

**INGEMMET, Boletín Serie I: Patrimonio y Geoturismo  
N° 9**



## **Geodiversidad y Patrimonio Geológico en el Valle del Colca**

**Lima, Perú  
2019**





**INGEMMET, Boletín Serie I: Patrimonio y Geoturismo**  
**N° 9**

# **Geodiversidad y Patrimonio Geológico en el Valle del Colca**

**Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico**

**Equipo de Investigación:**

**Bilberto Zavala Carrión**  
**Danitza Churata Quispe**  
**Felipe Varela Travesí**

**Lima, Perú**  
**2019**

INGEMMET, Boletín Serie I: Patrimonio y Geoturismo  
N° 9

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2019-05893

Razón Social: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)  
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima, Perú  
Primera Edición, INGENMET 2019  
Se terminó de imprimir el 13 de mayo 2019 en los talleres de INGENMET  
Tiraje: 50

© **INGEMMET**

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente Ejecutivo: Henry Luna Córdova.

Gerente General (e): Yelena Alarcón Butrón.

Comité Editor: Jorge Chira Fernández, César Chacaltana Budiel, Verónica Falcone Mispireta.

#### **Dirección encargada del estudio**

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico: César Chacaltana Budiel.

#### **Unidad encargada de edición**

Unidad de Relaciones Institucionales: Verónica Falcone Mispireta.

**Revisión Técnica:** Bilberto Zavala Carrión, Mirian Mamani Huisa, Lionel Fidel Smoll.

Corrección gramatical y de estilo: María La Torre Cuadros.

Diagramación: Erick Rodríguez Zelada.

Fotografía de la carátula: Geositio: Pliegue sinclinal y cascadas en el río Huambo.

#### **Referencia bibliográfica**

Zavala, B., Churata, D. & Varela, F. (2019) - Geodiversidad y patrimonio geológico en el valle del Colca. *INGEMMET, Boletín, Serie I: Patrimonio y Geoturismo*, 9, 303 p., 3 mapas.

Publicación disponible en libre acceso en la página web ([www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)). La utilización, traducción y creación de obras derivadas de la presente publicación están autorizadas, a condición de que se cite la fuente original ya sea contenida en medio impreso o digital (GEOCATMIN - <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe>).

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen son de exclusiva responsabilidad del equipo de investigación.

# Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| RESUMEN .....  | 7         |
| ABSTRACT .....   | 9         |
| <b>CAPÍTULO I .....</b>  | <b>11</b> |
| INTRODUCCIÓN .....   | 13        |
| 1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....  | 13        |
| 1.2 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....   | 14        |
| 1.2.1 Estudios anteriores .....  | 14        |
| 1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....  | 15        |
| 1.4 PARTICIPACIÓN .....  | 15        |
| <b>CAPÍTULO II .....</b>   | <b>17</b> |
| ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS .....  | 19        |
| 2.1 UBICACIÓN Y LOCALIDADES PRINCIPALES .....  | 19        |
| 2.2 RED VIAL DE ACCESO Y RUTAS INTERNAS .....  | 19        |
| 2.3 CLIMA .....  | 20        |
| 2.4 HIDROLOGÍA Y DRENAJE PRINCIPAL .....   | 22        |
| 2.5 VEGETACIÓN .....   | 24        |
| 2.5.1 Comunidades vegetales menores .....  | 26        |
| <b>CAPÍTULO III .....</b>  | <b>35</b> |
| OCUPACIÓN HUMANA PREHISPÁNICA EN EL COLCA .....  | 37        |
| 3.1 PRIMEROS GANADEROS Y AGRICULTORES EN EL COLCA .....  | 38        |
| 3.2 LA AGRICULTURA PREHISPÁNICA Y LOS ANDENES .....  | 39        |
| <b>CAPÍTULO IV .....</b>   | <b>45</b> |
| ASPECTOS GEOLÓGICOS EN EL VALLE DE COLCA .....   | 47        |
| 4.1 PRIMEROS RECONOCIMIENTOS Y ESTUDIOS GEOLÓGICOS EN EL VALLE DEL COLCA .....   | 47        |
| 4.2 LA GEOLOGÍA DEL VALLE EN 16 EPISODIOS .....  | 49        |
| 4.2.1 Basamento intrusivo-metamórfico: Las rocas más antiguas expuestas en el cañón del Colca (> 540 millones de años) .....   | 49        |
| 4.2.2 Transgresión mesozoica durante el Jurásico Medio (174 a 163 Ma) .....  | 50        |
| 4.2.3 Ambiente marino-litoral en el Jurásico-Cretácico (157 a 129 Ma) .....  | 51        |
| 4.2.4 Regresión leve en el Cretácico Inferior con sedimentación litoral y continental (129 a 105 Ma) .....   | 55        |
| 4.2.5 Nueva transgresión y ocupación de un mar somero en el Cretácico Superior (105 a 86 Ma) .....   | 55        |
| 4.2.6 Retiro paulatino del mar cretácico, lagunas y abanicos aluviales en el Cretácico Superior (86 a 66 Ma) ....  | 56        |
| 4.2.7 Levantamiento y primera fase de la tectónica andina: cuerpos intrusivos cretácico-paleógenos y sedimentación continental Huanca del Paleógeno (66 a 28 Ma) ..... | 57        |
| 4.2.8 Levantamiento tectónico e intensa actividad volcánica en el Mioceno: La fase volcánica Tacaza (Entre 23 y 13 Ma) .....   | 59        |
| 4.2.9 Primera generación de estratovolcanes del Plioceno: Volcanismo Barroso inferior (entre 6 y 4 Ma) .....   | 65        |
| 4.2.10 Segunda generación de estratovolcanes: El volcanismo Barroso superior (entre 4 y 2 Ma) .....  | 69        |
| 4.2.11 Cañón del Colca: Primera etapa de incisión del cañón, poco antes de 1.6 Ma .....  | 69        |
| 4.2.12 Colapso del flanco norte del volcán Hualca Hualca, emplazamiento de avalancha de escombros y formación del paleolago Colca, entre Pinchollo y Yanque .....      | 70        |
| 4.2.13 Emplazamiento de flujos de lava y segunda etapa de incisión del cañón del Colca, entre 0.65 y 0.61 Ma: Volcanismo reciente .....                                | 79        |
| 4.2.14 Avalancha de rocas en la quebrada Japo: Paleolago en Maca y depósito de diatomitas .....  | 80        |

|  |   |            |
|--|---|------------|
| 4.2.15   | Flujos y campos de lavas fisurales en el valle del Colca asociados al vulcanismo Andagua y tercera etapa de incisión del cañón del Colca, entre 0.53 y 0.2 ma ..... | 81         |
| 4.2.16   | Morfología actual: procesos geodinámicos, paisaje actual y desarrollo .....   | 89         |
| 4.3  | MORFOESTRUCTURA REGIONAL .....  | 91         |
| 4.4  | GRANDES ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS CUATERNARIAS Y TECTÓNICA ACTIVA EN EL COLCA .....  | 91         |
| <b>CAPÍTULO V</b>  | .....   | <b>95</b>  |
| EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y UNIDADES DEL PAISAJE EN EL VALLE DEL COLCA .....                  |   | 97         |
| 5.1  | UNIDADES DE CARÁCTER TECTÓNICO-DEGRADACIONAL Y DENUDACIONAL .....   | 97         |
| 5.1.1  | Montañas y colinas estructural–denudacionales en rocas sedimentarias .....  | 97         |
| 5.1.2  | Montañas y colinas disectadas en rocas plutónicas .....   | 98         |
| 5.1.3  | Laderas en rocas metamórficas .....   | 98         |
| 5.1.4  | Laderas y mesetas volcánicas erosionadas con flujos de lava y volcanoclásticos .....  | 98         |
| 5.1.5  | Colinas, lomadas y mesetas ignimbríticas .....  | 100        |
| 5.1.6  | Laderas con flujos de lava asociado a estratovolcanes .....   | 100        |
| 5.1.7  | Coladas o campos de lavas basalto-andesíticas .....   | 101        |
| 5.1.8  | Conos de escorias monogenéticos .....   | 101        |
| 5.2  | UNIDADES DE CARÁCTER DEPOSICIONAL O AGRADACIONAL .....  | 104        |
| 5.2.1  | Vertiente glaciofluvial .....   | 104        |
| 5.2.2  | Morrenas .....  | 104        |
| 5.2.3  | Vertiente con depósito de deslizamiento .....   | 104        |
| 5.2.4  | Vertiente de detritos indiferenciada .....  | 106        |
| 5.2.5  | Vertiente aluviolacustre .....  | 106        |
| 5.2.6  | Planicie o piedemonte aluviotorrencial .....  | 107        |
| 5.2.7  | Abanicos de piedemonte .....  | 107        |
| 5.2.8  | Cauce fluvial o llanura inundable y terrazas indiferenciadas .....  | 110        |
| 5.2.9  | Planicies de travertinos .....  | 111        |
| 5.2.10   | Terrazas aluviales .....  | 111        |
| <b>CAPÍTULO VI</b>   | .....   | <b>113</b> |
| COMO SE FORMÓ EL CAÑÓN DEL COLCA: INTERPRETACIÓN TECTÓNICA, VOLCÁNICA Y GEOMORFOLÓGICA ..... |   | 115        |
| 6.1  | VARIACIÓN GEOLÓGICA LONGITUDINAL EN EL CAÑÓN .....  | 115        |
| 6.2  | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS VARIABLES GEOMORFOLÓGICAS, TECTÓNICAS, LITOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS .....  | 121        |
| <b>CAPÍTULO VII</b>  | .....   | <b>123</b> |
| ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS: MANANTIALES Y MANIFESTACIONES TERMALES EN EL COLCA .....           |   | 125        |
| 7.1  | MANIFESTACIONES TERMALES .....  | 127        |
| <b>CAPÍTULO VIII</b>   | .....   | <b>133</b> |
| RECURSOS MINERALES Y ACTIVIDAD MINERA EN EL COLCA .....                                      |   | 135        |
| <b>CAPÍTULO IX</b>   | .....   | <b>137</b> |
| GEODIVERSIDAD Y PATRIMONIO GEOLÓGICO EN EL VALLE DEL COLCA .....                             |   | 139        |
| 9.1  | CONSIDERACIONES GENERALES .....   | 139        |
| 9.2  | SÍNTESIS GEOLÓGICA Y GEODIVERSIDAD EN EL COLCA .....  | 140        |
| 9.3  | PATRIMONIO GEOLÓGICO .....  | 145        |
| 9.3.1  | Inventario de Geositos .....  | 146        |
| <b>CAPÍTULO X</b>  | .....   | <b>151</b> |
| USO DE LA PIEDRA COMO RECURSO GEOLÓGICO EN EL COLCA .....                                    |   | 153        |
| 10.1   | USO DE LA PIEDRA EN LA EPOCA PREHISPÁNICA .....   | 153        |
| 10.2   | USO DE LA PIEDRA EN LA ÉPOCA HISPÁNICA .....  | 159        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO XI</b> .....   | <b>165</b> |
| GEOTURISMO EN EL COLCA: ANÁLISIS Y PROPUESTAS PARA INSERCIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO .....  | 167        |
| 11.1 VISITA DE TURISTAS AL COLCA .....   | 167        |
| 11.2 MANEJO Y ADMINISTRACIÓN DEL TERRITORIO Y LA ACTIVIDAD TURÍSTICA EN EL COLCA .....   | 168        |
| 11.3 SISTEMA TURISTICO VALLE DEL COLCA .....   | 170        |
| 11.3.1 Superestructura .....   | 170        |
| 11.3.2 Estructura (Planta Turística) .....   | 172        |
| 11.3.3 Desarrollo del turismo termal en el Colca .....   | 178        |
| 11.4 EL PATRIMONIO GEOLÓGICO COMO PROPUESTA PARA EL DESARROLLO GEOTURÍSTICO EN EL COLCA .....  | 182        |
| 11.5 GEOTURISMO EN EL COLCA .....  | 185        |
| 11.6 GEORUTAS PROPUESTAS EN EL COLCA .....   | 186        |
| 11.6.1 Potenciación de paradas y miradores en la ruta principal al cañón del Colca en el aspecto geológico .....                       | 186        |
| 11.6.2 Georuta Coporaque-Chivay-La Calera-Tuti .....   | 193        |
| 11.6.3 Georuta cultural-geológica Tuti-Ñaupallacta-Pumunuta .....  | 195        |
| 11.6.4 Georuta Pinchollo-Géyser de Pinchollo-flanco del Hualca Hualca .....  | 198        |
| 11.6.5 Georuta Madrigal-Mina Madrigal-Fortaleza Chimpa .....   | 200        |
| 11.6.6 Georuta en Cabanaconde-Sangalle y alrededores .....   | 202        |
| 11.6.7 Georuta Huambo-Canco: Valle estructural hacia la profundidad el cañón del Colca .....   | 204        |
| 11.6.8 Circuito Chivay-Coporaque-Ichupampa-Yanque-Chivay .....   | 208        |
| 11.6.9 Georuta entre Yanque y Madrigal: Andenerías prehispánicas sobre un relleno sedimentario lacustre y deslizamientos activos ..... | 210        |
| 11.6.10 Circuito geoturístico Huambo-Cabanaconde .....   | 212        |
| 11.6.11 Georuta turística en Callalli: Castillos de Callalli y Mollepunco .....  | 214        |
| 11.6.12 Circuito Sibayo: Construcciones en piedra y otros aspectos turísticos .....  | 216        |
| 11.6.13 Georuta hacia el volcán Mismi .....  | 217        |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....  | <b>219</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | <b>223</b> |
| <b>ANEXOS:</b> .....   | <b>225</b> |
| <b>RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES:</b> .....  | <b>293</b> |





## RESUMEN

La espectacularidad del cañón del Colca ha permitido que diferentes investigaciones como las hechas por exploradores norteamericanos de la Sociedad Geográfica de New York (1831) y las del geógrafo francés Gonzalo de Reparaz (1955), que coincidieron en indicar que el cañón del Colca tiene el doble de la profundidad que el cañón del Colorado de los Estados Unidos y; por tanto, uno de los de mayor profundidad en el mundo. El reconocimiento de la revista Record Güines (1984), declarándolo como el cañón más profundo de la zona hasta las más recientes expediciones científicas hechas por especialistas de Polonia (2003-2010) incluyen, en esta última, importantes aportes sobre su geología y aspectos volcanológicos.

El Colca representa actualmente para Arequipa y nuestro país un importante destino turístico. Su connotación internacional está íntimamente relacionada al cañón del Colca considerado uno de los más profundos del planeta, el cual recibió el año 2015 más de 205 000 visitantes (132 274 extranjeros), abierto al público, a través de la Autoridad Autónoma del Colca, ente rector de las actividades turísticas. Su desarrollo está potencializado a través de la espectacularidad de paisajes en los Andes del sur de Perú, como lo son sus cordilleras volcánicas que configuran su geografía, pisos climáticos y biodiversidad; el desarrollo y ocupación de culturas prehispánicas a través de sus andenerías, colcas, chullpas, ciudadelas, caminos empedrados, recintos arqueológicos, costumbres e historia cultural legado de las culturas Collagua, Cabana e Inca, así como la transfiguración de la ocupación española a través de sus imponentes iglesias en los más de 15 distritos y demás anexos que ocupan parte de la subcuenca del río Colca

Las grandes unidades geológicas expuestas en el Colca provienen de una lenta evolución de antiguos mares y territorios continentales (**diversidad paleogeográfica**) en posición y extensión diferentes a los actuales. Alberga los tipos principales de rocas conocidas en el planeta (**diversidad litológica**) utilizadas en las construcciones antiguas y modernas, con edades que abarcan un extenso lapso en la escala del tiempo geológico, desde el Precámbrico, Jurásico, Cretácico, Paleógeno-Neógeno hasta los tiempos actuales (**diversidad cronoestratigráfica**). Las muestras representativas de múltiples y variados ambientes sedimentarios (continentales y marinos) con registros fósiles comprenden formas de vida

mesozoicas principalmente (**diversidad paleoecológica y paleontológica**). Es posible reconocer también eventos y procesos tectónicos (fallas y pliegues antiguos; fallas activas y sismitas), magmáticos (*stocks* intrusivos) y de tres generaciones o episodios volcánicos principales (**diversidad neotectónica y estructural**). Todo esto, modelado en superficie por diversos procesos morfogenéticos, desde relictos sistemas glaciares en las divisorias de aguas, sedimentos aluviolacustres en los pisos del valle, hasta piedemontes aluviotorrenciales en el lado oeste del área; volcanes monogenéticos, estratovolcanes y domos o centros volcánicos menores que ocupan laderas y valles; valles estructurales asociados a pliegues o fallas; ambientes glaciovolcánicos, glaciofluviales, gravitacionales y denudacionales de media y alta montaña; sistemas fluviales de ríos principales y tributarios en subcuencas y microcuencas (**diversidad geomorfológica y paisajística**).

