantescas de roca, se avanza hacia las lagunas de Chinancocha y Orconcocha. Desde allí, hay los colectivos y taxis de Huaraz a Yurac Corral (viajes de dos horas y media). Si decide quedarse para la excursión de un día en Llanganuco, existe un lugar para acampar en Yurac Corral. Los taxis se reúnen todos los días al extremo del valle, facilitando el retorno a Huaraz.



Excursiones adicionales de un día a Llanganuco

Refugio Perú

Refugio Perú se encuentra a unas cuantas horas de ascenso desde Yurac Corral. Reserve su habitación en la Casa de Guías en Huaraz. El ascenso empieza en la primera curva de la carretera afirmada hacia el paso. La ruta está bien señalizada.



Hacia el Refugio al pie del Huandoy.

Laguna 69

En lugar de voltear a la izquierda en dirección de Refugio Perú, siga el sendero por la margen derecha del Río Demanda. El ascenso desde Yurac Corral toma entre dos y tres horas dependiendo de lo que desee ver (la Laguna 69 o las lagunas al este).

Portachuelo de Llanganuco y valle Morococha

Al terminar el valle, la carretera afirmada gira hacia el oeste con rumbo a la morrena gigante formada por el glaciar Kinzl. Después de pasar unos veinte estrechos, se llega al paso Portachuelo de Llanganuco, a 4767 metros. Se puede hacer la travesía en taxi, colectivo u ómnibus. En este último caso, puede llevar su bicicleta. Si está en buen estado físico puede trepar o tomar la bicicleta hasta el paso desde Yurac Corral, pero no olvide que hay más de 700 metros de diferencia de altura. Si su estómago lo resiste todavía, descienda desde el paso hacia el valle de Morococha para gozar de una bella vista de las lagunas, pero esta excursión es sólo para los valientes.

Chacas

Desde Portachuelo de Llanganuco es posible llegar a Chacas en taxi u ómnibus. Es un viaje sumamente largo y dependiendo del estado de la carretera afirmada puede demorar un día o más. Siga el camino hacia

Yanama y luego gire hacia el valle del Río Yurma. Al final del valle, gire a la derecha hacia Chacas. En total, el camino de Llanganuco a Chacas se prolonga por 140 km. En Chacas, es posible alojarse en un agradable hotel. También se puede llegar en bicicleta o a pie hasta Chacas pero el viaje es mucho más prolongado y requiere acampar varias noches.

Descripción

La excursión se inicia en Yungay, conocida por la desastrosa avalancha de rocas de 1970 cuando un terremoto provocó la caída de una parte del Huascarán. La avalancha de lodo causada ("huayco" en la lengua quechua) devastó una gran zona y enterró el antiguo pueblo de Yungay, causando la muerte de aproximadamente 17 000 personas. El lugar donde quedaron enterradas y un monumento en su memoria aún se yerguen sobre el río de lodo fácilmente reconocible.

El camino asciende a lo largo de muchas curvas hacia el valle en U formado por el Río Ranrahirca que nace cerca de la colina del cementerio. Esta colina dividió el río de lodo en dos corrientes y quedó a salvo de la avalancha. Luego, el camino discurre por encima de morrenas y crestas, permitiendo ver el curso que siguió el río de lodo que descendió desde el Huascarán.

Una vez que se ingresa al valle en forma de U, la vista queda bloqueada por las enormes laderas empinadas que aún presentan los trazos de su origen glacial, particularmente las caras de rocas pulidas y estriadas. Estas pendientes además muestran un pronunciado laminado. El ascenso hacia la laguna Chinancocha es pronunciado pero una vez que se llega a ella, el fondo del valle es más bien plano y sigue siéndolo hasta más allá de Yurac Corral. Estas dos lagunas están separadas la una de la otra por crestas de abanico que se formaron en el terremoto de 1970, cuando grandes masas de rocas rodaron por las laderas del Huascarán Norte. Las costras y taludes luego fueron cubiertos por la vegetación y actualmente no se reconocen con facilidad.



