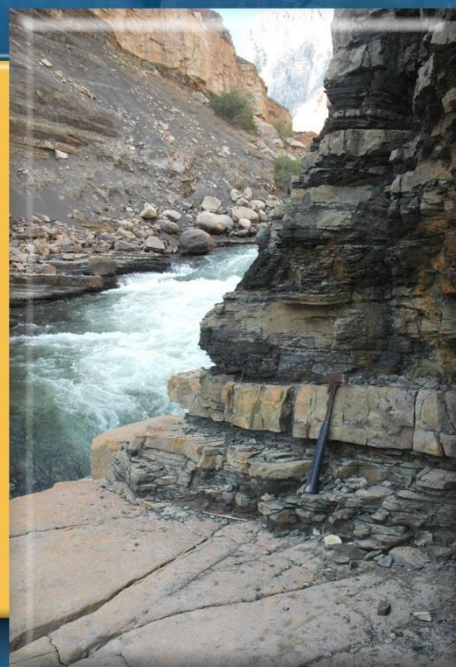
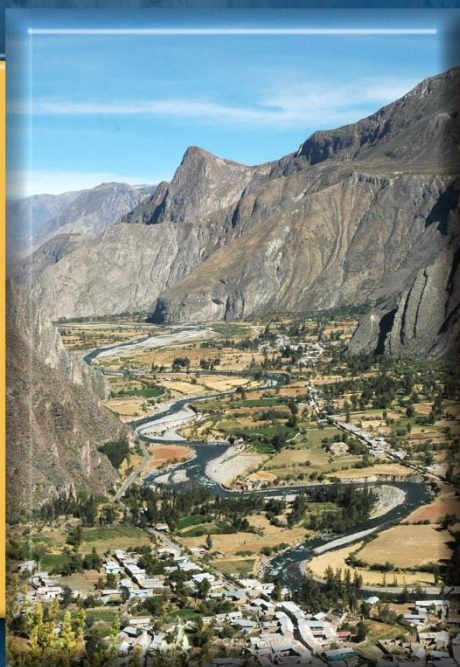


Informe Técnico N° A 6779

ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS DEL VALLE Y CAÑÓN COTAHUASI

(Reserva paisajística Subcuenca de Cotahuasi,
provincia La Unión, Arequipa)



POR:

BILBERTO ZAVALA

**NOVIEMBRE
2017**

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. PRIMEROS RECONOCIMIENTOS Y ESTUDIOS GEOLÓGICOS EN EL VALLE DE COTAHUASI.....	2
3. TIPOS DE ROCAS PRINCIPALES Y EDADES GEOLÓGICAS.....	3
4. GEOMORFOLOGÍA Y PAISAJES PRINCIPALES	4
5. GEODIVERSIDAD Y GEOPATRIMONIO	7
6. IMPORTANCIA DE LA ZONA.....	9
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10

ASPECTOS GEOLÓGICOS DEL VALLE Y CAÑÓN DE COTAHUASI,

(RESERVA PAISAJÍSTICA SUBCUENCA DE COTAHUASI
PROVINCIA LA UNIÓN, DEPARTAMENTO AREQUIPA)

1. INTRODUCCIÓN

Mediante Oficio N° 001-2017/GRA/CR/PATRIMONIO, el presidente del Comité Rumbo a la creación de patrimonio Mundial de la Humanidad Cañón de Cotahuasi, solicita a la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), un informe correspondiente a los pisos geológicos en el cañón y valle de Cotahuasi, territorio que desea postular como Patrimonio de la Humanidad ante la Unesco.

El Programa de investigación de patrimonio y geoturismo a cargo de la DGAR, realizó investigaciones geológicas en la zona del cañón de Cotahuasi durante los años 2011-2012. El presente informe que se pone en consideración de los interesados está basado en la información de campo y el análisis de geodiversidad y geopatrimonio evaluada con la información geológica existente.