Es importante señalar que en la subcuenca del Colca se realizan actividades económicas relacionadas al aprovechamiento de recursos minerales, evidenciándose la presencia de yacimientos metálicos vinculados a la actividad volcánica y magmática (franja metalogenética de plata y polimetálica) parte de la franja volcánica cenozoica de la Cordillera Occidental; asociada a la presencia de epitermales de oro y plata de un proyecto minero importante como el caso de Tambomayo (franja de epitermales de Au-Ag hospedadas en rocas volcánicas, abarcando áreas de regular extensión). Ejemplo de ello es la mina Madrigal actualmente inactiva o en reevaluación geológica, colindante a un proyecto en rocas del Mioceno y epitermales de Au-Ag del Mioplioceno). Se tiene, además, minería artesanal aurífera, la explotación de travertinos en Huambo, así como diatomitas en el sector Maca.

A partir del inventario de patrimonio geológico se reconoció en el valle y cañón del Colca, 71 procesos geológicos de relevancia o sitios de interés geológico, algunos de los cuales merecen ser conservados, resaltados en los itinerarios geoturísticos. Se destacan entre ellos elementos y procesos de origen: Geomorfológico-volcánico: 1) lavas fisurales y relleno del valle del Colca entre Canocota y Coporaque; 2) volcanes monogenéticos de Huambo; 3) coladas de lavas en bloques de origen fisural y domo-lavas en Solarpampa-Lejepampa que descienden hasta Chinini-Huambo;

Volcánico-gravitacional: 4) avalancha de rocas del Hualca Hualca; 5) deslizamientos de Maca, Lari y Madrigal y otros; Geomorfológico-paisajístico: 6) cañón del Colca; 7) valle de represamiento del Colca entre Pinchollo y Sibayo y desarrollo de andenerías; 8) castillos encantados de Callalli y Torre Blanca; 9) cañones menores labrados en coladas de lavas; 10) pequeños bosques de rocas; Hidrogeológico-vulcanológico: 11) manifestaciones hidrotermales con desarrollo de infraestructura termal en La Calera, El Inca, Colca Lodge, Chacapi, Sangalle, Pacla y presencia de géysers; entre otros); 12) valles fluviales, valles glaciares, valles colgados, rápidos, cascadas y cataratas en el río Colca y afluentes; 13) lagunas de origen glaciar y origen volcánico (Chocpayo); 14) estratovolcanes con cobertura glaciar (Hualca Hualca, Ampato, Sabancaya, Mismi, Bomboya, Quehuisha, entre otros); Tectónico-estructural (discordancias, pliegues y contactos geológicos): 15) sistema de fallas neotectónicas de Trigal-Filos Unca, Solarpampa entre Cabanaconde y Huambo y otras en la zona del valle entre Yanque y Madrigal; 16) pliegues sinclinales o anticlinales en secuencias Jurásico-Cretácicas resaltando la zona del valle de Huambo; Sedimentológico: 17) estructuras sedimentarias (sismitas) en depósitos lacustres en varios sectores del Colca entre Yanque y Madrigal; Litológico: 18) diversidad de rocas de origen sedimentario (calizas, areniscas, conglomerados, lutitas, lutitas carbonosas, lodolitas, capas rojas, capas de yeso, diatomitas, travertinos y sinters), de origen volcánico (lavas andesíticas y basálticas, lavas en bloques y de tipo AA, ignimbritas y tobas poco soldadas, aglomerados volcánicos y brechas, caídas de cenizas, lapillis y pómez; flujos pirocláticos), *stocks* intrusivos terciarios e intrusivos de anatexia y rocas metamórficas; Paleontológico (restos de troncos fósiles en secuencias del Grupo Yura, cerca al valle de volcanes de Huambo (Tururunca, fragmentos de fósiles marinos en secuencias de la Formación Arcurquina, huellas icnitas de registro de pisadas; 19) troncos fosilizados de Tururunca, y 20) huellas de pisadas en la ruta a Canco.

El uso de la piedra se remonta a la época prehispánica en la construcción de maquetas, recintos de viviendas o ciudadelas, apachetas, sitios de adoración, caminos, andenes, chullpas y graneros, etc. no solo de sillar, sino también de las rocas que tenían a la mano sean estas volcánicas (lávicas y escoriáceas de diferentes coloraciones) o sedimentarias (areniscas principalmente), cuarzosas o variedad de estas. Algunos ejemplos de estos son las ciudadelas Uyo Uyo (Yanque), Uscallacta (Chivay), Ñaupallacta (Tuti) y la fortaleza Chimpa (Madrigal); colcas Shininia, Choquetico y Pumunuta; andenes en anfiteatro Oscolle; fortaleza Hayaquima, muralla Huapullja y muralla de Tambo (Huambo), entre los principales. En la época hispánica y actual, sobresalen las construcciones de templos o iglesias en la arquitectura urbana cuya construcción se remonta desde mediados de los siglos XVI al XVIII construidas, en su totalidad, en sillar.

El patrimonio geológico para el desarrollo del geoturismo en el Colca es una de las propuestas que acompañan al presente estudio. La necesidad de protección de estos recursos (geoconservación) y de hacerlo accesible al público a través de la divulgación de las ciencias de la Tierra (geoeducación), de un territorio donde, además, de la geodiversidad descrita, ostentan una importante biodiversidad y valores culturales materiales e inmateriales, permiten postularla al reconocimiento internacional como un geoparque a la Unesco.

A partir del inventario de recursos geoturísticos identificados en el Colca, donde es necesario se concreten aspectos importantes para su adecuada puesta en valor y aprovechamiento turístico (señalización, colocación de información didáctica, centros de interpretación geológica del Colca, capacitación de guías turísticos profesionales y estudiantes de la región y promotores turísticos locales), se recomienda la promoción de las siguientes georutas, circuitos y rutas culturales: 1) potenciación de paradas y miradores en la ruta turística principal convencional al cañón del Colca, resaltando los aspectos geológicos; 2) georuta Coporaque-Chivay-La Calera-Tuti; 3) georuta cultural-geológica Tuti-Ñaupallacta-Pumunuta; 4) georuta Pinchollo-Géyser de Pinchollo-flanco del Hualca Hualca; 5) georuta Madrigal-Mina Madrigal-Fortaleza Chimpa; 6) georuta en Cabanaconde-Sangalle y alrededores; 7) georuta Huambo-Canco: valle estructural hacia la profundidad del cañón del Colca; 8) circuito Chivay-Coporaque-Ichupampa-Yanque-Chivay; 9) georuta entre Yanque y Madrigal: andenerías prehispánicas sobre un relleno sedimentario lacustre y deslizamientos activos; 10) circuito geoturístico Huambo-Cabanaconde; 11) georuta turística en Callalli: Castillos de Callalli y Mollecunco; 12) circuito Sibayo: construcciones en piedra y otros aspectos turísticos; 13) georuta hacia el volcán Mismi.

Finalmente, hacemos hincapié que las características geológicas que están relacionadas a procesos de movimientos en masa, actividad volcánica y neotectónica activas conllevan a la convivencia del riesgo de las poblaciones, infraestructuras viales, agrícolas, urbanas y turísticas; zonas del patrimonio arqueológico prehispánico e hispánico (zonas arqueológicas e iglesias coloniales) en este espacio geográfico. Esto califica al Colca como un verdadero «libro abierto de la geología» para un adecuado trabajo de educación y sensibilización en este territorio propuesto como geoparque para la prevención de desastres, no solo para la población local, sino de índole regional y nacional. Ejemplos de estos procesos deberían utilizarse no solo para la investigación científica, como lo son el deslizamiento de Maca o la trinchera neotectónica en Cabanaconde, sino también como verdaderos sitios didáctico-educativos alternativos o incluidos en los circuitos turísticos.

## ABSTRACT

The spectacular nature of the Colca canyon has allowed different explorers to carry out investigations and acknowledgements, such as those made by North American explorers of the New York Geographical Society of the Colca Canyon (1831) and those of the French geographer Gonzalo de Reparaz (1955) who agreed in indicate that the Colca Canyon is twice as deep as the Colorado Canyon of the United States, and would be considered one of the deepest in the world; the recognition of the Record Güines magazine (1984), declaring it as the deepest canyon in the area, until the most recent scientific expeditions made by specialists from Poland (2003 - 2010), which include in the latter important contributions on its geology and volcanological aspects.

The Colca currently represents an important tourist destination for Arequipa and our country. Its international connotation is closely related to the Colca Canyon considered one of the deepest on the planet, which in 2015 received more than 205,000 visitors (132,274 foreigners), open to the public, through the Autonomous Authority of Colca, the governing body of tourist activities. Its development is enhanced through the spectacular nature of landscapes in the Andes of southern Peru, as are its volcanic mountain ranges that shape its geography, climatic levels and biodiversity; the development and occupation of prehispanic cultures through its terraces, colcas, chullpas, citadels, cobblestone roads, archaeological sites, customs and cultural history inherited from the Collagua, Cabana and Inca cultures, as well as the transfiguration of the Spanish occupation through its imposing churches in more than 15 districts and other annexes that occupy part of the sub-basin of the Colca River.

The great geological units exposed in the Colca come from a slow evolution of ancient seas and continental territories (**paleogeographic diversity**) in different position and extension to the current ones. It houses the main types of rocks known on the planet (**lithological diversity**) used in ancient and modern constructions, with ages that span an extensive lapse in geological time scale, from Precambrian, Jurassic, Cretaceous, Paleogene-Neogene to the times current (**chronostratigraphic diversity**). Representative samples of multiple and varied sedimentary environments (continental and marine) with fossil records, comprising mainly Mesozoic life forms (**paleoecological and**

**paleontological diversity**). It is also possible to recognize events and tectonic processes (faults and ancient folds, active faults and sismites), magmatic (intrusive stocks) and three generations or major volcanic episodes (**neotectonic and structural diversity**). All this, surface modeling by various morphogenetic processes, from relict glacial systems in the watershed, alluvium-lacustrine sediments in the valley floors, to alluvio-torrential foothills in the west side of the area; monogenetic volcanoes, stratovolcanoes and domes or smaller volcanic centers that occupy slopes and valleys; structural valleys associated with folds or faults; glacial-volcanic, glacial-fluvial, gravitational and denudational environments of medium and high mountains; fluvial systems of main rivers and tributaries in sub-basins and micro-basins (**geomorphological and landscape diversity**).

It is important to point out that in the Colca sub-basin there are economic activities related to the exploitation of mineral resources, which show the presence of metallic deposits related to volcanic and magmatic activity and related to a metallogenetic strip of silver and polymetallic of the Cenozoic volcanic strip of the Western Cordillera; associated with the presence of epithermal gold and silver of an important mining project as the case of Tambomayo (strip of epithermal Au-Ag hosted in volcanic rocks, covering areas of regular extension). An example of this is Madrigal mine currently inactive or in geological re-evaluation, adjacent to a project in rocks of the Miocene and epithermal Au-Ag Miopliocene. There is also artisanal gold mining, the exploitation of travertines in Huambo, as well as diatomites in the Maca sector.

From the inventory of geological heritage was recognized in the valley and Colca Canyon, 71 geological processes of relevance or sites of geological interest, some of which deserve to be conserved, highlighted in the geotourist itineraries. Among them are elements and processes of origin: Geomorphological-volcanic: 1) fissural lavas and filling of the Colca Valley between Canocota and Coporaque; 2) monogenetic volcanoes of Huambo; 3) lava flows in blocks of fissure origin and dome-lavas in Solarpampa-Lejepampa that descend to Chinini-Huambo; Volcanic-gravitational: 4) rock avalanche of Hualca Hualca; 5) landslides of Maca, Lari and Madrigal and others; Geomorphological-landscape: 6) Colca Canyon, 7) Colca dam between Pinchollo and Sibayo and

development of terraces; 8) enchanted castles of Callalli and Torre Blanca; 9) minor canyons carved in lava flows; 10) small rock forests; Hydrogeological-vulcanological: 11) hydrothermal manifestations with development of thermal infrastructure in La Calera, El Inca, Colca Lodge, Chacapi, Sangalle, Paclla and the presence of geysers; among others); 12) fluvial valleys, glacial valleys, hanging valleys, rapids, waterfalls and waterfalls in the Colca River and tributaries; 13) lagoons of glacial origin and volcanic origin (Chocpayo); 14) strata-volcanoes with glacial coverage (Hualca Hualca, Ampato, Sabancaya, Mismi, Bomboya, Quehuisha, among others); Tectonic-structural (unconformities, folds and geological contacts): 15) system of neotectonic faults of Trigal-Filos Unca, Solarpampa between Cabanaconde and Huambo and others in the valley area between Yanque and Madrigal, 16) synclinal or anticlinal folds in Jurassic- Cretaceous sequences highlighting the Huambo Valley area; Sedimentological: 17) sedimentary structures (sismites) in lacustrine deposits in several sectors of the Colca between Yanque and Madrigal; Lithological: 18) diversity of rocks of sedimentary origin (limestones, sandstones, conglomerates, shales, carbonaceous shales, mudstone, red layers, gypsum layers, diatomites, travertines and sinters): of volcanic origin (andesitic and basaltic lavas, blocks lavas and of type AA, ignimbrites and little welded tuffs, volcanic agglomerates and breccias, falls of ashes, lapillis and pumice, pyroclastic flows), intrusive tertiary stocks and intrusive of anatexy and metamorphic rocks; paleontological (remnants of fossil trunks in sequences of the Yura Group, near the Valley of Volcanoes of Huambo (Tururunca, fragments of marine fossils in sequences of the Arcurquina formation, icnite footprints of footsteps); 19) Tururunca fossilized logs, and 20) footprints of footsteps on the route to Canco.

The use of stone goes back to prehispanic times in the construction of scale models, houses or citadels, apachetas, places of worship, roads, platforms, chullpas and granaries, etc. and not only of sillar, but also of the rocks that were at hand are these volcanic (lava and scoriaceous of different colors) or sedimentary (sandstones mainly), quartz or variety of these. Some examples of these are the Uyo Uyo (Yanque), Uscallacta (Chivay), Ñaupallacta (Tuti) and the Chimpa (Madrigal) Fortress; Colcas Shininia, Choquetico and Pumunuta; platforms in amphitheater Oscolle; Hayaquima Fortress, Huapullja Wall and Tambo Wall (Huambo), among the main ones. In the Hispanic and current epoch stand out the constructions of temples or churches in the urban architecture whose construction goes back from mid of XVI to the XVIII centuries, made particularly in its totality constructed in sillar.

The geological heritage for the development of geotourism in the Colca is one of the proposals that accompany the present study. The need to protect these resources (geoconservation) and make it accessible to the public through the dissemination of Earth sciences (geoeducation), a territory where, in addition to the geodiversity described, they have an important biodiversity material and intangible cultural values, allow to apply for international recognition as a geopark to Unesco.

From the inventory of geotourism resources identified in the Colca, where it is necessary to specify important aspects for its proper value and tourist use (signage, placement of educational information, Colca geological interpretation centers, training of professional tour guides and students of the region and local tourism promoters), the promotion of the following georuts, circuits and cultural routes is recommended: 1) promotion of stops and viewpoints on the main conventional tourist route to the Colca Canyon, highlighting the geological aspects; 2) georute Coporaque-Chivay-La Calera-Tuti; 3) cultural-geological Georute Tuti-Ñaupallacta-Pumunuta; 4) georute Pinchollo-Géyser Pinchollo-flank of Hualca Hualca; 5) georute Madrigal-Mina Madrigal-Chimpa Fortress; 6) georute in Cabanaconde-Sangalle and surroundings; 7) georute Huambo-Canco: Structural valley towards the depth of the Colca canyon; 8) Chivay-Coporaque-Ichupampa-Yanque-Chivay Circuit; 9) georute between Yanque and Madrigal: prehispanic andeneries on a lake sedimentary fill and active landslides; 10) Huambo-Cabanaconde geotourism circuit; 11) tourist georute in Callalli: castles of Callalli and Mollecunco; 12) Sibayo Circuit: constructions in stone and other tourist aspects; 13) georute towards the Mismi volcano.