Las lagunas están encerradas por laderas glaciares del valle que se sumergen empinadas en el agua. Por el contrario, las orillas suroeste y noreste están cubiertas por pantanos y el fondo del lago tiene apenas inclinación. Al noreste de las lagunas de Llanganuco, un humedal bastante amplio alberga muchas especies de plantas y pájaros. Las lagunas están repletas de truchas y son el paraíso de los pescadores. Más allá de Yurac Corral, se llega al campamento desde donde se puede emprender otras excursiones hacia el corazón de la Cordillera Blanca.

Excursiones adicionales de un día



Ascenso del Pisco

Las vistas de los nevados que se yerguen por encima del valle aparecen desde que se llega a las primeras curvas del camino o se asciende por los senderos en dirección norte. Los senderos del norte nos llevan a los celebrados nevados de Chacaraju, Huandoy y Pisco. Se trata de caminatas de alta montaña y, para los montañistas, son la ruta hacia su destino final: los nevados.

En el ascenso por el camino hacia el paso, una de las primeras vistas es la enorme morrena del glaciar Kinzl al sur. Desciende desde el Huascarán y se encuentra entre las morrenas recientes de menor altura con centro de hielo petrificado de la Cordillera Blanca. Al noroeste, se puede apreciar el bello valle glacial escalonado donde se encuentra Refugio Perú. Subiendo por el camino del abra, estas vistas se hacen cada vez más amplias hasta que se despliega el magnífico panorama del macizo y la mayor parte de sus nevados y del centro de hielo petrificado de la morrena del glaciar Kinzl.

Al llegar al paso, se puede ver hacia abajo y al este el valle escalonado con numerosos pequeños lagos de circo que terminan en el valle de Yurma. Este valle presenta pendientes más irregulares que a menudo están cubiertas por restos de las laderas debido a un cambio importante de la geología que se ve en el color y el fondo de las rocas.

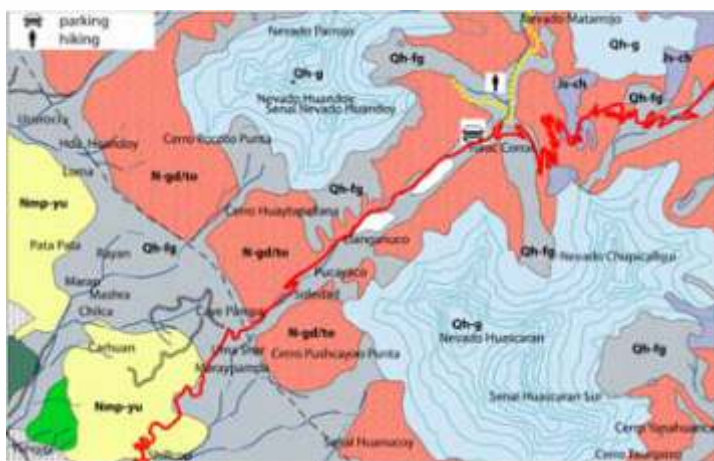


Descendiendo hacia las lagunas de Morococha.

Geología y paisaje

El terremoto de 1970 es sólo uno de muchos que se han producido en la Cordillera Blanca debido a su geología inestable desde tiempos prehistóricos. La avalancha de escombros causada por este sismo ha sido muy estudiada y bien descrita.

Las rocas más antiguas del Callejón de Huaylas, es decir la formación Yungay (Nmp-yu) compuesta por rocas piroclásticas del Mio-plioceno, están cubiertas en gran medida por depósitos del cuaternario, principalmente morrenas y fluvio-glaciares.



— — — línea de falla principal; Qh-fg = depósitos cuaternarios glaciares y fluvio-glaciares; Qh-g = hielo y nieve.

Estos últimos depósitos esconden la falla principal que separa el batolito granodiorítico de la formación Yungay, donde el granodiorito se yergue pronunciadamente por encima del Callejón. Es esta roca resistente la que forma la enorme ladera suroccidental del Huascarán.

El valle es un ejemplo típico de un valle glacial en forma de U en el batolito de la Cordillera Blanca, igual que el valle de Parón con todos sus fenómenos característicos: laderas extremadamente empinadas con laminado común, caras rocosas estriadas y pulidas, umbrales rocosos con enormes rocas y lagunas que se forman en hondonadas glaciales y circos. Desde los nevados que se yerguen hacia arriba descienden las morrenas y caen rocas que han producido pendientes con taludes de enormes bloques, entre los cuales apreciamos los que forman la separación entre las dos lagunas. Abundan los valles colgantes, a menudo en series, lo que refleja las diferentes etapas de la recesión glacial.