Contiene información de los diferentes tipos de roca expuestas en la Reserva Paisajística Subcuenca de Cotahuasi (formaciones geológicas y edad), las unidades geomorfológicas y geoformas diferenciadas en esta subcuenca, así como una síntesis de la geodiversidad existente en ella. El presente informe se pone a consideración

2. PRIMEROS RECONOCIMIENTOS Y ESTUDIOS GEOLÓGICOS EN EL VALLE DE COTAHUASI

A diferencia del Colca, donde expedicionarios o exploradores extranjeros o peruanos realizaron estudios sobre el cañón, son pocos o escasos investigadores que han realizado estudios en el cañón de Cotahuasi. Se señala solo por estudios cartográficos, la profundidad del cañón de Cotahuasi, tomando como referencia el punto más alto que es el cerro de Allxallasa de 5035 metros y el punto bajo a la hacienda Ushua, la profundidad del cañón es de 1517 metros de altura alcanzando una cota de 3.517 m.s.n.m.

Taylor *et.al* (2010) señala que en muchas regiones del mundo, cañones profundamente incisos demuestran los efectos netos de los procesos físicos activos en la superficie de la Tierra en respuesta a la elevación de superficie; donde la reconstrucción de la evolución de la topografía de la superficie a través del tiempo geológico puede ayudar a dilucidar las complejas relaciones entre fuerzas tectónicas, las variaciones del clima, química y física, y la erosión y sus efectos resultantes sobre un paisaje.

El área de la subcuenca Cotahuasi, está enmarcada en los cuadrángulos Cotahuasi, Chulca, Cayarani y parte de Pausa. Las investigaciones geológicas realizadas dentro del levantamiento de la Carta Geológica Nacional de Perú fueron realizadas en 1973, 1974 y 1983 y luego publicadas y actualizadas por primera vez en 1994 (Pecho, V., 1983; Olchaski & Dávila, 1994; Palacios, O., 1994). Olchaski & Dávila destacan en el valle de Cotahuasi variaciones en su recorrido, con origen en valles colgantes antiguos en forma de U (este de Firura y en el río Samana); entre Alca y Cotahuasi un valle en forma de "V" con terrazas fluviales y poblaciones agrícolas y un valle estrecho encañonado aguas abajo hasta el sector de Ocoña.

Palacios destaca para la zona valles estrechos y cañones donde sobresale el cañón del río Chulca, formado de la unión de los ríos Huarcaya y Cushpa (cuenca alta), siguiendo una dirección promedio norte-sur, al ingresar al cuadrángulo Cotahuasi, alcanzando una profundidad de 1000 m. Resalta también Palacios aguas arriba de Chulca, al que llama un gran deslizamiento en las tobas Sencca que llegaron a represar el río, labrando su cauce sobre este

material deslizado. Pecho en el cuadrángulo Pausa describe un valle con fuerte erosión (encañonado) y socavamiento en sus márgenes que produce asentamientos y desmoronamientos en las laderas.

Las hojas de los cuadrángulos Cotahuasi (31-q), Chulca (30-q) y Cayarani (30-r) fueron reinterpretadas por Salas *et al.*, 2003 y la de Pausa por Martínez & Cervantes en el 2000). Las publicaciones de estos cuadrantes geológicos realizan importantes alcances de la geomorfología, estratigrafía, tectónica y geología histórica del área.

3. TIPOS DE ROCAS PRINCIPALES Y EDADES GEOLÓGICAS

La subcuenca de Cotahuasi, reserva paisajística, alberga una diversidad geológica, con predominio desde el punto de vista litológico de unidades volcánicas (lavas y piroclastos), sedimentarias, intrusivas y metamórficas, las cuales se resumen a continuación:

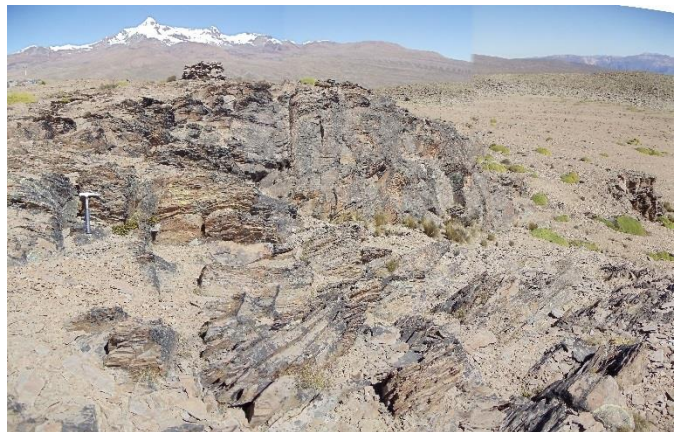
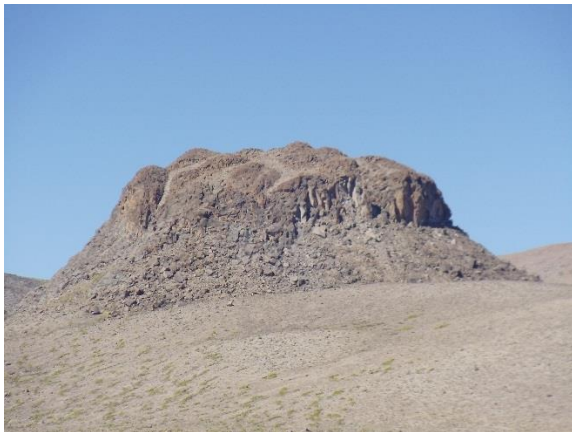
- Las rocas más antiguas afloran en el sector del cañón corresponden a rocas metamórficas del Complejo Basal de la Costa o Macizo de Arequipa, compuestas por filitas y gneis grises con tonalidades verdosas (1500 millones de años).
- De manera discordante sobre ellas encontramos también en el cañón (sectores Toro, Charcana) secuencias sedimentarias del Jurásico-Cretácico plegadas (65 a más de 200 millones de años) que corresponden al Grupo Yura (areniscas en estratos delgados, lutitas, lutitas carbonosas y calizas; cuarcitas); la Formación Murco (areniscas blancas y rojizas con capas de yeso y sal abigarradas) en el sector de Cañón, Huarhua y Charcana; la Formación Arcurquina (calizas masivas grises en estratos gruesos con fósiles de amonites y bivalvos) expuesta en la zona de valle frente a Tomepampa, Taurisma y también en el sector de Pampamarca y Cotahuasi.



Ejemplos de rocas sedimentarias: Izquierda. Capas rojas Murco, sobre areniscas de la Formación Hualhuani. Centro y derecha. Areniscas y Lutitas del Grupo Yura (tramo de camino Inca); sectores del cañón aguas debajo de la catarata Sipia.

- Una gran parte de la Subcuenca Cotahuasi está compuesta por rocas volcánicas lávicas y piroclásticas, siendo estas: el Grupo Tacaza del Eoceno (lavas andesíticas gris oscuras y tobas grises bien estratificadas (24 a 65 millones de años); Formación Alpbamba Mioceno (Tobas lapilli blancas bien estratificadas; ignimbritas rosadas; tobas y arenas retrabajadas) 5.3 a 24 millones de años; Formación Sencca (tobas friables con líticos y biotitas bien estratificadas; Grupo Barroso del Plioceno-Pleistoceno (brechas piroclásticas; lavas grises; del estrato volcán Solimana); Formación Andagua, con lavas más recientes correlacionables con los Volcánicos Andagua (estratovolcán Firura y conos monogenéticos como el Kiura).

- Cubriendo a las secuencias antiguas se tienen depósitos aluviales, morrenas, fluvioglaciares y depósitos gravitacionales o coluvio-deluviales de avalanchas de rocas; zonas de bofedales.



Diferentes afloramientos de rocas volcánicas (volcanoclásticas y lávicas) que dominan predominantemente el territorio de la subcuenca Cotahuasi.

4. GEOMORFOLOGÍA Y PAISAJES PRINCIPALES

La morfología dominante en este territorio lo conforman montañas volcánicas: estrato-volcanes erosionados; mesetas volcánicas originadas por coladas de lavas o flujos ignimbriticos erosionadas; algunos domos volcánicos.

Resalta en esta morfología en los alrededores de Chicayllapa-Lauripampa la probable presencia de una estructura de caldera volcánica, que controla la presencia de depósitos volcanoclásticos, así como la disposición longitudinal del cauce del río Huarcaya en la cuenca superior.

Para resumir las unidades geomorfológicas existentes en la subcuenca Cotahuasi a continuación se presenta una síntesis.