Finally, we emphasize that the geological characteristics that are related to processes of mass movements, active volcanic and neotectonic activity, lead to coexistence with the risk of populations, road, agricultural, urban and tourist infrastructures; prehispanic and hispanic archaeological heritage zones (archaeological zones and colonial churches) in this geographical space. This qualifies the Colca as a true «**open book of geology**» for an adequate education and awareness work in this territory proposed as a geopark for the prevention of disasters, not only for the local population, but of a regional and national nature. Examples of these processes should be used not only for scientific research, such as the landslide of Maca or the neotectonic trench in Cabanaconde, but as true alternative didactic-educational sites or included in tourist circuits.



**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN:**  
**GEOLOGÍA Y GEOTURISMO EN EL COLCA**



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Geodiversidad y patrimonio geológico son conceptos relativamente modernos en la literatura geológica mundial y en particular nacional. Los estudios en nuestro país datan de la década pasada y están relacionados a iniciativas de promover una cultura geológica a través de la divulgación de guías geoturísticas de lugares conocidos o muy populares por su frecuencia de visitantes, dentro de los cuales se incluyen áreas con paisajes geomorfológicos espectaculares como «bosques de rocas», «cañones o valles profundos», algunos ya establecidos como áreas naturales protegidas (ANP) y áreas arqueológicas con fines de conservación del patrimonio cultural de la nación.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet), organismo público con las funciones de un servicio geológico nacional, tiene entre sus funciones realizar estudios que permitan identificar y regular las zonas que en razón de la presencia de patrimonio geológico puedan considerarse áreas protegidas o constituir geoparques.

La geodiversidad, una abreviación simple del término «diversidad geológica», tiene a los diferentes registros de la tierra, como piezas de un enorme «rompecabezas», no siempre fáciles de encontrar y encajar, que permitan definir con precisión la evolución de la Tierra, sus paisajes, suelos, que condicionan de gran manera la biodiversidad de un territorio.

El patrimonio geológico a su vez, parte del patrimonio natural, incluye formas, elementos y procesos geológicos hacia los cuales está dirigida la conservación. Este patrimonio debe satisfacer condiciones estrictas para ser considerado como tal que van desde: el acceso físico a la comunidad científica y cultural, el conocimiento a través de publicaciones documentadas, la originalidad respecto a procesos o elementos geológicos, la necesidad de su conservación por encontrarse expuesto a procesos naturales o antrópicos que conlleven a su destrucción y el dar a conocer al público o comunidad en general (Lago, M. *et.al.*, 1997).

Los cinco puntos mencionados en el párrafo anterior, constituyen parte del quehacer de difusión normal de la comunidad científica geológica a través de revistas, publicaciones, inventarios, etc. Sin embargo, el comunicar a un público no geólogo e interesarlo en la importancia de las ciencias geológicas, es hacia donde apunta el

objetivo de la presente publicación, pues las ciencias geológicas, al igual que otras, están en la capacidad de publicar sus resultados con un alto contenido divulgativo. Ejemplo de estos son los museos de ciencias naturales (ej. Museo de Historia Natural) que permiten divulgar parte de este patrimonio (rocas, fósiles), y más recientemente los denominados parques geológicos o geoparques, que al igual que otras categorías de áreas naturales protegidas, albergan lugares de interés geológico de mucha utilidad para la divulgación del conocimiento geológico a todo nivel.

Uno de estos espacios geográficos, que ha alcanzado en las últimas décadas una connotación no solo nacional sino internacional, es el «cañón del Colca». Este lugar es muy visitado por turistas de diferentes países, estratos sociales y población de diferentes edades. El desarrollo de diferentes actividades en el Colca ha sido encaminado a un turismo convencional, teniendo como íconos, la espectacularidad de uno de los «cañones más extenso y profundo del planeta, el desarrollo de culturas prehispánicas y de asentamientos poblacionales numerosos en un valle fluvial actual limitado por cadenas de montañas y volcanes». Guarda entre sus rocas, estratos y paisajes, además de una evolución en el tiempo geológico muy rica, compleja y diversa en términos de cronoestratigrafía, geomorfología volcánica, tectónica, entre los aspectos geológicos principales.

### 1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos que se persiguen con esta publicación son los siguientes:

- Dar a conocer de una manera sencilla a la sociedad en su conjunto los principales elementos de la geodiversidad (rocas, estratos, estructuras geológicas y geoformas, etc.) que son testigos de la evolución geológica del valle del Colca.
- Relacionar cómo influyen o han influenciado los diferentes elementos y procesos geológicos en la evolución del paisaje actual del valle y el cañón del Colca, así como la formación de yacimientos o recursos minerales.
- Definir elementos o procesos geológicos de valor que constituyen patrimonio geológico desde el punto de vista

científico, didáctico o paisajístico-turístico para su geoconservación.

- Promover el desarrollo del geoturismo en el valle del Colca, en los sitios de patrimonio geológico identificados, y definidos como una oferta turística diferente a través de su puesta en valor y acondicionamiento.

## 1.2 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El **valle del Colca** ha colocado a Arequipa, en los últimos años, como el segundo destino turístico en nuestro país después de Machu Picchu. Presenta paisajes volcánicos, aguas termales, nevados, lagunas, fallas geológicas, restos prehispánicos y coloniales importantes de una riqueza patrimonial desde el punto de vista geológico, cultural (arqueológico e inmaterial). Una de sus características principales es la presencia del gran cañón del Colca, considerado entre los más grandes y profundos del planeta.

Ubicado en la parte sur de los Andes peruanos, alberga una historia y registro geológico importante con rocas desde el período precámbrico al presente. Estas características le otorgan una geodiversidad importante, donde a nivel de sierra (valles y montañas) y altiplanicie cordillerana, expone rocas, estructuras geológicas, paisajes y geoformas de diferentes ambientes de origen y paleogeografía que ayudan a interpretar la evolución geológica del territorio. Una cordillera con episodios de acumulación marina y continental, extensa y compleja actividad volcánica, sismicidad, magmatismo, procesos de metamorfismo, formación de yacimientos y fases tectónicas marcadas, etc., representan aspectos de un patrimonio natural o geológico, de utilidad no solo para la investigación científica, sino también de carácter didáctico e impulso para el desarrollo del geoturismo en nuestro país y en especial de Arequipa, segundo departamento en importancia de Perú.

La escasa difusión y divulgación de este conocimiento geológico, poco o nada explicado, de interés no solo regional sino nacional, a una población desconocedora de este patrimonio, llevó a que el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de Perú (Ingemmet), a través de un programa de investigación geológico denominado Patrimonio y Geoturismo, realice durante el 2011-2013 trabajos sobre geopatrimonio y geoturismo en este espacio geográfico.

Después de las publicaciones de algunas guías geoturísticas nacionales realizadas por el Programa de Patrimonio y Geoturismo de Ingemmet como Marcahuasi (Lima; 2007), Paracas (Ica; 2009), Andagua (Arequipa; 2016), Huayllay (Pasco; 2016) y Tinajani (Puno; 2018). Esta vez se presentan aspectos geológicos, geomorfológicos y de rutas geoturísticas, acompañados de mapas ilustrativos. Paralelamente a la difusión de los resultados de estos trabajos en congresos peruanos y del exterior, se ha tenido acercamiento con las autoridades locales (municipios), entidades del turismo nacional y jefaturas de áreas protegidas por el estado

(SERNANP), donde se han efectuado charlas de capacitación y talleres a guías de turismo, charlas en colegios, exposiciones en ferias escolares, convenciones, capacitación a autoridades, a fin de concientizar y sensibilizar a la población sobre las ciencias geológicas.

Difundir el Colca a través de información científica referente a su geodiversidad y patrimonio geológico, con un mejor entendimiento de los procesos y elementos geológicos expuestos en las rocas y suelos que se encuentran en su espacio geográfico y la génesis del paisaje, permiten cumplir con uno de los objetivos de Ingemmet: difundir las ciencias geológicas e impulsar estos lugares como geoparques nacionales, para un aprovechamiento turístico sostenible, incluyendo e integrando a las comunidades locales en su gestión de uso, beneficio económico, así como en su conservación, y en un futuro cercano postularlo a Unesco como geoparque. En particular este documento ha sido utilizado para la elaboración del dossier de aplicación para que nuestro país postule al primer geoparque aspirante a la Red de Geoparques Globales Unesco («Colca y volcanes de Andagua»), con énfasis en temas de definición del área del geoparque, características del geopatrimonio, geodiversidad, geoconservación y geoturismo (ítem A, B, C y D del documento de aplicación presentado el 2016).

### 1.2.1 Estudios anteriores

Es importante señalar que son pocos los trabajos geológicos relacionados a esta temática en el territorio del Colca; sin embargo, son relevantes los trabajos que aportan en la identificación de afloramientos geológicos y paleontológicos investigados por el grupo de geopatrimonio e inventariar de una manera sistemática. Encontramos elementos y procesos geológicos notables, de interés geomorfológico, geodinámico, tectónico, estratigráfico, paleontológico e hidrogeológico, algunos pueden considerarse referencias científicas de importancia internacional. La enorme diversidad geológica es el factor preponderante que hace que tenga una enorme singularidad este territorio. Las series metamórficas del Precámbrico, sedimentos marinos y continentales del Jurásico y Cretácico, series volcánicas cenozoicas y cuerpos intrusivos; una diversidad litológica notable, con afloramientos de esquistos, pizarras, cuarcitas, areniscas, calizas, lodolitas, conglomerados, depósitos de sal, travertino, yeso, diatomitas y rocas volcánicas (andesitas, ignimbritas). La existencia de mineralización epitermal está asociada a rocas volcánicas del Mioceno, etc. Entre ellos se tiene:

- Geología regional y actualización de la Carta Geológica Nacional (hojas: Chivay, Huambo, Orcopampa, Callalli; 2001-2010) elaborados por Ingemmet
- Estudios hidrogeológicos y geoambientales en la cuenca del Colca
- Geología y evaluación de peligros del Complejo volcánico Ampato-Sabancaya (Rivera *et al.*, 2016)



- Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en la región Arequipa (Benavente et.al., 2017)

De otras instituciones nacionales que han aportado al conocimiento del patrimonio geológico resalta la elaboración del «*Plan maestro para el desarrollo y gestión sostenible del turismo en el valle del Colca, la Reserva Nacional Salinas Aguada Blanca y el Valle de los Volcanes: Inventario de recursos y patrimonio turístico*», elaborado por la Autoridad Autónoma del Colca (Autocolca), que en convenio con la Universidad Nacional San Agustín el 2006, incluye en su evaluación los componentes en el aspecto geológico los cuales están plasmados en los siguientes documentos:

- «Recursos Turísticos Naturales: Geomorfológicos y Bióticos»
- «Diagnóstico del Patrimonio Geológico Turístico de Caylloma, Castilla y la RNSAB» (2006)

Ambos cuentan con un inventario inicial de sitios geológico-paisajísticos accesibles a la red vial principal como parte del levantamiento de información en geología.

También es importante señalar los estudios realizados por una misión polaca publicados en el libro «*Geología 2008*», con importantes aportes geomorfológico-volcánicos, estructurales y geoturísticos y posteriores publicaciones en la revista *Geoturism* (Bebenek, S., 2006), sobre la expedición polaca dan cuenta de la selección de sitios geoturísticos en el cañón del Colca, dándole al Colca y valle de los volcanes una connotación internacional. Entre otros artículos se tienen:

- Report from Polish Scientific Expedition Peru 2006
- Idea of protección of Rio Colca Canyon and Valley of Volcanoes
- Quaternary evolution of Valley and Canyon of Rio Colca - Report from geomorphological studies done in 2006 year
- Extent and volcanic's constructions of Andahua group
- Mining and other investmen in the vicinity of Colca Canyon
- Geotourism phenomena of Rio Colca Canyon and its surroundings
- Preliminary study on lichen biota of Colca canyon and Valley of the Volcanoes (Perú)
- Conventional and traditional medicine in Canyon Colca region, Perú

Investigaciones específicas tratan sobre aspectos geológicos, vulcanológicos de formación del valle y el cañón del Colca entre el Mioceno y Cuaternario, entre las cuales se puede resaltar los trabajos de:

- Klinck, B.A., Ellison, R.A., Hawkins, M.P. (1986). The geology of the Cordillera Occidental and Altiplano, west of Lake Titicaca southern Peru. Ingemmet, Preliminary Report Lima.
- Thouret, J.-C., Wörner, G., Gunnell, Y., Singer, B., Zhang, X. & Souriot, T. 2007. Geochronologic and stratigraphic constraints on canyon incision and Miocene uplift of the Central Andes in Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, 263, 151–166, doi:10.1016/j.epsl.2007.07.023.

- Galaz, A. (2011). The extent and volcanic structures of the Quaternary Andahua group, Andes, southern Perú. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* (2011), vol. 81: 1-19.

También es importante mencionar la reciente publicación: «*Geosites and Geoturistic Attractions Proposed for the Project Geopark Colca and Volcanoes of Andagua, Peru* (Galas et.al., 2018).

### 1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En el contexto geoambiental y del medio físico, el presente estudio tiene tres alcances principales:

1. Conocimiento de la geología básica divulgativa de lugares de interés geológico y geodiversidad, considerados como patrimonio geológico.
2. Generación de información geológica, que complementa la evaluación de recursos del patrimonio (natural y cultural) básicos para cualquier trabajo relacionado al ordenamiento territorial (aspectos geológicos y geomorfológicos).
3. Recursos naturales no renovables cuya utilidad está destinada a su aprovechamiento mediante el geoturismo.

No se ha pretendido cubrir todos los aspectos de las disciplinas geológicas que valoricen por completo la geodiversidad y patrimonio geológico de este espacio geográfico, al cual hace alusivo el título de este trabajo; se han considerado los aspectos más relevantes por los cuales se le conoce más, referente al paisaje y su relación con la geología. Asimismo, se incluyen aspectos de recursos minerales explotados en el Colca

La accesibilidad geográfica para poder cubrir un porcentaje total de la superficie propuesta como parque geológico es una de nuestras limitaciones. La evaluación geológica ha sido realizada valiéndose en su mayor parte de las rutas viales y en menor porcentaje utilizando caminos de herradura existentes.

### 1.4 PARTICIPACIÓN

En el presente estudio participaron los siguientes profesionales de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico y la Unidad de Sistemas de Información de Ingemmet:

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Ing. Bilberto Zavala C. | Jefe de Proyecto                        |
| Sr. Felipe Varela T.    | Caminos pedestres y zonas arqueológicas |
| Lic. Danitza Churata    | Línea base turística                    |
| Ing. Samuel Lu          | Sistemas de Información                 |
| Tec. Jose Luis Suárez   | Sistemas de Información                 |

El informe fue revisado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) del Ingemmet y la asesoría del consejo directivo del Ingemmet, como parte del procedimiento de revisión de boletines geológicos institucional establecido.





## CAPÍTULO II

### ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS



# CAPÍTULO II

## ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS

### 2.1 UBICACIÓN Y LOCALIDADES PRINCIPALES

El valle del Colca se ubica al norte-noroeste de la ciudad de Arequipa entre los 1200 m s.n.m. (Andamayo) y más de 5200 metros de altitud (Ampato). Políticamente, pertenece a la provincia Cailloma cuya capital es la ciudad de Chivay.

Las localidades que se desarrollan en el piso de valle, mesetas volcánicas y, en menor porcentaje, laderas o vertientes de piedemonte, son las capitales de los distritos de Chivay, Cabanaconde, Yanque, Coporaque, Ichupampa, Lari, Madrigal, Achoma, Maca, Tuti, Sibayo, Choco, Tapay, Callalli y Huambo. Poblados menores corresponden a Pinchollo, Canocota y Canco entre otros menores (Figura 2.1).

### 2.2 RED VIAL DE ACCESO Y RUTAS INTERNAS

Para acceder al valle del Colca y, en especial, al área propuesta como parque geológico existen varias rutas por carretera:

1. La principal vía que conecta desde Arequipa al valle del Colca es un camino asfaltado de 110 kilómetros de longitud,

que recorre en unas 2 horas y 30 minutos Arequipa-Yura-Patapampa-Chivay; la más utilizada por turistas.