Aquí, una vez más, el bosque donde domina el polylepis está fuertemente asociado con los depósitos de residuos sueltos y laderas con bolones, creando un apropiado microclima. El bosque más temperado, donde dominan las epifitas y helechos, se encuentra a menor altura, a la entrada del valle.

Excursiones adicionales

Las excursiones hacia el norte también discurren por valles glaciares cortados en el batolito. Las morrenas, circos y umbrales se vuelven espectaculares pero no hay cambios fundamentales en la geología ni en el paisaje. La mayor diferencia es que disminuyen las acumulaciones glaciales y se hacen más prominentes las exposiciones de rocas debidas a la erosión glacial. En el valle principal se producen series de morrenas laterales organizadas con prolijidad, unas encima de las otras, como manifestación de las etapas posteriores del retroceso glacial.



Antiguas morrenas camino abajo del Refugio Perú y morrenas recientes en la parte superior.

El valle del glaciar Kinzl es un clásico ejemplo de un glaciar contenido por enormes morrenas. La más reciente de éstas se extiende por una gran distancia dentro del valle. La superficie del glaciar yace por debajo de sus morrenas más recientes y presenta la morfología típica del hielo muerto con el denominado “termokarst”. El agua de deshielo del corazón del hielo ha creado un valle muy profundo que es el mejor ejemplo del retroceso glacial en la Cordillera Blanca.

El glaciar Kinzl en el macizo dominado por granodiorita del Norte (derecha) y del Chopicalqui (izquierda), y la secuencia de morrenas y taludes rocosos.



Detalle de la superficie del glaciar cubierta de residuos y sucesión de morrenas de diferentes edades.

A mayor altura, la granodiorita está cubierta por rocas sedimentarias de la formación Chicama del Jurásico Superior, con intrusión de magma. Las rocas son rojas debido a la meteorización de minerales como la pirita y otros sulfuros que se formaron en esta zona de contacto. Las areniscas y esquistos forman capas y plegamintos, y son mucho más susceptibles a la fragmentación por el frío y la meteorización, creando grandes cantidades de escombros.

Rocas fuertemente plegadas y falladas del Mesozoico (principalmente de la formación Chicama) a lo largo de la carretera a Chacas. Las avalanchas frecuentes crean laderas caóticas. Chacas.



Y no se olviden, ¡ésta es una excursión para montañistas!



Viaje 2

Churup





Churup

Excursión de un día desde Huaraz, 11 kilómetros en automóvil, caminata de 10 kilómetros

Altura: 3100 – 3850 metros por carretera, 3850 – 4600 metros de altura en caminata

¿Qué veremos?

- Laguna de color azul intenso
- Imponente nevado de Churup (5495 metros)
- Agricultura tradicional con irrigación
- Enormes morrenas
- Bella visión panorámica de Huaraz, en el Callejón de Huaylas.

Cómo llegar

Tomar un taxi u ómnibus (colectivo) desde Huaraz a Pitec. A partir del estacionamiento de Pitec (que no es un pueblo, sino un conjunto de "chacras"), seguir el camino a lo largo de la cresta. Una hora y media después, se llega a una zona empinada y rocosa a la izquierda de la catarata, desde donde se puede llegar a la laguna de Churup después de un ascenso de media hora bastante intimidante. Este ascenso puede plantear un verdadero desafío cuando la roca está húmeda. Para evitar esta sección empinada, se puede ascender más hacia la izquierda pero será necesario subir a bastante mayor altura que la del sendero cerca de la catarata. De regreso se puede caminar hacia Llupa y tomar un colectivo a Huaraz o caminar hasta Huaraz (la caminata de la Laguna Churup a Huaraz toma cinco horas y media).