Relieves de origen tectónico-erosional:

Laderas de montañas y colinas estructural-denudacionales en rocas sedimentarias	Montañas y colinas con rocas sedimentarias plegadas; crestas paralelas, agudas, separadas por depresiones, colinas con cuevas o laderas estructurales de dirección variable por plegamiento. Expuestas en el lado occidental del área entre el sector Pampamarca, Quechualla y oeste de Toccecc.
Laderas de montañas y colinas erosionadas en rocas plutónicas	Laderas cóncavas con pendiente moderada, ramificadas densamente por erosión. Cimas subredondeadas a suaves de afloramientos aislados en Toccecc hasta Chaucalla. Plutones intrusivos en las cercanías de Toro, Huarhua, Alca, Pampamarca y Cuatro Esquinas.
Laderas disectadas en rocas metamórficas	Laderas escarpadas en parte del fondo del cañón de Cotahuasi (quebradas Palmaderas y Macetinya); 13 km de longitud, alcanzando más de 1000 m de desnivel con paredes abruptas (margen izquierda río Cotahuasi).

Relieves de origen volcánico-erosional:

Laderas y mesetas volcánicas erosionadas en flujos de lavas y volcanoclásticos	Colinas altas suavizadas en las divisorias NO y NE, muy erosionadas. Laderas con frentes abruptos en el fondo del río Cotahuasi (aguas arriba de Cotahuasi), río Charcana (hasta Huactapa), Samana, aguas arriba de Puyca y una porción aguas arriba de Pampamarca.
Colinas, lomadas y mesetas ignimbríticas	Planicies altas con frentes escarpados (mesetas) fuertemente erosionadas compuestas por tobas o ignimbritas. Ocupan una gran extensión del área, encontrándose. Destacan las partes altas de Pampamarca, Huaynacotas, Huarhua y Charcana. Valles de Huarcaya y Samana, y tributarios se emplazan sobre estas morfologías.
Laderas con flujos de lavas asociadas a estrato-volcanes	Flujos de lavas de gran espesor, asociados a estrato-volcanes Solimana, Firura y otros; alcanzan distancias entre 10-15 km desde su centro de emisión. Moderada a fuerte erosión glacial; forma circos y morrenas.
Coladas o campo de lavas basalto-andesíticas	Formas alargadas con lóbulos frontales de corto recorrido y poco espesor se asocian a lavas "lavas en bloques tipo aa". En conjunto asociadas a volcanes monogenéticos lavas fisurales y domo-lavas pequeños. Destacan los cerros Yanaranra y Sillhuecc, margen derecha río Samana.
Conos de escorias monogenéticos	Conos truncados de 50 a 100 m, con acumulación de escorias, cenizas y bombas. Sobresalen los volcanes Kiura y Sillhuecc en el valle de Samana; cono Antapuna Chico en la divisoria sur de la subcuenca, al oeste del nevado Firura.
Domos volcánicos	Relieves en forma de cúpula y laderas pronunciadas. Exposición reducida a inmediaciones de laguna Apalcocha, oeste del volcán-nevado Firura.

Relieves de origen deposicional

Vertiente glacio-fluvial	Acumulaciones que bordean zonas montañosas periglaciares, originadas por deglaciación del Pleistoceno y reciente. Sobresalen: amplia planicie en la falda norte del Firura; loma Iscaichaymayra adyacente a laguna Ecma; depósitos colgados del valle Huarcaya, Samana y tributarios con gran desarrollo de andenería agrícola y poblaciones (Puyca, Ayahuasi, Cahuana, Suni, Huactapa, Chincayllapa).
Morrenas	Lomas alargadas individuales o en grupos en las vertientes superiores, por encima de los 4200 msnm. Resaltan zonas adyacentes al volcán-nevado