2. Una alternativa a la primera es una bifurcación que conduce hacia la represa de Condoroma, que accede por Pulpera hacia la parte alta del valle en el sector Callalli y luego aguas abajo se une con Sibayo-Tuti-Canocota llegando hasta Chivay (este último tramo se encuentra recientemente asfaltado).
3. Desde la Costa se accede por Pedregal (pampa de Majes) hacia Huambo-Cabanaconde-Chivay por un camino afirmado. El tramo Cabanaconde - Cruz del Cóndor se encuentra asfaltado.
4. Otra alternativa es la vía que une Arequipa-Yura-Huanca-Taya-Lluta-Huambo-Cabanaconde (vía afirmada). Desde esta ruta un desvío por una trocha en mal estado accede desde Taya hacia el flanco sur del complejo volcánico Ampato-Sabancaya (Jatunpampa), que luego se une hacia Patapampa para descender hacia Chivay, o también hacia la laguna Mucurca uniéndose hasta Huambo.

Un resumen de distancias y tiempos se presenta en el Cuadro 1.1.

**Cuadro 1.1**  
**Principales vías de acceso al Colca: distancias y tiempos**

| Vía  | Ruta                | Distancia (km) | Tiempo (horas)    |
|--|---------------------|----------------|-------------------|
| Arequipa-Yura-Chivay                           | 34A, 1SE            | 163.5          | 2 h 58 min        |
| Arequipa-Pedregal (Majes) – Huambo-Cabanaconde | 34A, PAN. SUR Y 1SE | 244.5          | 5 h 15 min        |
| Arequipa-Yura-Huanca-Lluta-Huambo-Cabanaconde  | 34A                 | 315.5          | 7 h 45 min        |
| Callalli-Sibayo-Tuti-Chivay                    | 111                 | 42             | 60 min            |
| Chivay-Coporaque-Ichupampa-Lari-Madrigal       | Local               | 30             | 1 h 30 min        |
| Chivay-Yanque-Achoma-Maca-Cabanaconde          | 1SE                 | 56.4           | 46 min            |
| Cabanaconde-Tapay                              | Local               | 18             | 1 h 15 min aprox. |
| Arequipa-Yura-Callalli-Sibayo                  | 34A, 34E, 110, 111  | 166            | 3 h 20 min        |
| Huambo-Canco                                   | Local               | 10.5           | En construcción   |

Fuente: Elaboración propia

Al interior del Colca se tienen vías afirmadas y parcialmente asfaltadas; destacan las siguientes:

- Chivay-Coporaque-Ichupampa-Lari-Madrigal-Mina Madrigal (margen derecha); tramo asfaltado entre Coporaque e Ichupampa.
- Chivay-Yanque-Achoma-Maca-Pinchollo-Cabanaconde-Huambo, en la margen izquierda del Colca; asfaltado recientemente concluido entre Cabanaconde y Huambo.
- Desde Cabanaconde, se accede hacia una parte del cañón del Colca en los sectores de Tapay y puente Choco.
- Desde Huambo, actualmente, se está construyendo la carretera proyectada a unirse en Canco (enclavado en el cañón del Colca) y que en un futuro se unirá hacia Ayo y el valle de los volcanes de Andagua.
- Aguas arriba de Tuti, existe un desvío hacia el sector Ran Ran y la vertiente norte del volcán Mismi. Esta trocha se prolonga también hacia Cailloma.
- Trochas afirmadas conducen a varios tramos del canal Majes, así como una trocha que accede por las torres de alta tensión llegando hasta el sector Uncapampa, margen derecha del río Huambo.
- Maca se une hacia Lari, por un puente en el sector de Antahuilque.
- Yanque se une con Ichupampa cruzando un puente en el sector de los baños termales de Chacapi.
- Una trocha conduce de Huambo hacia la laguna Mucurca.
- La parte alta de Choco se une a través de unas trochas utilizadas por la minería de ese lugar (Minas Shila y Paula).

Entre los caminos pedestres, sobresalen: Huambo-Canco, que une también hacia Mamacocha y Ayo; La Calera-Canocota-Callalli (margen izquierda del valle); Tuti-Ñaupallacta-Pumunuta, Cabanaconde-Sangalle-Tapay, Cabanaconde-Tapay, Madrigal-Tapay (bordeando el flanco norte del Bomboya), entre los más utilizados.

### 2.3 CLIMA

El valle del Colca presenta las características ambientales de un piso altitudinal quechua en el sector bajo, Suni y Puna en los

sectores altos. De acuerdo al mapa de clasificación climática (Cuba & Ita, 2004), y a la variación altitudinal que esta área presenta el clima varía entre (Figura 2.2):

- Lluvioso, semifrío y húmedo; deficiente lluvia en otoño e invierno (vertientes superiores y límites de cuenca).
- Semiárido, templado y húmedo; deficiente lluvia en otoño, invierno y primavera.
- Semiseco, templado y húmedo; deficiente lluvia en otoño, invierno y primavera.
- Semiseco, templado y húmedo; lluvia en otoño, invierno y primavera.
- Árido, semicálido y húmedo; deficiente lluvia en el año (piso de valle inferior).

La Sierra formada por mesetas altoandinas volcánicas, cadena de volcanes, valles y cumbres de la Cordillera Occidental, se caracteriza por presentar isotermas de temperaturas máximas y mínimas promedios mensuales, siguiendo una distribución paralela a las cotas de altitud. Sobre los 3800 m s.n.m., en las mesetas altoandinas, se tienen temperaturas nocturnas de congelación durante todo el año. Las temperaturas máximas promedio son relativamente altas, debido a la intensa radiación solar incidente, a la sequedad del aire y a la escasa cobertura nubosa y a la sequedad del suelo.

Las lluvias se incrementan gradualmente con la altitud; en las zonas altoandinas llueve alrededor de 700 mm al año (70 % entre enero y marzo), y generalmente en las últimas horas del día y primeras horas de la noche; casi siempre de corta duración y con frecuencia acompañadas de descargas eléctricas y truenos. También se producen precipitaciones de nieve, granizo y agua nieve.

Los vientos son relativamente fuertes en otoño e invierno, y pueden presentarse ráfagas de vientos, con velocidades mayores a 20 m/s (72 km/h).

En la provincia Cailloma, las temperaturas máximas varían entre 20 °C a 12 °C, y las mínimas entre 0 °C y -15 °C; en ocasiones, pueden descender hasta -20 °C en las localidades sobre los 4500 m s.n.m. El brillo solar es permanente de abril a diciembre, durante el otoño e invierno suelen presentarse vientos fuertes. Por las noches, las temperaturas de congelación en las estaciones de otoño e invierno ocurren todas las noches (Cuba e Ita, 2004).

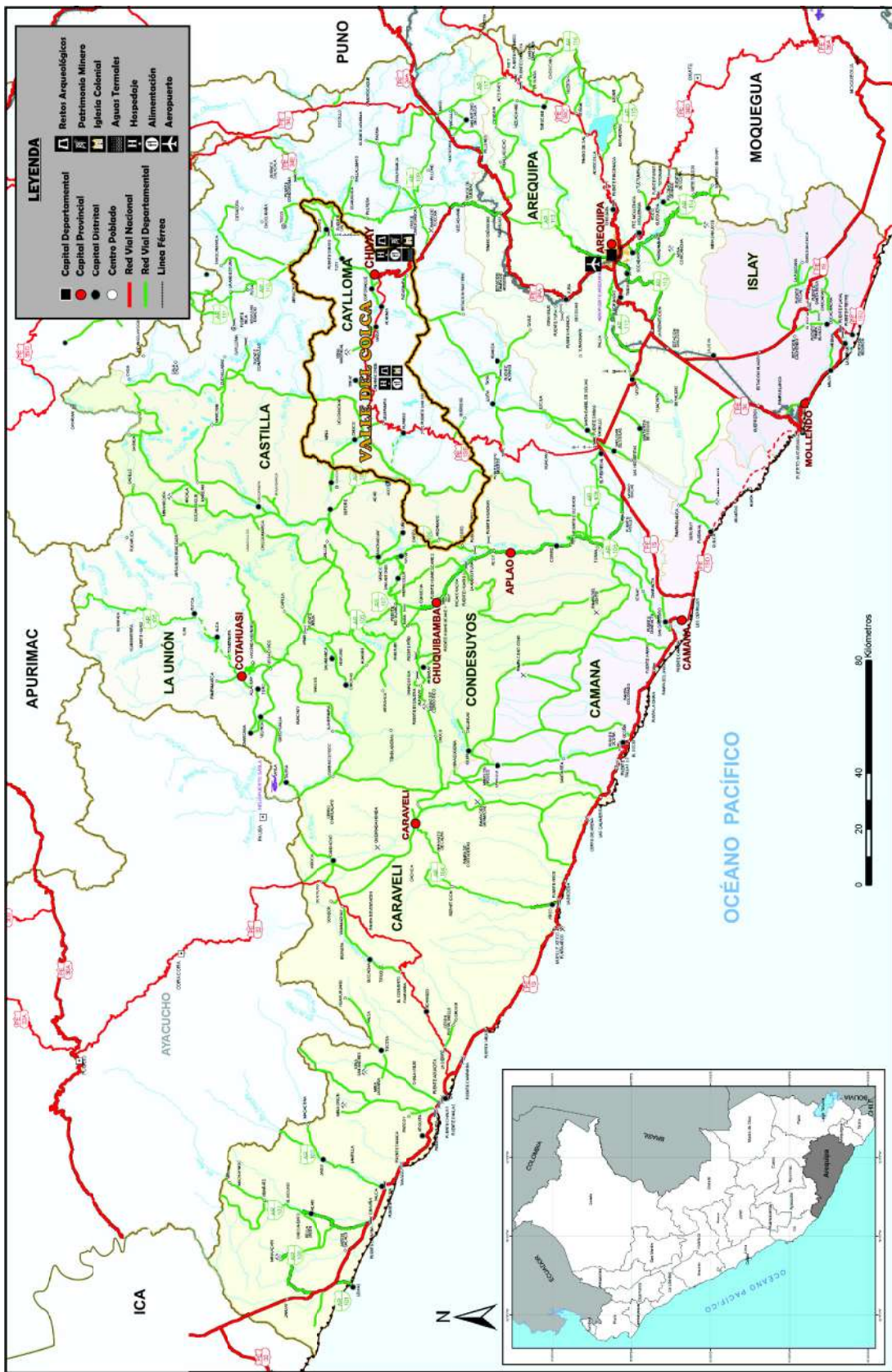


Figura 2.1 Ubicación del área de estudio y accesos.

Tanto la altitud como la situación geográfica asociada a una cadena montañosa volcánica, con valles y altiplanicies establecen las condiciones para diferentes características del clima en la zona del Colca. Una época marcada de lluvias entre diciembre y abril (cerca del 70 % de la precipitación anual) con máximas temperaturas; pocas precipitaciones en gran parte del año y nulas en los meses de junio a agosto (con menores temperaturas).

Las lluvias ocurren generalmente en las últimas horas del día y primeras horas de la noche y casi siempre son de corta duración. Se registran precipitaciones de nieve, granizo y agua nieve. La presencia de heladas es un factor limitante en todo su ámbito, condicionando que solo se pueda cultivar en los meses en los que mejoran las temperaturas (agosto a abril). El resto del año los

campos de cultivo permanecen sin producir, por lo que durante ese tiempo el consumo de agua es mínimo. La diversidad de pisos altitudinales permite hallar temperaturas medias anuales que oscilan entre aquellas inferiores a  $-6^{\circ}\text{C}$  y superiores a los  $18^{\circ}\text{C}$ . Así se encontrarán desde espacios propicios para el cultivo de frutales, hasta zonas que sobrepasan los límites de la vida, las cuales se constituyen, como es el caso de los glaciares, en reservorios de agua. En general, el clima es semiseco y frío, seco en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa baja (Chivay, Huambo); lluvioso y semifrío, seco en otoño e invierno; del tipo polar característico de los nevados Hualca Hualca, Ampato, Mismi; del tipo semiárido, seco en otoño, invierno y primavera, con baja humedad del aire entre los 2000-3000 m s.n.m. con lluvias irregulares (parte inferior del cañón del Colca y Ayo).

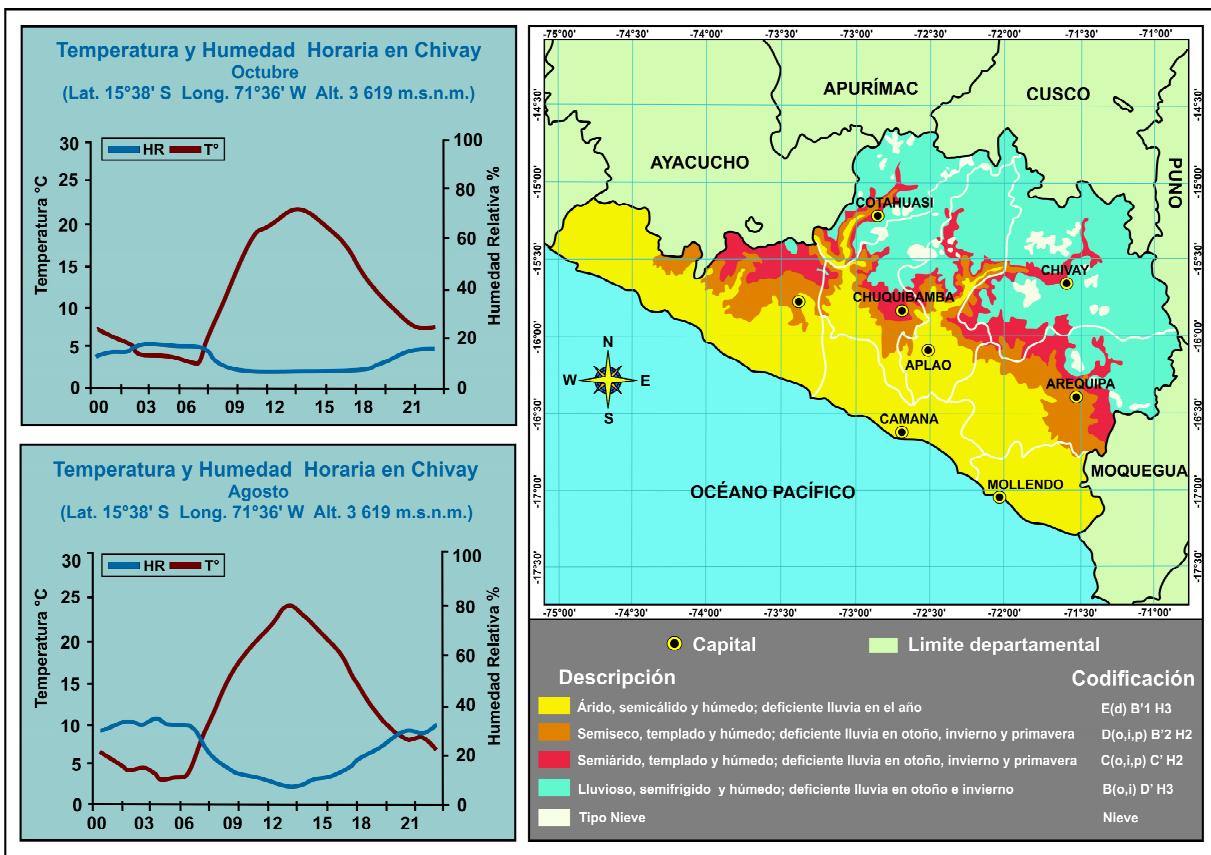


Figura 2.2 Temperaturas y humedad en Chivay; distribución climática en la región Arequipa (Cuba & Ita, 2004)

## 2.4 HIDROLOGÍA Y DRENAJE PRINCIPAL

El drenaje principal en el área de estudio lo constituye el río Colca, que atraviesa el área del Colca entre Sibayo y Andamayo, con una dirección promedio este-oeste; algunos recodos en dirección NE-SO. El río Colca, tiene su origen en las alturas del cerro Yanasalla (4886 m s.n.m.), en el límite con la región Puno. Sus

cursos de agua son alimentados con las precipitaciones que caen en las alturas del flanco occidental de la Cordillera de los Andes. El área de estudio corresponde a una porción de lo que se denomina «subcuenca Colca». Esta subcuenca en su totalidad, desde sus nacientes hasta la confluencia con el río Capiza, ocupa un área de drenaje de 11 695.60 km<sup>2</sup>, una longitud máxima de recorrido de 299.1 km y una pendiente promedio de 1.18 %.