Inicio del ascenso



Crestas de morrenas

Descripción

En Pitec, el ascenso empieza en una cresta de morrena que baja del valle de Churup. Esta morrena está formada principalmente por enormes rocasgranodioríticas alrededor de las cuales trepa el sendero. Más arriba, la morrena se funde con varias morrenas más pequeñas del lado occidental del valle de Churup, terminando en una cresta afilada donde se empalma con la ladera rocosa. En este punto, mirando hacia el sureste, se puede ver muchas más morrenas en el amplio valle que desciende hacia Huaraz. Si giramos hacia el oeste, se puede apreciar claramente Huaraz contra el fondo de la Cordillera Negra.



Durante el ascenso, el valle se transforma en un valle glacial en forma de U más cerrada de fuerte gradiente. También cambia el ascenso, pasando de una caminata agradable a un ascenso difícil que atraviesa grandes rocas y afloramientos pulidos por el glaciar. Se puede observar varias caídas de agua hacia arriba indicando el punto donde se llega a la laguna Churup, que hasta último momento no estará a la vista. En el ascenso hacia la laguna, van aumentando en número los árboles de polylepis debido a las condiciones más abrigadas y húmedas que allí existen, en comparación con la morrena abierta y expuesta.

La laguna Churup se encuentra a 4485 metros de altura en un gran circo que tiene el nevado de Churup cubierto de nieve como telón de fondo. Como es típico en los lagos de circo, el fondo es rocoso con roches moutonnés(rocas aborregadas) pulidas.



Sus aguas son sumamente claras y de color azul intenso cerca de las orillas del lago. No hay señales de vida vegetal o animal en el agua. Su peculiar color se debe a una extraña combinación de a) la ausencia de sedimentos finos y vida vegetal en el agua; b) la altura y la consiguiente intensidad de radiación ultravioleta (que también da al cielo una coloración violácea); y c) el mismo color del agua, que es azul.

Si se asciende otros 100 metros, hacia la formidable pared del Churup, encontramos una segunda laguna mucho más pequeña, la laguna Churupito, formada en una depresión de una de las últimas morrenas del glaciar Churup. La mayor parte de los caminantes quedarán muy satisfechos con la visita a la primera laguna y luego descenderán hacia Huaraz.

La caminata de Pitec hacia Huaraz puede ser muy agradable si se toma el sendero que va del estacionamiento en Churup y descende por el lado izquierdo del pequeño valle. Durante la mayor parte del trayecto, el sendero corre por la parte superior de una cresta de morrena que llega más allá de Llupa. Su naturaleza queda evidenciada por la presencia de grandes rocas redondeadas que a menudo están formados de granodiorita blanca. Al descender,





gradualmente se deja atrás la zona de puna donde se practica principalmente la ganadería y se empieza a ingresar en la zona de campos cultivados y chacras con canales de irrigación que ocasionalmente discurren por las crestas. Cuando se camina hacia Huaraz, se debe atravesar una zona de importante gradiente meteorológica (4485 m a aproximadamente 3000 metros), y también una importante gradiente cultural. Ello puede ser una experiencia muy interesante para quienes deseen observar el impacto de la vida moderna en las culturas tradicionales.

Geología

Desafortunadamente, el mapa disponible está compuesto de tres hojas diferentes que no empalman muy bien. No obstante, queda claro que la geología es simple. Los depósitos de morrena prevalecen a menor altura y una vez que se deja atrás la morrena, sólo vemos la granodiorita del batolito de la Cordillera Blanca. Aun así, se puede observar algunos fenómenos interesantes.

Los circos son bastante comunes en la Cordillera Blanca, pero son difíciles de aproximar. Por ello, éste es un ejemplo bastante interesante que presenta todas las características normalmente asociadas a los circos como las “roches moutonnées”, umbrales de circo bien pulidos y el lago. El sistema de morrenas relacionado con el glaciar que alguna vez llenó el circo constituye un buen ejemplo de una serie compleja de morrenas recesivas que pudieron desarrollarse después del retiro del glaciar