	Solimana; alturas de Andamarca y Huaynacotas. Dispersos en menor proporción en el de Samana (Puyca y Ocoruro).
Vertiente con depósitos de movimientos en masa	Geoformas con escarpa que evidencia el origen de un deslizamiento, y la acumulación ladera abajo inmediata con recorrido a gran distancia de material deslizado aguas abajo (Charcana, Andamarca, Churune, entre otros menores); avalanchas de rocas (destaca la de Cotahuasi, que recorre Cotahuasi, Lancarota, Velinga, Quechualla y Toccecc; la de Chicayllapa-Aguas Calientes y otras en el río Huarcaya).
Talus de detritos de gelifracción	Acumulaciones periglaciares por retroceso glaciario reciente en formas de abanicos; cabeceras de valles o circos glaciares con nieve o hielo estacional.
Vertiente de detritos indiferenciada	Acumulaciones irregulares en las laderas originadas por caídas de rocas, derrumbes o flujos. Tramo inferior de cuenca entre Cotahuasi y Chaucalla.
Valle de represamiento con relleno aluvio-lacustre	Relleno aluvio-lacustre originada por represamiento de un valle. Destaca el valle aguas arriba de Cotahuasi hasta Alca; río Huarcaya aguas arriba de Aguas Calientes y el tramo Carhua-Pullancura, así como el tramo del valle de la quebrada Condorillo, entre otros menores.
Abanicos de piedemonte	Depósitos con ligera pendiente hacia el valle en la desembocadura de quebradas o ríos que drenan al río Cotahuasi, Samana, Huarcaya, Chaupimayo y Jahuaryoc. Se ubican sobre ellos áreas agrícolas, andenes y poblados principales (Tomepampa, Alca, entre otros).
Cauce fluvial o llanura inundable y terrazas indiferenciadas	Superficie inundable del río Cotahuasi y tributarios principales.

Fuente: Zavala, B. (2016).

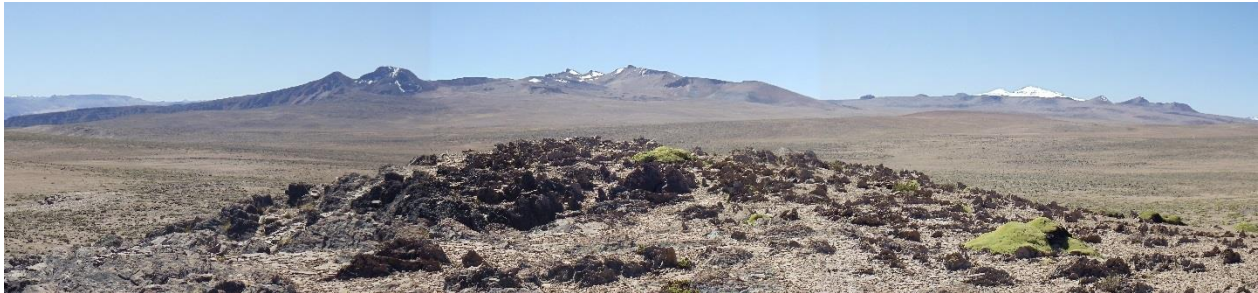


Vista de la escarpa y parte del depósito de avalancha de escombros volcánica sobre la que se asienta el poblado de Cotahuasi. En el lado derecho el nevado Solimana.

Los cañones Colca y Cotahuasi constituyen los valles más profundos de la vertiente pacífica al nivel de todos los Andes. La formación de valles y cañones está controlada por la capacidad erosiva de la acción hidráulica, que excava la parte más baja del valle profundizándolo, a este proceso se denomina incisión. Los ríos cumplen un papel principal en la dinámica de los relieves, ya que sus perfiles longitudinales fijan el nivel de base de los canales tributarios y en consecuencia las condiciones límite a los procesos de remoción en masa de los interfluvios. Los perfiles de los ríos son modificados por controles tectónicos, litológicos y/o por variaciones eustáticas

Un punto importante en la formación de cañones es que estos se originan en largos períodos (millones de años). Estudios recientes de geología, geomorfología y termocronología indican que los cañones del Colca y Cotahuasi

iniciaron su formación rápida en los últimos 9 millones de años, siendo cañones jóvenes comparados con otros en el mundo, como el cañón del Colorado que se inició hace 50 Ma (Benavente *et al.*, 2015).



Vista del estratovolcán Solimana mirando hacia el oeste; edificio erosionado por la acción glacial durante el Pleistoceno; gran cobertura de material de morrenas y depósitos glaciofluviales en sus alrededores.