La parte evaluada y propuesta de esta subcuenca se desarrolla entre Sibayo/Callali y el río Andamayo, recibiendo una serie de afluentes: el río Acopunco y a partir de esta confluencia cambia de rumbo y se dirige a Chivay, donde varía nuevamente de dirección, formando un importante valle agrícola entre los 3651 m s.n.m. (Chivay) y los 2219 m s.n.m., confluencia con el río Huaru Rumi. Concluye el valle agrícola del Colca, formando un largo y profundo cañón, hasta confluir con el río Capiza, donde cambia de rumbo y de nombre.

Esta parte de la subcuenca, es de fondo profundo y quebrado y de fuertes pendientes encontrándose limitada por una cadena de cerros, mostrando en dirección al océano Pacífico, un descenso sostenido y rápido de nivel de cumbres; presenta, en su parte inferior, cierto número de lagunas, entre las cuales sobresale la laguna Mucurca.

Los principales tributarios en este tramo del río Colca son los siguientes:

- Chalhuanca, Molloc, Andahua y Capiza (margen derecha)
- Callalli-Llapa, Hualca Hualca y Huambo (margen izquierda)

Los afluentes provienen de los nevados Mismi, Orcopuna, Ampato, y Chila, proporcionan una alimentación regular al Colca. Estos nevados hacen sus aportes a través de los tributarios río Molloco y río Mamacochoa/Orcopampa.

La cobertura de glaciares en los límites o vertientes de la subcuenca corresponden a acumulaciones de hielo permanente y/o nieve estacional, generalmente, distribuida sobre cotas superiores a los 5000 m. Los nevados presentes en esta área conforman parte de las cordilleras Chila y Ampato (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2

## Áreas con cobertura glaciar en los límites norte y sur de la subcuenca Colca

|                 | Nombre        | Altitud (m) | Categoría     |
|-----------------|---------------|-------------|---------------|
| VERTIENTE NORTE |               |             |               |
| 1               | Huillcayo     | 5250        | volcán Nevado |
| 2               | Pumachiri     | 5100        | glaciar       |
| 3               | Mismi         | 5000        | volcán nevado |
| 4               | Quehuisha     | 5100        | nevado        |
| 5               | Ccaocansa     | 5300        | nevado        |
| 6               | Culluncuya    | 5400        | nevado        |
| 7               | Surihuir      | 5556        | glaciar       |
| 8               | Bomboya       | 5200        | volcán nevado |
| 9               | Sepregina     | 5432        | nevado        |
| 10              | Sahualque     | 5400        | nevado        |
| 11              | Tuyunima      | 5380        | nevado        |
| 12              | Juñopunta     | 5462        | nevado        |
| 13              | Sahuarque     | 5495        | nevado        |
| 14              | Quiscapampa   | 5400        | nevado        |
| 15              | Tacsia        | 5250        | glaciar       |
| 16              | Casiri        | 5431        | nevado        |
| 17              | Corani        | 5300        | nevado        |
| 18              | Jallhua       | 5239        | glaciar       |
| VERTIENTE SUR   |               |             |               |
| 19              | Lipayoc       | 5200        | glaciar       |
| 20              | Hualca Hualca | 6025        | volcán nevado |
| 21              | Huarancante   | 5400        | volcán nevado |
| 22              | Chucura       | 5250        | nevado        |

Fuente: Autocolca, 2006, A.

El drenaje en este territorio es sobresaliente, pues se encuentra la divisoria de aguas de la vertiente Pacífica (cuenca Colca) y la vertiente Atlántica (cuenca Apurímac, naciente del río Amazonas). El Mismi es considerado parte de las nacientes.

El río Colca discurre en un tramo de más de 160 km, entre Sibayo-Callalli y Andamayo. El tramo que corresponde al cañón se extiende entre Pinchollo al este y Andamayo al oeste (98 km de longitud) siguiendo una dirección este-oeste entre Pinchollo y Cabanaconde, a NE-SO entre Cabanaconde y Andamayo. Desciende 1800 metros entre 2950 y 1150 m s.n.m. Algunos de los enclaves más sobresalientes en su recorrido son el volcán Bomboya, la fortaleza Chimpa, el mirador Cruz del Cóndor, Sangalle, Canco, la catarata Phuré, flujos de lava del Hualca Hualca con estructuras columnares. Aguas arriba, en la zona de valle, el río atraviesa zonas extensas agrícolas con imponentes andenerías y poblaciones (depósitos lacustres se combinan con campos de lavas que forman estrechos cañones). Destacan también caídas de agua en sus afluentes y algunas lagunas como Mucurca.

## 2.5 VEGETACIÓN

La vegetación en la zona está conformada por tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. En conjunto conforman varias comunidades mayores o formaciones vegetales y, a su vez, agrupan a varias comunidades menores que por la gradiente altitudinal, fisonómica y estructural son diferentes. Dentro de las comunidades mayores o formaciones vegetales, se encuentran diversas comunidades vegetales menores de importancia económica y ecológica para la provincia, que se describen a continuación:

- **Cactáceas columnares y escasos arbustos:** Formación vegetal con características desérticas. Se ubica entre los 1800 a 2600 m s.n.m., con una dominancia de las cactáceas columnares: *Browningia candelaris* «candelabro», *Neoraymondia arequipensis* «Gigantón», *Armatocereus* sp. *Oreocereus platinospinus* y especies como la *Jatropha macracantha* «Huanarpo», arbusto de gran importancia para los lugareños por ser considerado afrodisíaco y comercializado dentro del ambiente folklórico como tal. Se aprecian también arbustos como la *Ambrosia fruticosa* «Chilgua», la *Tarasa operculata* «malva», entre otras. En los cauces secos, hay la presencia de vegetación característica de monte ribereño *Schinus molle* «Molle», *Prosopis pallida* «Yaro», *Caesalpinia spinosa* «Tara», *Tecoma arequipensis* «Tecoma», etc.

- **Matorral desértico de arbustos espinosos con cactáceas columnares:** Presenta topografía variada dada por áreas suaves a colinadas y laderas abruptas a suaves, de suelo arenoso-pedregoso. Está ubicado entre los 2600 y 3300 m s.n.m., y compuesto por hierbas anuales que crecen solo en la época de lluvia del género *Eragrostis*, por arbustos xerofíticos, como la «chilhua» *Ambrosia fruticosa*, la «amapola del campo» *Balbisia weberbaueri*, el «mancapaqi» *Encelia canescens*, cactáceas columnares como *Weberbauerocereus weberbaueri*, *Corryocactus puquiensis*, *Echinopsis cuzcoensis* y *Oreocereus ritteri*. Esta comunidad algunas veces se extiende hasta los 3500 teniendo en su composición a especies como la «malva» *Tarasa operculata*, el «romerillo» *Diplostephium tacorense* y la «china-canlli» *Adesmia spinosissima*. Cuando las condiciones de humedad son buenas, también reverdecen los arbustos como *Gochnatia arequipensis*; en el estrato herbáceo, se tienen pequeñas malvas como *Urocarpidium sephardae*, y de manera muy dispersa, a gramíneas de hasta 60 cm de altura llamadas ichu como *Stipa obtusa*, etc.

- **Ecotono de matorral desértico de arbustos espinosos con cactáceas columnares y pajonal:**

Entre los 3000 y 3400 m s.n.m., en la zona de Huambo, esta formación vegetal, en su composición, tiene especies vegetales de la formación anterior (*Ambrosia fruticosa*) como de la siguiente (*Stipa ichu*), pero adicionalmente en ella se han desarrollado especies propias; como *Adesmia spinosissima* «China canlle», *Diplostephium tacorense* «Romerillo», etc.

- **Pajonal de ichu (*Stipa*) con arbustos bajos resinosos:** Se ubica entre los 3400 y los 4000 m s.n.m., dentro de la provincia se encuentra en las laderas de Sibayo, Callalli y valle del Colca (Fotografía 2.1); recibe este nombre porque el «ichu» *Stipa ichu* y *Stipa obtusa*, domina el paisaje dando la apariencia de un suelo cubierto por pastos altos de color casi siempre amarillento; acompañadas por otras hierbas pequeñas que crecen en época de lluvia como *Plantago monticola*, y escasa presencia de arbustos como el «canlle» *Tetraglochin strictum*, cuya presencia indica que son suelos erosionados o sobrepastoreados; la «tola» de los géneros *Parastrephia* y *Baccharis* se encuentran de forma muy dispersa en esta comunidad. Fisonómicamente, se constituye en un pajonal seco con escasos arbustos resinosos de los géneros *Parastrephia* y *Baccharis*, y con uso forrajero.



**Fotografía 2.1** Pajonal de Puna que circunda el sector de la meseta ignimbrítica expuesta en el sector de Callalli

- **Pajonal de puna (*Festuca*):** Se encuentra entre los 4000 y 4500 m s.n.m., en las inmediaciones de Sallali. Fisionómicamente, domina una gramínea de coloración plumiza muy punzante llamada «irucchu» *Festuca orthophylla*, se le puede encontrar en laderas de ligera pendiente y pampas, comparte el suelo con otras especies arbustivas resinosas como las tolas y herbáceas del género *Calamagrostis*, *Perezia*, etc., de uso forrajero. También se puede encontrar el «canlle» (*Tetraglochin strictum*), en las pampas altas, indicador de que esta formación está degradada porque ha sido sobrepastoreada y sometida a fuerte erosión.

- **Pastizal de crespillo:** Se ubica entre los 4000 y los 4600 m s.n.m., en laderas de poca pendiente y áreas suaves a colinadas, puede encontrarse en lugares como Sallali, Colca Patapampa, Mismi. Es usado exhaustivamente para pastoreo y es denominado así por tener en su composición vegetal a gramíneas muy pequeñas (hasta 15 cm de altura), de color amarillento en época seca y verde en época lluviosa. Los «crespillos»: (*Calamagrostis breviaristata*, *C. curvula*, *C. vicunarum*, etc.) van acompañados por otras pequeñas hierbas como el «pilli-pilli» *Hipochaeris taraxacoides* y de forma muy dispersa por el «irucchu» y el «ichu». Se pueden encontrar también arbustos de tamaño pequeño como el «canlle» *Tetraglochin strictum* y *Senecio spinosus*; en forma muy dispersa especies de «tola». En esta formación vegetal la presencia de una especie, el «Pacu-pacu» *Aciachne pulvinata*, indica que es una zona degradada por sobrepastoreo, donde las principales especies forrajeras pueden estar disminuyendo poblacionalmente o desapareciendo (Autocolca, 2006a).

- **Tolar:** Se encuentra entre los 4000 y 4500 m s.n.m. Está caracterizado por especies arbustivas resinosas llamadas «tola», como *Parastrephia lepidophylla*, *Parastrephia quadrangulare*, *Baccharis buxifolia*, *Baccharis tricuneata* y *Chersodoma jodopappa* («tola blanca»), acompañada por el «canlle» *Tetraglochin strictum*; debido a la extracción indiscriminada, las tolas, que en otra época llegaban a medir más de 1m de alto, solo llegan a 40 cm, porque han sido y son utilizadas por el hombre como leña para la cocina diaria y en hornos para la elaboración del pan. En el estrato herbáceo, se encuentran gramíneas como el «crespillo», el «ichu» y el «irucchu».

- **Yaretal:** Se ubica entre los 4500 y 5000 m s.n.m., alrededor de los cerros más altos y nevados, en lugares como Patapampa, bajada a Chivay, etc. De poca cobertura vegetal tiene como especies características a la «yareta» (*Azorella compacta* y *A. yarita*). Son plantas resinosas que crecen formando grupos compactos como si fueran almohadillas de 0.2 m hasta 1 m de alto; son utilizadas aún como combustible para la cocina y, en el pasado, para el ferrocarril de Arequipa-Puno-Cuzco. En la actualidad, se presenta un uso creciente como planta medicinal. Acompañan en su composición florística especies pulviniformes, arrosetadas, cespitosas y muy pequeñas como: el «pesquesque» (*Pycnophyllum molle*), la «pupusa» (*Werneria paposa*), la «thurpa» (*Nototriche obcuniata*), el «crespillo» y escasos arbustos de hasta 40 cm de altura, como: *Senecio adenophylloides*.

- **Vegetación almohadillada cespitosa:** Esta formación vegetal se da en las pampas y laderas entre los 4700 y 5000 m s.n.m., con escasa vegetación principalmente, conformada por hierbas pulviniformes de los géneros *Nototriche*, *Pycnophyllum*, *Werneria* y pequeños arbustos resinosos *Parastrephia phyllicaeformis*. Por sus condiciones de suelo y clima, esta zona se constituye en un gran desierto altiplánico.

### 2.5.1 Comunidades vegetales menores

Entre ellas podemos distinguir:

- **Zonas agrícolas y andenes:** Tradicionalmente, se hallan asociadas principalmente a los cursos de agua, como terrazas

en el caso del valle del Colca (Fotografía 2.2). La zona está compuesta por andenes que son laderas transformadas en terrazas para atrapar sedimentos sólidos y almacenar la humedad. Se los encuentra desde los 3000 hasta los 4000 m s.n.m., son laderas manejadas por el poblador andino por varios siglos para cultivo de plantas alimenticias nativas como la «papa» *Solanum tuberosum*, el «maíz» *Zea mays* y la «quinua» *Chenopodium album*, especies introducidas como el «trigo» *Triticum aestivum*, la «cebada» *Hordeum vulgare*, la «alfalfa» *Medicago sativa*, y una serie de especies frutales y agrícolas de pan llevar.



**Fotografía 2.2** Anfiteatro labrado por la erosión fluvial sobre secuencias aluviales y lacustres de la Formación Colca y desarrollada en andenes para la agricultura

- **Vegetación en quebradas o escorrentías:** Se ubica entre los 2300 y 4300 m s.n.m., topográficamente puede tener poca a mucha pendiente. Resalta como una comunidad vegetal menor diferente con una gran biodiversidad, que se encuentra cortando abruptamente las comunidades vegetales mayores, y en las que por sus condiciones de humedad, temperatura y viento van a crecer plantas distintas a las de ladera o lomadas (Fotografía 2.3).

Se observa la parte alta dominada por vegetación herbácea muy pequeña y, la parte media, por arbustos como la «cantuta» (*Cantua buxifolia*), el «tantar» (*Dunalia sp.*), la «chilca» *Baccharis scandens*, la «china canlli» *Adesmia miraflorensis*, *Calceolaria sp.*, entre otras, y especies herbáceas como el «atoj'sara» (*Bomarea multiflora*), *Solanum phyllanthum*, *Eragrostis nigricans*, *Clematis millefoliata*, etc., que sirven de alimento y refugio a una también variada fauna.



**Fotografía 2.3** Especies arbustivas desarrolladas en el fondo de cauces o quebradas y también laderas; sector del camino Huambo-Canco (río Huambo)

• Estepa con cactáceas columnares: Ubicada entre los 3000 y 3500 m s.n.m., en laderas suaves a empinadas, está formada por cactus columnares de hasta 6 m de alto del género *Corryocactus*; asociada a otras suculentas, especies arbustivas y herbáceas, conformando extensas cactales, que se pueden encontrar pasando el poblado de Maca, hasta Pinchollo, Cabanaconde y el poblado de Huambo (Fotografía 2.4). Esta comunidad vegetal menor es conocida como «chona» por los lugareños. Aparte de ofrecer un

paisaje singular, los «sancayos» (sus frutos) son utilizados como alimentos y medicina para el hombre; de ellos se alimentan también algunas aves. Aquí se hallan asociadas especies arbustivas como *Grindelia bergii*, *Proustia oblongifolia*, *Senecio sp.* *Diplostephium tacorense*; especies herbáceas que crecen en la época lluviosa como *Tagetes multiflora*, *Plantago monticola*, etc., además, se encuentran otras cactáceas como la «sicsera» (*Opuntia subulata*), la «corotilla» (*Tephrocactus corotilla*) y el «airampo» *Tephrocactus ignescens*.