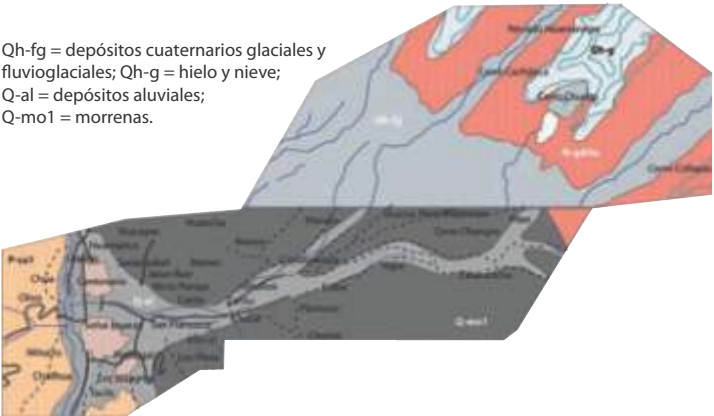


Rocas aborregadas en el umbral del circo.

durante el Holoceno. En todas las direcciones se puede encontrar morrenas que, en último término, se conectan con la cresta que se debe ascender hacia la laguna Churup. Las diferencias de edad de las diversas morrenas se hacen evidentes por el grado de meteorización de los bloques y el desarrollo de líquenes.

De acuerdo con el mapa geológico, no está expuesta la frontera entre el batolito de granodiorita y las rocas anteriores donde se introdujo. Esto es válido para el segmento donde sólo es posible inferir su presencia en la cara empinada de la granodiorita. Sin embargo, la zona de contacto es muy visible a lo largo de una carretera afirmada que corre desde Pitec hacia el este, en dirección del valle de Quilcayhuanca. A lo largo de esta carretera queda expuesta la roca hospedante más o menos metamorfoseada. Sin embargo, dichas exposiciones son bastante inusuales. Si está interesado, tome el desvío, lo que no demorará más de media hora de caminata.

Qh-fg = depósitos cuaternarios glaciales y
fluvioglaciales; Qh-g = hielo y nieve;
Q-al = depósitos aluviales;
Q-mo1 = morrenas.





Viaje 3

Chavín





Chavín

Excursión de un día desde Huaraz, 80 kilómetros por tierra.

Altura: 3100 – 4450 metros

¿Qué veremos?

- Enorme planicie con puna y montaña en el trasfondo.
- Valle colgante con umbrales y rocas redondeadas de gran tamaño, moldeadas por glaciares.
- Minas de carbón.
- Paisaje agrícola tradicional sobre laderas escarpadas.
- Complejo arqueológico de Chavín.

Cómo llegar

Son dos horas y media desde Huaraz. Desde Catac, una carretera asfaltada se dirige hacia Chavín. En 2006, todavía se encontraba parcialmente en construcción y había sido terminada hasta el túnel de Cahuish (550 metros de longitud). Desde el túnel hacia abajo, una carretera en mal estado descende por una cuesta sinuosa hacia el valle del Río Mosna. Allí se toma una carretera afirmada hacia la izquierda durante un kilómetro antes de llegar a Chavín. Inmediatamente se reconocerá el complejo arqueológico.



Descripción



Mina antigua y zona de residuos cerca de Catac.

Esta descripción se inicia en el punto donde el camino hacia Chavín toma un ramal a partir de la carretera principal que se dirige a Catac. Este pueblo fue un centro minero del que sólo quedan restos de botaderos de la mina de desagradable aspecto. Se trata de un pueblo sin mayor atractivo donde se puede adquirir alimentos y bebidas. Después de unos cuantos kilómetros, el camino discurre sinuosamente por una gran planicie que se prolonga aproximadamente 10 kilómetros hacia el este. En los días soleados y claros, conducir por este camino hacia las montañas constituye una experiencia inolvidable. Detrás de la puna cubierta de pastos con unas cuantas pequeñas casas campesinas dispersas, se yerguen los majestuosos nevados de la Cordillera Blanca sur. El panorama es grandioso al ascender, la vista de la Cordillera Blanca se hace más estrecha entre los pies de montaña pero al mismo tiempo surge imponente la Cordillera Negra en el trasfondo. Viajando en bicicleta o sentado en la parte posterior de un automóvil se siente la experiencia de ver una película.



Laguna Querococha.