5. GEODIVERSIDAD Y GEOPATRIMONIO

Cotahuasi, alberga una diversidad geológica, con predominio desde el punto de vista litológico de unidades volcánicas (lávicas y piroclásticas), con lugares de interés geomorfológico-volcánico y cultural-arqueológico que se resumen en:

- **Dominio Geomorfológico volcánico:** Lavas basalto-andesíticas, lavas andesíticas, flujos piroclásticos de bloques y cenizas, ignimbritas, depósitos de tefras y depósitos de avalanchas de rocas de origen volcánico, generan geoformas de montañas con frentes escarpados a abruptos, mesetas o planicies volcánicas amplias o aisladas, campos de coladas de lavas de estrato-volcanes y volcanes monogenéticos. El volcanismo más reciente se asocia al estrato-volcán Firura. Como aspecto imponente sobresale una planicie o terraza fluvio-glacial de sinter en el sector del río Ocoruro/Samana con manifestación termal (campo termal con géiser y manantiales).
- **Dominio Geomorfológico-gravitacional.** Depósitos de movimientos en masa con cierres de valle (tramo del río Huarcaya entre Alca-Puyca-Churca-Chilcayllapa); cuenca inferior en los sectores Andamarca-Charcana (escarpas de deslizamientos y avalanchas menores); sector Velinga-Quechuaya (vertientes colvio-deluviales y huaycos, estos últimos afectaron grandemente sectores de los caminos inca y zonas agrícolas (andenes). La generación de escarpas se asocia en algunos casos a la naturaleza litológica, como el caso de Huarhua (unidades sedimentarias con presencia de sal).
- **Dominio geomorfológico-glacial:** Nevados principales Solimana y Firura, con vertientes glacio-fluviales y morrenas, circos o anfiteatros de erosión glacial, valles colgados, zonas con pulido glacial y bloques erráticos y lagunas que se extienden en las alturas de Tomepampa, Alca, Churca y Puyca
- **Dominio de ocupación humana:** Cuenca alta de Cotahuasi; establecimiento del hombre prehispánico con la presencia de ciudadelas de piedra (Maucallacta-Puyca); gran zona de producción agrícola en los sectores Puyca, Pettcce, Suni, Macchuancca, Huactapa, y Churca. Cuenca media-inferior andenería entre Velinga y Quechualla, tramos conservados de camino inca (ambas márgenes del cañón Cotahuasi).

El dominio geomorfológico-volcánico y cultural-arqueológico que presenta la subcuenca de Cotahuasi va más allá de lo tradicionalmente conocido. Se pueden resumir entre los aspectos encontrados:

- **Volcán Antapuna:** Monogenético adyacente a la zona de amortiguamiento de la Reserva paisajística de Cotahuasi, trayecto hacia la laguna Alparcocha, que exhibe además un domo volcánico adyacente y el estrato volcán Firura hacia el norte, como elementos geológicos principales.

- **Valle-Cañón entre Cahuana-Ayahuasi:** Cañón del río Chococo que cruza rocas volcánicas con paisajes de geofomas de erosión (ventanas), cataratas y manifestaciones de aguas termales (Ucos y Shihuamayo). Camino empedrado entre Alca-Cahuana, Alca-Ayahuasi, así como tramos conservados de camino Inca que unen hacia Orcopampa (al este) y Puyca (al norte).
- **Elementos paleontológicos:** Más especies de fósiles marinos encontrados en la ladera del cerro Ccacahuacho (Toro), en las calizas de la Formación Arcurquina, revelan la presencia de fauna marina del Cretáceo.
- **Huarhua y su mina de sal prehispánica:** Pueblo con calles empedradas (lavas e ignimbritas del Tacaza), que forman una terraza volcánica en la cual se asienta Huarhua. Formación Murco con niveles de sal, explotadas desde la época prehispánica. Presencia de caídas de agua y deslizamientos o avalanchas originadas por la susceptibilidad en estas capas sedimentarias.