**Fotografía 2.4** Dos vistas de especies vegetales cactáceas expuestas en las zonas de Huambo-Cabanaconde (superior) y Chivay (inferior)

• Estepa con arbustos y hierbas. Ocupan laderas suaves a moderadas y áreas colinadas con suelos arcillosos pedregosos. Es llamada así por tener formaciones herbáceas abiertas con mezcla de plantas leñosas que pueden encontrarse entre los 3000 y los 3600 m s.n.m. a lo largo del cañón del río Colca, por la Cruz del Cóndor y hacia el pueblo de Cabanaconde y Huambo (Fotografía 2.5). La vegetación está caracterizada por arbustos bajos espinosos dispersos como el «chiri-chiri» *Grindelia bergii*, el «cardo santo» *Colletia spinosa*, entre otras y vegetación herbácea que crece generalmente en época de lluvias, y que el resto del año se muestra

seca como la «estrellita del cerro» *Spergularia stuebelii*, el «cebollín» *Crocopsis fulgens*, etc.; frente al poblado de Tapay, en las abruptas laderas que descienden hasta el lecho del río Colca, a 2725 m s.n.m. con condiciones de humedad, temperatura y viento diferentes por la presencia del cañón. Se presentan cactus columnares del género *Haageocereus*, cactus más pequeños del género *Erdisia*, un arbusto de la familia de las papayas del género *Carica*, plantas herbáceas de los géneros *Monnina*, *Lupinus*, etc.; sin mencionar que en Tapay y alrededores crecen árboles cuyos frutos como la «manzana», el «pacay» y la «lúcuma» son apreciados por los pobladores del valle del Colca.



**Fotografía 2.5** Especies arbustivas con presencia de vicuñas (sector LLajuapampa, Huambo) y pencas en las márgenes del cañón del Colca; entre Pinchollo y Cabanaconde

• Estepa con arbustos espinosos: Se ubica sobre las laderas de la Cordillera Occidental descendiendo hacia el valle del Colca entre los 3600 y 4000 m s.n.m. a manera de un gran cordón altitudinal en todo el valle del Colca, desde Chivay hasta Huambo (Fotografía 2.6). Está dominada por el arbusto llamado «chiri-chiri» (*Grindelia*

*bergii*), pero caracterizada por especies resinosas y espinosas como la «china-canlli» (*Adesmia miraflorensis*), la «huajrataya» (*Proustia oblongifolia*), y especies del género *Mutisia*; acompañado de especies herbáceas estacionales de los géneros *Tagetes*, *Erodium*, *Hypochoeris*, *Vulpia*, *Stipa* y *Eragrostis* entre otros.



**Fotografía 2.6** Abundantes especies cactáceas espinosas desarrolladas sobre terrenos volcánicos, al este de Huambo



• Rodal de *Puya raymondii* (huancar): Asociado a arbustos y hierbas, se ubica cerca de los 3800 m s.n.m., en un solo lugar pasando el pueblo de Huambo, en la ladera noroeste del cerro Tururunka (Fotografía 2.7). La población de Puya no es muy abundante, se estiman cerca de 150 individuos de los cuales 40 se encuentran con escapo floral, casi todos secos, y unos 90 individuos jóvenes (sin escapo floral), el resto se divide a lo lejos sin poder apreciar su estado vegetativo; la planta mide cerca de 8 m de altura, 3.5 m de tallo con hojas en forma de roseta y unos 4.5 m de escapo floral con cerca de 2000 flores en cada

inflorescencia (Autocolca, 2006, a). La condición de esta comunidad vegetal menor es muy delicada pues se nota que ha sido alterada por el hombre. Está acompañada por especies arbustivas como la «china canlli» *Adesmia spinosissima*, *Mutisia orbygniana*, el «pinco-pinco» *Ephedra rupestris*. Frente a esta comunidad menor se puede apreciar una gran ladera de «Kunuja» *Diplostephium tovarii*, especie arbustiva extraída para los ritos mágico-religiosos desde mucho tiempo atrás y que en la actualidad se extrae para comercializarla tanto en Arequipa como en Bolivia, y ser usada como sahumero.



**Fotografía 2.7** Rodal de *puyas raymondii* en la falda norte y noreste del cerro Tururunka (Huambo); en la vista inferior un detalle de esta.

• **Bofedal (Humedal altoandino):** Se encuentra localizado entre los 3900 y 4800 m s.n.m. en varias unidades vegetales compuestas por suelos franco arcilloso-arenosos, cuya topografía está dada por laderas suaves hasta planas o con ligeras depresiones o cerradas (Fotografía 2.8). Los bofedales son zonas en los que el agua es el principal factor que controla el medio y la vida vegetal y animal relacionada (aves); tienen un permanente suministro de agua durante el año, ya sea por escorrentías que vienen de los nevados o porque afloran manantiales u «ojos de agua». La

vegetación está conformada básicamente por la «champa» (*Distichia muscoides*), el «sillu-sillu» (*Alchemilla pinnata*), el «libro-libro» (*Alchemilla diplophylla*), entre muchas otras, que son especies de porte pequeño que no aportan gran cantidad de biomasa, pero si alto valor nutritivo para los camélidos sudamericanos que las utilizan como alimento. Los bofedales se constituyen en importantes reservas de agua que van a alimentar por gradiente y filtración, las cuencas medias y bajas como afloramientos de «ojos de agua».



**Fotografía 2.8** Cuerpos de agua y bofedales desarrollados sobre depresiones o cerradas generadas por flujos de lavas del Grupo Andagua (sector Chocpayo, Coporaque); en la vista inferior se aprecia la presencia de aves en estos cuerpos de agua.

• **Queñual:** Bosque caracterizado por la especie arbórea *Polylepis besseri* conocida como «queñua» (*Arequipa*), «queñoa» (*Puno*) o «queuñoa» (*Cusco*), acompañado de arbustos y hierbas (Fotografía 2.9). Se ubica entre los 4000 y 4500 m s.n.m. (algunas veces desde los 3500 m s.n.m.); en Chivay, Maca, Cabanaconde, Huambo. Los queñuales se encuentran en laderas muy escarpadas a suaves, en cerros protegidos o inaccesibles, debido a que han

sido sometidos a una intensa tala por parte de los pobladores, por su madera muy dura que es usada para la construcción de casas, instrumentos de labranza y en la elaboración de carbón. Acompañan a la «queñua» especies arbustivas como la «tola blanca» (*Chersodoma jodopappa*), las «tolas» (*Parastrephia lepidophylla* y *Baccharis buxifolia*) y especies herbáceas como el «atoj'sara» o «maíz del zorro» (*Bomarea multiflora*) y el «icchu» (*Stipa ichu*).



**Fotografía 2.9** Bosques de queñuales expuestos al sureste de Huambo que están acompañados de especies arbustivas.

• Comunidad vegetal Nival: Ocupa laderas abruptas a profundas quebradas de áreas suaves a colinadas, con suelos arenosos, rocosos, pedregosos. Es considerada desde los 5000 m s.n.m. hasta las cumbres de los nevados, cubiertos de nieve perenne que puede variar su presencia por la altitud. A 5000 m s.n.m., el

suelo es plumizo con bloques de rocas grandes y pequeñas, aparentemente sin vegetación. Se pueden observar algunos líquenes anaranjados o verde azulinos (Fotografía 2.10), y muy escondidas por la tierra cuando no está cubierta de nieve, algunas plantas arrosetadas (que crecen al ras del suelo) del género *Draba*.



**Fotografía 2.10** Vertiente superior del Hualca Hualca con suelos arenosos a pedregosos (A); bloques rocosos con presencia de algunos líquenes (B). Yaretas en la ruta Ran Ran hacia el Mismi (C y D).



## CAPÍTULO III

# OCUPACIÓN HUMANA PREHISPÁNICA EN EL COLCA



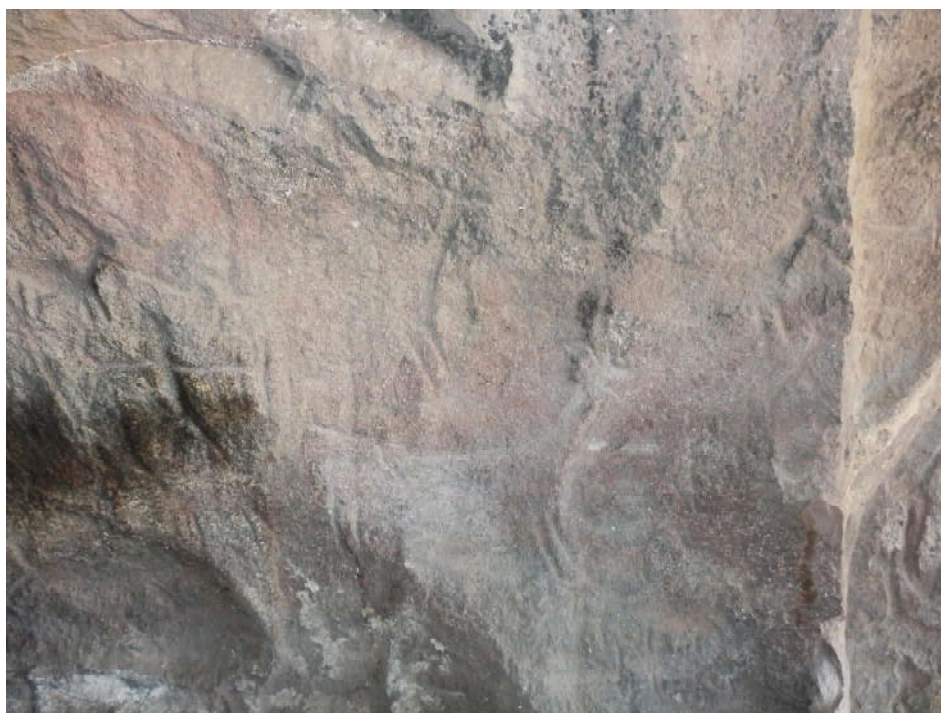
## CAPÍTULO III

### OCUPACIÓN HUMANA PREHISPÁNICA EN EL COLCA

Aproximadamente unos 10 000 años a.C., el valle del Colca presentaba más o menos las mismas condiciones geográficas y climáticas actuales, la misma flora y fauna; el escenario de este espacio geográfico era muy similar. Tal vez la única diferencia es que en aquella época era ligeramente más húmedo, con mayor cobertura de superficie glaciar. En este escenario fue que llegaron los primeros pobladores en el Colca. La zona cordillerana y puna (laderas y zonas altiplánicas) que circundan el valle del Colca, así como el valle mismo, fueron ocupados por hombres cazadores y recolectores que no conocían todavía la cerámica, y que poseían como parte esencial de sus instrumentos las puntas de flecha fabricadas con piedras diversas (volcánicas principalmente). En este espacio existen muchos sitios que fueron ocupados por estos

cazadores, utilizados como campamentos o lugares de vivienda permanente. Algunos de ellos son Umajala, Mollepunco y Pata Pata.

A nivel de la región Arequipa, la cueva de Sumbay, ubicada en la ruta actual hacia el Colca desde la ciudad de Arequipa, es un buen ejemplo que ilustra la vida cotidiana acontecida durante este periodo<sup>1</sup>. Los cazadores representaron en sus paredes casi todos los recursos de caza que aprovechaban; existen dibujos de camélidos pintados en ocre blanco y amarillo en actitud de huir; también se ven pumas y zorros; así como también animales que ahora ya se han extinguido en la zona, como el suri, una especie de ñandú que fue utilizado como alimento durante este periodo. Otro ejemplo cercano corresponde a las cuevas de Mollepunco (Fotografía 3.1).



**Fotografía 3.1** Expresión rupestre en las cuevas de Mollepunco

<sup>1</sup> La cueva de Sumbay es una de las más estudiadas; gracias al arqueólogo Máximo Neira Avendaño (1966, 1990). Está ubicada en plena Puna, en las cercanías del río Sumbay, la cueva fue habitada aproximadamente entre los años 5800 y 3000 a.C. (Neira *et al.*, 1990).



**Fotografía 3.2** Pinturas rupestres de camélidos encontradas en las cuevas Mollepunco

Los instrumentos utilizados para la caza se pueden ordenar en dos grupos básicos:

1) Puntas de flecha fabricadas en piedra de retinita, una roca volcánica negra en la que tallaban con facilidad. La forma más común era la pentagonal, que tenía un fuste bastante ancho para poder atarlo en el mango. Otra forma común era la foliácea, tallada también en este material. Este primer grupo es el de mayor antigüedad, superior a los 5000 años, pudiendo llegar hasta los 8000 años.

2) Puntas trabajadas en obsidiana, que es un vidrio natural de origen volcánico. Las puntas talladas en este material tienen otras formas, principalmente triangulares de base escotada, y cuyo tamaño en algunos casos llegaba a ser de unos milímetros de ancho. Este segundo grupo fue encontrado en los niveles superiores del depósito de la cueva, su antigüedad no es mayor de los 3000 años.

Junto a las puntas se han encontrado otros instrumentos líticos que cumplían diferentes funciones. Hay cuchillos en forma de disco para cortar la carne, raederas o raspadores trabajados en huesos para limpiar las pieles y tejidos duros, también hay buriles para coser. Con estas herramientas, los cazadores precerámicos de la cueva Sumbay y demás sitios precerámicos del Colca se abastecieron de comida, lo que les aseguró la subsistencia y desarrollo hasta los siguientes periodos en que llegaron a domesticar plantas y animales (Neira *et al.*, 1990).

### 3.1 PRIMEROS GANADEROS Y AGRICULTORES EN EL COLCA

A partir de los 3000 años a.C. en los Andes del centro-sur se inició un proceso que transformó la vida del hombre y el paisaje. Los

antiguos recolectores y cazadores de guanacos desarrollaron sus técnicas extractivas y mejoraron sus instrumentos, permitiéndoles cambiar de una economía extractiva a otra productiva. Los hombres se convirtieron así de cazadores en ganaderos y de recolectores en agricultores; mantuvieron paralelamente las antiguas prácticas. En un valle árido como el Colca, la agricultura con riego se convirtió en el principal factor de transformación de la sociedad. Este proceso ha sido muy poco estudiado en esta parte de los Andes, pero se asume que tuvo los mismos efectos que en otras áreas. En el valle del Colca, la mayor parte de los sitios arqueológicos muestran evidencias de su existencia, aunque han desaparecido porque la construcción de sitios arqueológicos más tardíos, pero sobre todo de los andenes, los han destruido.

#### Sociedades en el periodo Formativo

La domesticación de animales y el inicio de la agricultura generaron grandes transformaciones en los Andes peruanos. Estos cambios importantes se dieron en el ámbito productivo y en el de la estructura social. Con la disponibilidad de mayores recursos y excedentes productivos de ganado y alimentos, se generó un gran desarrollo en la economía local. Los pequeños grupos familiares de cazadores fueron creciendo hasta transformarse en tribus. Aparecieron aldeas y pueblos cada vez más grandes, mejorando paulatinamente los instrumentos de producción<sup>2</sup>. Muy poco se ha registrado de este importante proceso, ya que las evidencias materiales son muy escasas. En el sitio del **Ichircate**, a un costado del actual poblado de Cabanaconde, se ha encontrado una cerámica incisa que corresponde a este periodo, pero las construcciones posteriores del Periodo Chuquibamba e Inca han cubierto el área, dificultando la búsqueda de más restos.

<sup>2</sup> Este periodo del valle del Colca es poco conocido. Las evidencias para analizarlo son escasas. La mayor parte de las aldeas de este periodo han sido destruidas por el avance y el mejoramiento de las áreas agrícolas del valle, con cuyas obras han desaparecido casi todas las aldeas y restos del Formativo.



### La sociedad local y el imperio Wari

Los avances alcanzados por las sociedades formativas lograron que en gran parte del valle del Colca se diera el paso hacia la actividad agrícola intensiva. Este proceso, al parecer, comenzó por el año 200 d.C. y concluye trágicamente con la llegada de los españoles en el siglo XVI. Las primeras chacras agrícolas se construyeron en las laderas superiores del valle, aprovechando las fuentes de agua naturales procedentes de los glaciares circundantes en ambas márgenes. Más adelante se fueron ampliando hacia las partes inferiores, más cálidas (laderas y terrazas); los andenes más recientes son los que se construyeron durante la época Inca, en las cercanías del río en la parte más baja<sup>3</sup>.

Esto demuestra la importancia que tuvo este proceso, a lo largo de los 1000 años, la ampliación de la frontera agrícola en la generación de un desarrollo sociocultural en el valle del Colca, y viceversa, quedando plasmado en una infraestructura transformando un paisaje eminentemente natural, adverso por sus características geológicas y geodinámicas con una transformación utilizando ingeniería, uso de suelo y agua, en un paisaje cultural.