El camino continúa y gradualmente llega hasta los 3900 metros de altura aproximadamente para luego volver a descender hacia el enorme valle en U formado por el Río Querococha. Después de un tiempo, se llega a la gran laguna Querococha, formada por el bloqueo del valle en un gran abanico que desciende desde la ladera norte del mismo. En diversos puntos, los ríos cortan quebradas en las laderas y es en estas

Enormes morrenas a lo largo del valle.



quebradas donde aparecen los bosques de polylepis, en contraste con la puna prevaleciente en el resto de la región. Ello se explica porque a mayores alturas los bosques necesitan protegerse de las duras condiciones climáticas para sobrevivir.

Después de llegar a la laguna, el camino da un giro para ingresar al bello valle glacial de Conde, cuya entrada se encuentra aproximadamente a 200 metros por encima de la laguna. Esta entrada es un ejemplo perfecto de un umbral inclinado moldeado glacialmente con roca pulida y relieve rocoso sumamente irregular. Una corta caminata desde el camino cruzando el umbral de rocas nos lleva hasta el borde empinado del noroeste desde donde se puede gozar de un bello panorama de la laguna y los valles, así como de las montañas del trasfondo.



Es interesante la abundancia de rocas más o menos pulidas y redondeadas pero que no se encuentra más arriba de 200 metros por encima del fondo del valle. A mayor altura, las rocas son más angulosas y fracturadas. Al penetrar por la entrada del túnel Cahuish, estas características del valle se mantienen, observándose formaciones rocosas redondeadas en la parte inferior y más angulosas en la parte alta. En este valle la tierra apenas está cultivada y sólo se observa alguna actividad pastoral, situación comprensible debido a la naturaleza rocosa del suelo.

Después de atravesar el túnel, se llega a un mundo diferente, desde el túnel a aproximadamente 4450 metros de altura hacia abajo, las laderas del valle del Pucaorado forman un confuso conjunto de bloques grandes y pequeños. Por encima de éstos, se yerguen las laderas empinadas y evidentemente inestables de capas de rocas cuyos sustratos a menudo son más o menos verticales. Más aún, todo el valle desciende empinadamente hacia el valle del Río Mosna a unos 3400 metros de altura, bajando un kilómetro de altura por aproximadamente cada 7



kilómetros de distancia horizontal. Como se puede observar a lo largo del camino, las rocas están fuertemente fracturadas y abundan las fallas en las pendientes. La construcción de carreteras en esta zona no es sencilla, lo cual explica en parte los grandes volúmenes de material de excavación abandonados de manera desordenada. El viaje en ómnibus o colectivo atravesando esta sección de la carretera Catac – Chavín ciertamente no es apto para los débiles de corazón.

Las rocas de este valle contienen muchos yacimientos carboníferos cuyo espesor raramente supera un metro. Han sido explotados intensamente, generalmente con métodos primitivos, por pequeños grupos de mineros locales que excavan diques y galerías estrechos dentro de estos yacimientos. A lo largo del camino, aparecen muchas de estas “minas” y el viajero no debe sorprenderse si ve mineros con cascos completamente cubiertos de polvo negro de carbón trepando para salir de las minas. El

carbón extraído es amontonado a lo largo de la carretera para luego ser transportado por los camiones que los llevan a Lima y otros destinos.



Para apreciar las condiciones en que se encuentran estas minas se puede intentar penetrar a gatas en alguna de ellas. Pero se debe tener mucho cuidado. Resulta admirable el valor de los mineros y al mismo tiempo es difícil comprender la vida que llevan. Para los turistas occidentales, éste es un buen ejemplo de las condiciones

en que tenían que trabajar los mineros para ganarse la vida desde fines del siglo dieciocho hasta fines del siglo veinte en América del Norte y Europa.

Las minas continúan valle abajo hasta el valle del Mosna pero al ingresar a este último nuestra vista queda sorprendida por el bello mosaico de campos agrícolas de la ladera opuesta. Este mosaico es típico del paisaje agrícola más tradicional del valle del Mosna, en comparación con el Callejón de Huaylas. En lugar de campos o andenes rectangulares, vemos un mosaico irregular que se asemeja a una pintura o construcción por Leger, el famoso pintor francés. Justo antes de ingresar al colorido pueblito de Chavín, se llega al enorme complejo arqueológico del mismo nombre. El viajero debe visitar el complejo que es uno de los mayores ejemplos de civilizaciones pre-incaicas del Perú y un monumento sumamente impresionante. El pueblo es encantador y mucho menos turístico que Huaraz y otros pueblos del Callejón de Huaylas.