Destacan algunas rutas con aspectos geológicos y culturales encontrados:

- **Ocoruro:** Circuito geotermal, paleosinters géyser y volcán monogenético Kayra.
- **Achambi:** Ruta de la obsidiana en flujo piroclástico de bloques y cenizas y anfiteatro glaciar Achambi.
- **Andamarca-Charcana:** Deslizamientos en terrenos sedimentarios y volcánicos y ciudadela Kulkuncha .
- **Puyca-Churca-Chincayllapa:** Maucallacta Puyca, Andenerías prehispánicas, Bosque de Puyas Raimondi, puentes naturales, avalanchas de rocas y grandes caídas de agua en el cañón Huarcaya.
- **Cotahuasi-Sipia-Velinga-Quechualla:** El cañón más profundo del planeta (sobre secuencias metamórficas, sedimentarias, intrusivas, volcánicas y depósitos de avalancha de rocas); catarata Sipia, bosque de cactus, caminos y andenerías incas.
- **Lancaroya-Huarhua:** Hacia la mina de sal y terrenos intrusivos.
- **Allhuay-Toro-Anccaro:** Andenerías y caídas de agua sobre terrenos volcanoclásticos recientes.
- **Mungui-Pampamarca:** Terrenos calcáreos, volcánicos y subvolcánicos: la catarata Uskune, mirador del Solimana y el Bosque de Rocas de Huito.
- **Huaynacotas-Chilcayllapa:** Bosques de rocas Huarmunto, lagunas y ocupación humana sobre mesetas volcanoclásticas.



Mina de sal de Huarhua.



Diferentes aspectos geomorfológico-paisajísticos y paleontológicos encontrados.



Algunas estructuras volcánicas. Volcán Antapuna (izq.) y domo volcánico (der.).



Aguas termales en Ocoruro (izq.) y Ciudadela Maucalacta Puyca (der.).

6. IMPORTANCIA DE LA ZONA

El cañón y valle de Cotahuasi, alberga aspectos geológicos muy singulares y constituyen un patrimonio natural importante para nuestro país y la humanidad. El registro geológico expuesto en las rocas, muestra los períodos geológicos del Precámbrico; una ausencia de la Era Paleozoica presente otras localidades de Arequipa; la presencia de unidades sedimentarias del Mesozoico de ambientes continentales, lacustres y marinos; así como una extensa

cobertura volcánica Paleógeno-Neógena, con rocas volcánicas lávicas, piroclásticas o volcanoclásticas, que alcanzan una expresión importante con sus estrato-volcanes erosionados durante el Pleistoceno como el Solimana, volcanes monogenéticos como Firura, domos y mesetas volcánicas.

La configuración tectónica y estratigráfica ha permitido desarrollar paisajes únicos como el cañón de Cotahuasi y otros tramos encañonados en la zona de Puyca-Huarcaya con fuertes pendientes y presencia de cataratas y rápidos. Zonas de valles amplios desarrollados en rocas volcánicas y sedimentarias (Tramo: Tomepampa-Alca) con ríos de fondo plano divagante. Aspectos paisajísticos particulares con valles glaciares, morrenas, avalanchas de rocas, cascadas, bosque de rocas, mesetas volcánicas, zonas termales, lagunas, etc., complementan un territorio con pisos ecológicos desarrollados entre 1000 a más de 6000 msnm, con desarrollo de culturas prehispánicas cuyo legado se manifiesta en ciudadelas, caminos y andenerías, que construyeron nuestros antepasados con el uso de la piedra local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavente, C., Delgado, F., García, B. & Aguirre, E. (2015). Formación de cañones en los Andes peruanos: Colca y Cotahuasi, región Arequipa. Resúmenes de Ponencias. Primer Simposio Nacional de Geoparques: patrimonio geológico y Geoturismo, Arequipa-perú, Julio 2015. p. 36-38.
- Olchanski, E. & Dávila, D. (1994). Geología de los Cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 50. 58 p.
- Martínez, W. & Cervantes, J. (2003). Memoria Descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p), Escala 1: 100,000. 17 p.
- Palacios, O. (1994). Geología del Cuadrángulo de Chulca y Cayarani. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 51. 74 p.
- Pecho, V. (1983). Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 37. 125 p.
- Taylor F. Schildgen, Greg Balco, David L. Shuster (2010). Canyon incision and knickpoint propagation recorded by apatite $4\text{He}/3\text{He}$ thermochronology. *Earth and Planetary Science Letters* 293 (2010) 377–387.
- Zavala, B. (2016). Geodiversidad y Patrimonio Geológico en la subcuenca Cotahuasi. Informe en proceso. Ingemmet, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.