La agricultura de andenes provocó el fortalecimiento de una sociedad local exitosa, y a su vez esta sociedad creciente favoreció el desarrollo agrícola que la sustentaba. Este largo proceso; sin embargo, no fue continuo y parejo, pues existiendo factores internos o locales que lo favorecieron, también existieron el dinamismo y exigencia impuestos desde fuera por sociedades de corte imperial, como fueron los wari en el siglo VI y los incas en el siglo XIV.

### Las sociedades tardías

El valle del Colca cuenta con importante documentación etnohistórica de los primeros años de la conquista europea, que han permitido reconstruir en gran medida a las sociedades tardías que se desarrollaron entre los años 1200 y la conquista inca de la región.

Desde la perspectiva arqueológica, debemos los primeros estudios sobre las sociedades tardías prehispánicas a Máximo Neira Avendaño (1960, 1961, 1964). Él manifiesta que en la región Collagua se ubicaron numerosos centros habitacionales aborígenes, correspondiendo, la mayoría, a poblaciones de

carácter netamente rural. Los principales sitios son Huacalida, Kumurani y Uscallacta (Chivay); Kiparani, Koporaque y Maucoporaque (Coporaque); el grandioso centro prehispánico de Uyo-Uyo (Yanque); las ruinas de Pillonipata y Achonani (Achoma); Peña Blanca y Malatá (Maca); Hatun, Kallinka y Uchic Kallimarka, Tucuchasi y Chusquilla, Trinchera o Hayna Kca-e Antisana y Humahuasi (Huambo) y otras menos importantes.

Estas poblaciones corresponden a patrones de poblamiento rural distribuidos de esta manera por razones agrícolas. Así lo demuestran las maravillosas andenerías que aún constituyen el emporio de riqueza agrícola en la región. La arquitectura prehispánica que se desarrolla en la región Collagua es compleja. Se encuentran numerosos vestigios de la arquitectura inca; sin embargo, los más representativos se ubican en Coporaque y, particularmente, en Yanque; ambos centros principales y cabezas de región. La estructura arquitectónica es sólida y la mampostería a base de piedra con figuras de felinos en alto relieve. Asimismo, destaca la arquitectura local, caracterizada por piedras alargadas y labradas, colocadas sobre los ángulos de las habitaciones y constituyendo estructuras habitacionales sólidas. Las puertas son muy alargadas, altas y angostas, como puede observarse en las ruinas de Uskallacta, Uyu-Uyu, Malata y Coporaque<sup>4</sup> (Fotografía 3.3).

## 3.2 LA AGRICULTURA PREHISPÁNICA Y LOS ANDENES

La manifestación cultural más sobresaliente de las poblaciones del Colca prehispánico son los andenes o terrazas de cultivo, que transforman el paisaje natural de laderas inclinadas en un mosaico de escalinatas gigantescas trazadas de acuerdo no solo a la topografía del lugar, sino al ensamble complejo generado por la erosión fluvial y la geodinámica de las márgenes o terrazas afectadas por deslizamientos.

Los antiguos pobladores se enfrentaron al reto que planteaba la naturaleza agreste y transformaron las faldas y laderas de cerros, tan agresivos, en fértiles terrazas, gracias al sistema de andenerías que fueron construidas con mucho ingenio y enorme esfuerzo a lo largo de cientos de años. Fue un proceso intencional de convertir las limitaciones en oportunidades para el desarrollo.

<sup>3</sup> Estas observaciones son el producto de las excavaciones y observaciones hechas en 1983 en Chijra y Yurac Ccacca, dos localidades en las cercanías del pueblo de Coporaque (Denevan 1986; Malpass & De La Vera 1988 y 1990; Treacy 1994). Allí se efectuó la excavación y estudio en varios andenes a lo largo de un segmento de la ladera del valle. Los resultados demostraron que los andenes más antiguos fueron los que se ubican a mayor altura, a 3800 m s.n.m., y los más recientes los que se ubican a la altura más baja, cerca del mismo lecho del río, a 3350 m s.n.m. Es decir, que mientras los andenes de mayor altitud tendrían una antigüedad de 510 ± 80 d.C. (Malpass & De La Vera 1990), los más recientes habrían sido construidos, alrededor del año 1340 ± 60 d.C. (Treacy, 1994).

<sup>4</sup> Es en este período cuando el valle del Colca llega a su máximo desarrollo, se construye la mayor cantidad de infraestructura agrícola, y se organizan los primeros poblados formales que luego, ya en el período colonial, servirán de base para la nueva administración de la región.



**Fotografía 3.3** Vista panorámica de la ciudadela de Uscallacta en la margen izquierda del valle del Colca. Se pueden apreciar de cerca algunos muros de piedra con rastros de estuco. Este importante centro administrativo dominaba el ingreso del valle y controlaba la producción en toda la región

Otra dificultad que tuvieron que enfrentar para el desarrollo de la agricultura fue la imposibilidad de aprovechar el agua del río Colca, que corre en lo profundo de su cauce natural. El agua del Colca no fue mayormente aprovechada para las labores agrícolas. Por el contrario, supieron captar los deshielos de los nevados por medio de un tratamiento especial, ya que aprovechaban el agua de los riachuelos que descienden de los nevados utilizando canales. De esta manera, los andenes sirvieron para aumentar la producción en los valles amplios y para hacer producir los valles estrechos y quebradas, utilizando las laderas de los cerros para el cultivo.

El valle del Colca, extendido desde Sibayo y Callalli al este, hasta más al oeste de Huambo y Cabanaconde, se caracteriza por el sinnúmero de andenes, edificados en su mayor parte por los collaguas y cabanas, conservados posteriormente por los incas y abandonados en parte por los españoles en el período colonial, así como en la república<sup>5</sup>.

En el valle del Colca en general señalado por Malaga (1986); Guillet (1990); Treacy (1987, 1989 y 1994); Valderrama & Escalante (1986); Zvietcovich (1986) entre otros, distinguen tres zonas homogéneas de producción en función de la altitud y la pendiente:

<sup>5</sup> Las andenerías son gigantescas y cubren las laderas desde la profundidad del valle hasta coronar muchas veces los cerros. Consideramos que en el valle del Colca existe el mayor número de andenerías encontradas en los valles del sur de Perú, y sus constructores demostraron la más avanzada tecnología agrícola en esta región al cultivar variedad de plantas de acuerdo a los diferentes pisos ecológicos (Málaga, 1986 y 1987).

- 1) La zona homogénea de producción de la ribera del río Colca, conformada por suelos franco-arenosos y donde el cultivo predominante es el maíz.
- 2) La zona homogénea de la planicie, situada entre la ribera y la ladera, conformada por suelos franco-arcillosos y de moderado declive y donde el cultivo predominante en la actualidad es de habas.
- 3) La zona homogénea de producción de ladera, ubicada en las laderas o faldas de los cerros de gran pendiente y con suelos franco-arcillosos superficiales, y donde el día de hoy el cultivo predominante es la cebada. Los andenes se

localizan en las zonas homogéneas de producción de la ribera y laderas (Zvietcovich, 1986).

La construcción de andenes en el valle del Colca posiblemente se remonta a la época de la cultura collagua, aunque algunos se construyeron antes y otros durante el Período Inca. Este sistema de terrazas permitió al hombre andino controlar la erosión de los suelos y deslizamientos de tierras, dominar mejor las aguas y manejar adecuadamente los sistemas de cultivos (Fotografía 3.4). La capacidad y uso apropiado de los andenes, de acuerdo a la rotación de cultivos, riego y drenaje, permitieron una maximización en el uso de la tierra. Por otro lado, las terrazas agrícolas, hicieron posible modificar las condiciones del suelo y del clima, creando las condiciones para una agricultura en laderas de gran declive<sup>6</sup>.



**Fotografía 3.4** Sistema de andenes a nivel de las terrazas aluviolacustres en un tramo del valle del Colca

La técnica empleada en la construcción de andenes fue la de levantar muros de piedras picadas unidas entre sí por una mezcla de barro. El declive era rellenado con piedras menudas, cascajo y tierra de cultivo que muchas veces era trasladada de otras zonas. En las partes laterales de los andenes (cabecera y culata) existen estructuras líticas muy bien definidas para cumplir la función de canales, con los que se efectuaba la distribución adecuada de las aguas.

Existen diversos tipos de andenes. Hay andenes para canales, de estructura sólida, en su mayor parte formada por lajas de piedra, con un ancho que fluctúa entre 1.5 y 2 metros; existen los andenes agrícolas, de superficies variables desde 2 a 3 metros hasta más de 1000 metros cuadrados, soportados por muros de construcción de piedras y barro, con sistemas de riego y drenaje<sup>7</sup>; hay también andenes para vivienda, ubicados en las partes altas, en suelos

muy pedregosos, no aprovechables para la agricultura, con superficies que varían entre 80 y 150 metros cuadrados; y por último hay andenes mixtos, para vivienda y agricultura, con superficies de 300 a 400 metros cuadrados, donde se ubica la vivienda, la misma que se encontraba rodeada de pequeños campos de cultivo dando la impresión que allí se realizaba una agricultura intensiva, a manera de pequeños huertos (Málaga, 1986, Zvietcovich, 1986).

La explotación de los recursos naturales en el valle del Colca, desde la época de esplendor de las sociedades prehispanicas hasta nuestros días, no ha variado notablemente. Con excepción de la incorporación de ciertos animales domésticos y plantas foráneas, así como de algunos instrumentos de labranza agrícola, son pocos los cambios producidos. La tierra, el agua y los pastos fueron los recursos naturales más importantes para los antiguos habitantes del Colca, ya que constituyeron la base de su economía.

<sup>6</sup> Finalmente, podemos indicar que el primer objetivo de los andenes ha sido el control de la erosión de los suelos. El hombre ha podido modificar y manejar la estructura, textura y profundidad de los suelos a través de las terrazas, facilitando la penetración y retención del agua en el suelo con efectos modificadores del clima (Zvietcovich, 1986).

<sup>7</sup> En los andenes agrícolas aún se puede observar «cuevas» construidas con piedras, denominadas puquyuta, que sirven para guarecerse de la lluvia, y «escalinatras» trapezoidales de piedras salientes llamadas takilpo que unen unos andenes con otros.

En el valle del Colca se pueden distinguir tierras de riego y de secano. En las tierras de riego, próximas a los centros poblados, existen dos ámbitos diferenciados: la zona baja, de la ribera del río, caracterizada por los terrenos planos y amplios; y la zona intermedia, ubicada en las laderas de la quebrada, aprovechables por el

sistema de andenería (Fotografía 3.5). Ambas constituyen la mayor parte de tierras agrícolas del Colca y en ellas se cultivan el día de hoy papas, ollucos, ocas, maíz, cebada y quinua (Fotografía 3.6). En la actualidad se observa que los campesinos tienen sus parcelas de cultivos en diferentes sectores de riego y niveles ecológicos<sup>8</sup>.



**Fotografía 3.5** Andenerías y cultivos de quinua en las inmediaciones de la ciudadela Uyo Uyo, conjunto arquitectónico representativo de los collaguas (vistas superiores)

<sup>8</sup> Muchos de los andenes se encuentran abandonados y se ha acentuado su destrucción por la presencia de los pastos naturales que los campesinos no han sabido controlar; por otra parte, estos andenes se han convertido en simples potreros donde ellos pastan sus animales; el continuo trajín de estos ganados ha causado el derrumbe de los andenes. Uno de los problemas palpantes de la actualidad nacional es la lenta destrucción de las terrazas, que se inicia en el período colonial temprano con la violenta despoblación que sufrió el mundo andino por el sistema de la *mita* y por el surgimiento de los grandes yacimientos mineros. Este despoblamiento de los pueblos antiguos se hace cada día más preocupante porque las nuevas generaciones de jóvenes se trasladan masivamente a la ciudad de Arequipa en busca de trabajo, mientras que muchas de las andenerías que eran utilizadas para sembrar plantas de pan llevar, actualmente, han sido dedicadas a la alfalfa cuyo cultivo es más fácil.



**Fotografía 3.6** Detalles de las terrazas o andenes en las márgenes del río Colca y en las terrazas altas aluviales (bancales), cercanas a los poblados y en ambos márgenes del río Colca





**CAPÍTULO IV**  
**ASPECTOS GEOLÓGICOS**  
**EN EL VALLE DEL COLCA**





# CAPÍTULO IV

## ASPECTOS GEOLÓGICOS EN EL VALLE DEL COLCA

### 4.1 PRIMEROS RECONOCIMIENTOS Y ESTUDIOS GEOLÓGICOS EN EL VALLE DEL COLCA

Históricamente se remonta al año 1831 cuando unos exploradores norteamericanos de la Sociedad Geográfica de New York realizaron un primer recorrido que fue objeto de reportaje y publicación. En los años 1928 y 1930 los aviadores norteamericanos Robert Shippe y Georg R. Jhonson, volaron sobre el valle de Majes y percibieron la forma asombrosa del cañón del Colca. Posteriormente en 1955, el geógrafo francés Gonzalo de Reparaz informa acerca de la existencia del gran cañón del Colca en la revista «Correo» de la Unesco y la incluye en su guía<sup>9</sup>. En su reporte coincide con los miembros de la Sociedad Geográfica de Nueva York, que indican que el cañón del Colca tiene el doble de la profundidad que el cañón del Colorado en los Estados Unidos, por lo que sería considerado uno de los de mayor profundidad en el mundo (el gran cañón del Colorado tiene 1600 metros de profundidad, mientras que el Colca 3400 y si fuera considerado desde la cumbre de los nevados Coropuna de 6425 m y el Ampato de 6310 m, estaría con más de 5000 m de profundidad<sup>10</sup>).

En 1978 el explorador catalán José María Arias, bajó por tierra desde Huambo y descendió por pendientes, hasta el curso del río Colca. Se sorprendió al notar rastros de ruinas. En junio de 1979, se realiza una expedición estudiantil polaca, a la cual se denomina CANOANDES' 79. En la publicación del libro «In Kayak Through Perú» – Deportes y aventuras en ríos del Perú, publicado gracias al apoyo de FOPTUR, tras la primera expedición polaca en el cañón, da cuenta que el Colca es una maravilla mundial, con riqueza natural y cultural<sup>11</sup>.

Las investigaciones geológicas enmarcadas dentro del levantamiento de la Carta Geológica Nacional, se realizaron por primera vez en el Colca en 1973. Las hojas topográficas de los cuadrángulos de Huambo (32-r) y Orcopampa (31-r) que cubren el lado oeste del cañón (Caldas, 1993) y reinterpretadas por Romero *et.al.*, 2003 y Lajo en el 2001, respectivamente fueron publicadas por Ingemmet. Posteriormente, en los estudios realizados en el Proyecto Integrado del Sur con una misión inglesa, fueron cartografiados los cuadrángulos de Chivay (32-s), Callalli (32-t), entre otros (Klinck & Palacios, 1985; Quispesivana y Navarro reinterpretan la hoja de Chivay en el 2001). La hoja de Cailloma (31-s), que abarca parte del área fue estudiada por Dávila, D. (1988). Las publicaciones de estos cuadrantes geológicos realizan importantes alcances de la geomorfología, estratigrafía, tectónica, paleontología y la geología histórica del área.

En 1976 Antonio Mastellaro de Padua sube el Hualca Hualca llegando a la cota 5020 m, que denomina Huanac Pacha.

En 1984 la revista Record Güines, declaró al valle del Colca como el cañón más profundo de la zona. Posteriormente, entre los años 2003 y 2010, llegaron a Perú siete expedicionarios con científicos de varias especialidades, de diversas universidades de Polonia. Resultados de estos estudios han sido publicados en «*Geología 2008*» y traducidos posteriormente por la Sociedad Geográfica de Lima (Figura 4.1). Entre los diferentes artículos de este libro, se hacen una serie de contribuciones geológicas, geomorfológicas y geoturísticas, incluyendo la propuesta de creación de un futuro «Parque Nacional» que incluye el cañón del Colca y el valle de los

<sup>9</sup> Por ese entonces el insigne investigador Gonzalo de Reparaz fue el autor de los primeros mapas cartográficos y la primera guía turística oficial de Perú, trabajada por encargo de la Unesco. En 1947 comienza sus labores en la Unesco, en la sede central de París, y en 1951 viene al Perú encabezando una misión de asistencia técnica de ese organismo internacional. Don Gonzalo se desplaza por el territorio nacional y como fruto de sus observaciones y trabajos escribe entonces el libro «*Los ríos de la zona Árida peruana*», que tras infinitos avatares será publicado próximamente por la Universidad de Piura y el Instituto Cartográfico de Cataluña.