En 1945, tanto el pueblo como el complejo arqueológico quedaron cubiertos de sedimentos causados por una gran inundación que se atribuye a una avalancha de hielo del Huantsan que cayó al lago en la cabecera del Río Huantsan y causó una inundación corriente abajo en el valle del Huachecsa. Causó la muerte de 500 habitantes del pueblo y la destrucción de un puente de piedra pre-inca que cruzaba este río.



Sitio de Chavín todavía cubierto parcialmente por el deslizamiento de tierra.



Grabado en piedra típico del estilo Chavín



Geología y paisaje

En términos de paisaje y geología, el área que se atraviesa durante la excursión se puede dividir en dos unidades principales. La frontera entre ellas se atraviesa cuando se pasa por el túnel de Cahuish. Al oeste se encuentra el batolito de granodiorita de la Cordillera Blanca con los depósitos glaciales y fluvio-glaciales que se derivan de él, y al este, un gran complejo de rocas sedimentarias plegadas, principalmente del cretácico.



Q = diversos depósitos glaciales y fluvio-glaciales; N-rd = riodacita intrusiva del neógeno.

En Catac se empieza con los depósitos fluviales y fluvio-glaciales del Río Santa (Q-glf). La planicie de la puna aparece señalada por los depósitos de morrenas (O-mo1) en el mapa geológico, pero probablemente es más compleja (varias fases) y podría muy bien incluir depósitos fluvio-glaciales más antiguos. Existen enormes rocas(bloques erráticos) distribuidos más o menos aleatoriamente en el paisaje, dando testimonio de su origen principalmente glacial.

El gran espesor de estos sedimentos del cuaternario se hace evidente cuando ingresamos al valle en forma de U de Querococha. Las profundas quebradas en forma de V que han sido cortadas en los flancos son evidencia de que este valle es efectivamente de materiales sueltos. Se aprecian grandes rocasdiseminadas en los flancos que ocasionalmente se desploman. Se pueden observar rastros de dichos deslizamientos de manera regular. Los ángulos de las laderas de los abanicos debajo de las quebradas son bastante reducidos, demostrando que fueron efectivamente formados por el transporte de materiales relativamente finos como en las morrenas y no por el desgaste de masa de rocas duras. Ello también explica que estas zonas sean utilizadas para el pastoreo e incluso para el cultivo, ya que se adaptan a dichos usos.

Al este de la Laguna Querococha sólo encontramos granodiorita pero de ninguna manera se trata de un paisaje monótono. La frontera está formada por una gran falla que corre a lo largo de la Cordillera Blanca al suroeste. Esta granodiorita de granulometría ocasionalmente gruesa tiene un contenido relativamente elevado de minerales oscuros (biotita). Las rocas bien pulidas del umbral hacia el valle del Conde ocasionalmente muestran la naturaleza compleja de las intrusiones batolíticas con

diferencias locales de composición (granítica a granodiorítica), presencia de material xenolítico (roca hospedante no totalmente fundida) y venas de cuarzo y otras rocas más porfíricas de intrusión posterior. Más aún, se puede observar bloques de granito más o menos milonitizado con los brillantes espejos característicos que se forman cuando se comprime el granito a lo largo de una falla. Es de interés para los aficionados a las rocas, pero también nos ofrece un paisaje de morfología glacial de gran belleza.

Desde el umbral se logra una buena vista del Pucaraju al norte, donde las rocas sedimentarias casi verticales conforman la cumbre. También se puede ver el valle del Conde y sus cantos rodados y rocas en las laderas inferiores y las rocas angulares fracturadas encima de las mismas. Aparentemente, durante la última fase glacial, el glaciar no llenó completamente el valle y las rocas por encima de la línea glacial quedaron sometidas a una intensa meteorización por frío. El escaso residuo de estas laderas superiores muestra que el glaciar eliminó la mayor parte de los restos creados y que el retraimiento final fue bastante rápido y reciente: la cantidad de residuos que se ha producido desde entonces es bastante pequeña. Este retroceso rápido y reciente también se observa en otros puntos pero no tan evidentemente como en este lugar.

Al este del túnel, se encuentra por primera vez la formación Chicama, que presenta capas alternadas de areniscas y esquistos sumamente inclinadas. A ello sigue una serie más interesante de sinclinales y anticlinales muy empinados en rocas del cretácico que conforman las formaciones Oyón (Ki-o) y Chimú (Ki-ch). La formación Oyón está compuesta de una alternancia más bien fina de capas de areniscas, limos y esquistos, con capas intercaladas de carbón. Es de estas capas donde se extrae el carbón a lo largo de la carretera. Se trata de carbón antrasítico muy frágil, que fácilmente se quiebra en finas partículas de carbón. Ello se debe a los fuertes plegamientos y ligera termo-metamorfosis, en las cercanías del batolito. La formación Chimú es similar pero sólo contiene capas de carbón en sus porciones inferiores.

Rumbo a Chavín, el valle atraviesa una sinclinal empinada con miembros superiores de la serie cretácica: las formaciones Santa (Ki-s) y Carhuaz (Ki-c). La primera formación consiste principalmente de calizas y marlas que no obstante suelen ser escasas, mientras que esta última es principalmente no calcárea y se asemeja a la formación Chimú. Chavín también está en la formación Oyón. Los cazadores de fósiles tendrán poco que buscar en estas formaciones del cretácico ya que tales fósiles son muy escasos. Incluso en las capas de carbón, los restos de plantas son difíciles de encontrar.

La rápida alternancia de capas competentes (arcillosas / carbón) e incompetentes (arenisca / cuarcita) y los fuertes plegamientos y fracturamiento asociados son responsables de la poca estabilidad de las masas rocosas presentes en esta área. En particular, cuando las capas están fuertemente inclinadas y constan de capas alternadas suaves (argiláceas o de carbón) y de areniscas más duras, las capas más blandas suelen meteorizarse creando un barranco más o menos dentado. Al norte de Chavín, en el valle de Mosna, cerca de Huántar, son muy impresionantes.





Oficina del Programa Andino

Calle Ricardo Palma 100, Huaraz, Perú

Teléfono: (51-43) 42 3446

www.mountain.pe

tmiperu@mountain.org

Head Quarter Office

1707 L St. N.W. Suite 1030

Washington DC 20036

Telephone: (1-202) 452-1636

Facsimile: (1-202) 452-1635

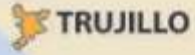


THE MOUNTAIN INSTITUTE

"Protecting Mountains and Mountain Communities in a Rapidly Changing World"

Mountains sustain life on earth. In a world facing unprecedented change, The Mountain Institute is committed to protecting its mountains. Through empowering mountain communities and conserving mountain ecosystems, TMI ensures that mountains will continue to provide the essential resources—natural, cultural and inspirational—needed for mankind's survival on a healthy planet





LA LIBERTAD

Quaternary	Holocene	continental	Qh c
Neogene	Pliocene	volcanic	Np v
Neogene	andesite/rhyolite		N an/ri
	granodiorite/tonalite		N gd/to
Intrusions of the Andean Region			PN mgr/gr
Paleogene	tonalites/granodiorites		P to/gd
	tonalite		P to/gd po
Batholith	Puscao		P to/gd pu
	San Jerónimo		P to/gd sj
Paleogene/Neogene	volcano-sedimentary		PN vs
Cretaceous	pelagic		Kp to/gd
Upper Cretaceous	Intrusivo		Ks gd
	Intrusives Rancap		Ks gd r
	Super Unit	Santa Rosa	Ks mzgr/gdi sr
		Paccho	Ks gd/to p
Upper Cretaceous to Paleogene	continental		KsP c
Super Unit	La Mina, Humaya		Ks di/to/gd
	Humaya		Ks di/to/gd h
Upper/Lower Cretaceous	volcano-sedimentary		Kis vs
Lower Cretaceous	marine		Ki m
	marine/continental		Ki mc
	continental		Ki c
	Super Unit Patap		Ki di/gr pt
Upper Jurassic	marine		Js m
Upper Triassic/Lower Jurassic	marine		TsJi m
Upper Permian	continental		Ps c
Lower Paleozoic	granodiorite/granite		Pi gd/gr
Precambrian			PeA e/gn







UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