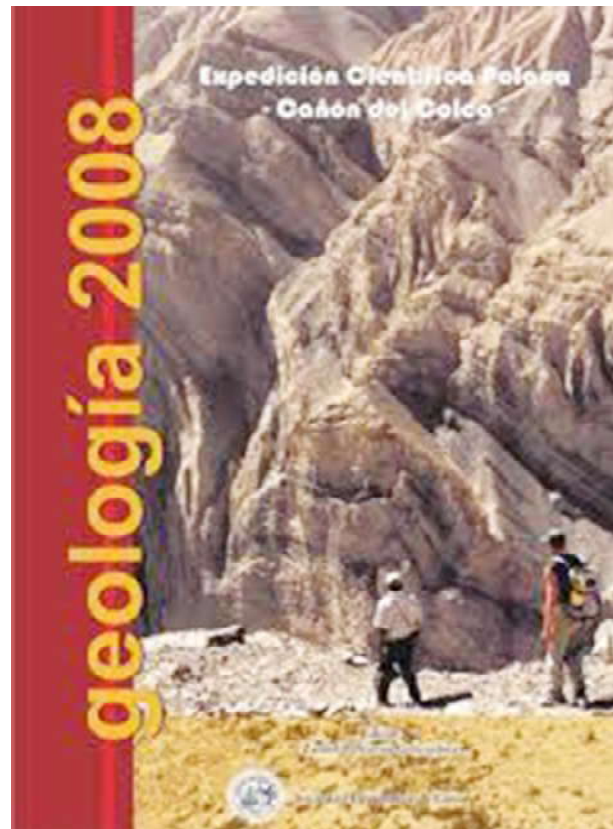
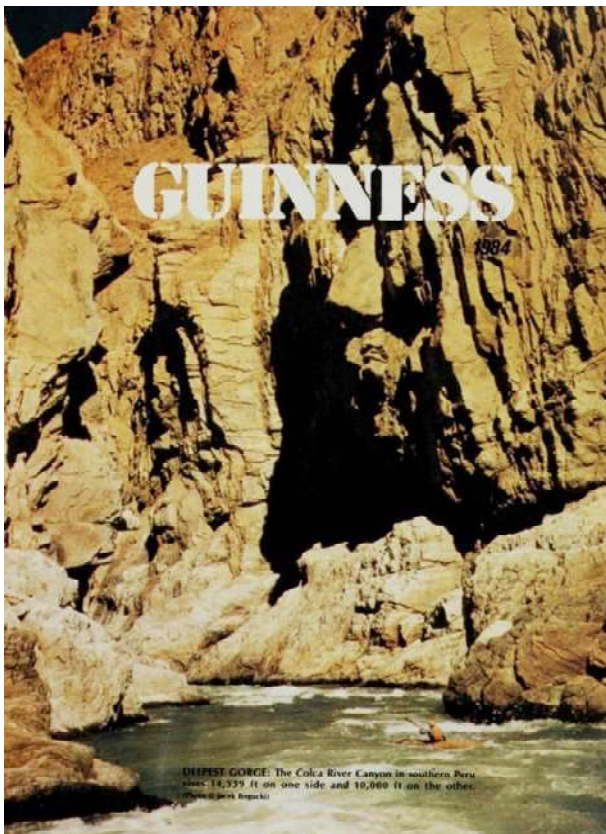
<sup>10</sup> En sus propias palabras, publicadas en el periódico argentino La Nación: «Más de tres mil metros nos separan del fondo, y sabemos que las laderas, sin ser verticales, son abruptas. ¡Doble profundidad que el cañón del Colorado!». Aunque esta afirmación de Reparaz data de 1954 y la Unesco la dio por válida al año siguiente, lo cierto es que no se reseñó en el Libro Guinness de los Récords hasta que la expedición Canoandes, sufragada por la National Geographic Society, lo certificó en 1984, el año de la muerte de Reparaz. **Texto de Josep María Palau para Altaír, tomado de:** [www.soloparaviajeros.pe/viajes/peruanistas-reparaz.html](http://www.soloparaviajeros.pe/viajes/peruanistas-reparaz.html).

<sup>11</sup> La delegación de canoistas de la Universidad polaca de Cracovia, a quienes dio precisas indicaciones el Dr. Reparaz, hicieron el primer descenso del Cañón por el río, utilizando un equipo especializado como Balsas de goma tipo, «rafting» y piraguas tipo «Kayac». La expedición se realizó desde Sangalle aguas abajo en 100 km del cañón.

volcanes de Andagua. La expedición Colca Condor 2008-2009 incluyó el descenso de los primeros 20 km e inicio del cañón entre Madrigal y Sangalle, aún inexplorados hasta esa fecha, el cual es conocido como una de las fronteras salvajes del mundo (Majechereczyk, J., 2010)<sup>12</sup>.

En este corto recorrido se descendieron 850 m en 20 km, con un promedio de caída de 44 m/km, alcanzando casi 30 veces

más que el Gran cañón del Colorado que consta de 1.6 m/km. Tras la culminación de la exploración en la totalidad del cañón, los resultados científicos de esta expedición están siendo procesados y serán adjuntados al proyecto de «Parque Nacional Cañón del Colca», en el cual trabaja la misión polaca desde el año 2003, compuesta por científicos de las universidades de Cracovia, Varsovia y otros centros de educaciones y ciencia.



**Figura 4.1** Carátulas de publicaciones internacionales que sobresalen el interés internacional del cañón del Colca. La publicación polaca ha sido traducida al español por la Sociedad Geográfica de Lima

Otras contribuciones específicas en temas geológicos, vulcanológicos y estructurales que ayudan a esta interpretación corresponden a los de Tosdal, *et al.*, 1981; Sébrier, *et al.*, 1988; Schildgen, *et al.*, 2005; Paquereau – Lebit, *et al.*, 2006; Thouret, *et al.*, 2007; Thouret, *et al.*, 2008. Ingemmet a través de los estudios vulcanológicos (Mariño, *et al.*, 2012; Rivera, *et al.*, 2012) tiene importantes aportes del complejo volcánico Hualca Hualca-Ampato-Sabancaya; Benavente *et al.*, 2017 en su publicación neotectónica en la región Arequipa hace un estudio detallado de las fallas activas y la tectónica cuaternaria expuesta en el Colca; Zavala *et al.* (2011) en el estudio geoambiental del Colca, trata aspectos geológicos del medio físico en

geomorfología, geopatrimonio, pasivos de la actividad minera entre otros. Cruz & Matzuda caracterizan geoquímicamente las aguas termales en el Colca; el estudio hidrogeológico en el Colca (Peña *et al.*, en edición), trata aspectos de las características hidrogeológicas de las rocas y la potencialidad de los recursos hídricos subterráneos incluidas las fuentes termales.

Todos estos estudios e investigaciones científicas aportan desde diferentes especialidades el conocimiento geológico que nos ayuda a interpretar su evolución geológica, así como la definición de los «contextos geológicos» relevantes para realizar un análisis del patrimonio geológico.

<sup>12</sup> En este corto recorrido se descendieron 850 m en 20 km, con un promedio de caída de 44 m/km, alcanzando casi 30 veces más que el Gran cañón del Colorado que consta de 1.6 m/km.

## 4.2 LA GEOLOGÍA DEL VALLE EN 16 EPISODIOS

La geología se ayuda de la información que guardan las rocas, estratos con fósiles o estructuras sedimentarias, etc., que permiten interpretar los diferentes episodios en su evolución. Sin embargo, algunos vacíos no registrados en este lugar del planeta, se deducen «extrapolando» o correlacionando las características geológicas encontradas en lugares vecinos, a veces lejanos. Este rompecabezas ayudado de diferentes disciplinas geológicas y quizás futuras investigaciones darán a luz mayor información sobre algunos vacíos o hiatos existentes sobre la formación del paisaje actual del valle y cañón del Colca. A continuación, se describen los principales episodios de la evolución geológica del valle y cañón del Colca:

### 4.2.1 Basamento intrusivo-metamórfico: Las rocas más antiguas expuestas en el cañón del Colca (> 540 millones de años)

La historia geológica regional, donde se encuentra el valle del Colca, se remonta a más de 540 millones de años en el pasado. Durante este largo período ha cambiado mucho en su aspecto geográfico, relieve y clima. Reconstruir esta dilatada historia es

difícil. Una de las rocas más antiguas que existen en nuestro país se encuentra en el cañón del Colca. Se trata de un complejo de facies metamórficas compuesto por gneis bandeados, anfibolitas, facies de gneis/granulitas (ortogneis, migmatitas y esquistos), caracterizados por el foliado y el bandeo en las rocas. Este conjunto complejo de rocas metamórficas e ígneas es conocido como **Complejo Basal de la Costa**, que afloran en una porción importante en el cañón (cuadrante NE del cuadrángulo Huambo)<sup>13</sup> que es parte del macizo de Arequipa y que tiene edades entre 1300 a 2000 M.a., constituyendo la unidad estratigráfica más antigua del territorio peruano a la fecha. El gneis se comporta como una roca compacta, con estructuras ondeadas bien definidas: facies de granulitas. Estas facies metamórficas se les correlaciona con el macizo expuesto en los alrededores de la ciudad Arequipa, como también los afloramientos encontrados en las zonas de Aplao y Chuquibamba en los valles de Majes y río Grande, respectivamente, para mencionar los más cercanos. Se le atribuye una edad precámbrica (más de 540 millones de años). Localmente en la zona de Choco, Torres (2008) lo denomina **Complejo Metamórfico Majes-Colca**<sup>14</sup> (Fotografía 4.1); aquí infrayace con discordancia angular a la Formación Socosani y a lavas del Barroso que descienden del Hualca Hualca.



**Fotografía 4.1** Facies metamórficas encontradas en la carretera que desciende hacia el cañón del Colca y conduce al poblado de Choco, margen izquierda del río Colca (UTM: 815828 E; 8273039 S).

<sup>13</sup> El basamento precámbrico en la Costa Sur de Perú fue denominado inicialmente como «Gneis de Charcani» (Jenks, 1948), el cual aflora en la ciudad de Arequipa (cañón del río Chili). Posteriormente, Bellido & Narvaez (1960) lo denominan Complejo Basal de la Costa, al describir secuencias de gneis y esquistos asociados con granitos rojos y dioritas gnéicas que afloran en la zona de Atico. Finalmente, Cobbing y Pitcher (1972) le dieron el nombre de «Macizo de Arequipa», para los gneis de la Costa Sur y Cordillera Occidental de Perú.

<sup>14</sup> Describe un conjunto compuesto por gneises dioríticos, tonalíticos y anfibolitas, que infrayacen a esquistos y pizarras del Grupo Ongoro. Señala además que estas unidades se extienden hacia Chuquibamba, donde gradan a anfibolitas de grano medio a fino y están asociadas a metatonalitas y migmatitas. El gneis expuesto en esta zona del cañón del Colca es un ortogneis granítico gris verde con grandes ojos de cuarzo-feldespato. Asimismo, describe para el sector de Ajpi, gneis intruidos por un granito rosado compuesto por ortosa, plagioclasa, cuarzo biotita y escasa hornblenda; dicho intrusivo se le considera parte integrante del complejo metamórfico (Caldas, 1993).

#### 4.2.2 Transgresión mesozoica durante el Jurásico Medio (174 a 163 Ma)

No se tienen evidencias del período Paleozoico y Triásico en el área del cañón del Colca. Probablemente, durante esta época, esta zona estuvo expuesta y conformaba un alto estructural. Los estratos paleozoicos más cercanos reconocidos en el área se encuentran en el sector Ongoro-Huatiapa (valle de Majes), a escasos 5 km aguas abajo<sup>15</sup>. Las manifestaciones de esta transgresión se iniciaron a principios del Jurásico inferior asociado a un volcanismo, el cual queda evidenciado por afloramientos reducidos y alargados de dirección andina conocidos como **Formación Chocolate**, expuestos en el sector Andamayo, margen derecha del río Colca y al suroeste del cerro San Cristóbal, donde se encuentra formando el eje de un anticlinal, y cortado por

granitos más recientes. Su litología está compuesta por brechas y coladas volcánicas andesíticas de coloración verdosa con intercalaciones sedimentarias. El espesor aproximado puede llegar a los 200 m (Romero & Ticona, 2003). Sobreyaciendo concordante a los volcánicos Chocolate y cortados por intrusivos (o en discordancia angular con rocas precámbricas) se encuentran afloramientos de estratos de limoarcillitas de color gris oscuro a negro, laminadas, con abundantes nódulos calcáreos, intercaladas con estratos de areniscas macizas de grano fino y algunos cuerpos lenticulares de calizas negras, como las que se aprecia en el sector Andamayo, San Cristóbal y también en las cercanías de Canco, en el fondo del cañón del Colca que corresponde a la parte superior de la formación (Fotografía 4.2). Esta secuencia se le conoce como **Formación Socosani**, cuya localidad típica se encuentra cerca de Yura, Arequipa.



**Fotografía 4.2** Afloramientos de calizas y margas de la Formación Socosani en el sector de Canco, cañón del Colca (A); el detalle muestra los estratos delgados (B).

<sup>15</sup> El Grupo Ongoro está constituido por rocas de metamorfismo regional de bajo grado, que afloran en los cerros de Ongoro (margen derecha del río Majes). Litológicamente, está compuesta hacia la parte inferior por metavolcánicos esquistosos grises y gris verdosos de composición andesítica, intercalados con pizarras y esquistos grises. Hacia la parte superior se compone de esquistos y pizarras gris oscuras a negras, con esporádicos estratos delgados de cuarcitas gris verdosas (Romero & Ticona, 2003).

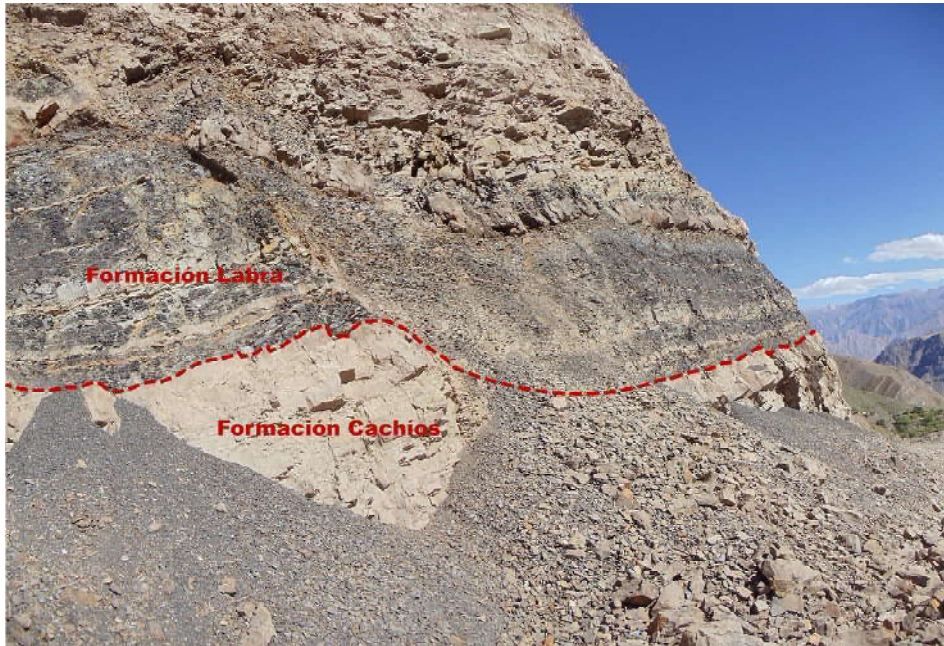
### 4.2.3 Ambiente marino-litoral en el Jurásico-Cretácico (157 a 129 Ma)

Las rocas sedimentarias más expuestas en el área corresponden al denominado Grupo Yura, cuyos afloramientos presentes en su localidad tipo se prolongan hasta el valle del Colca (quebrada Huambo, río Colca, cerro Canco, entre otros afloramientos reducidos hacia la parte alta, cerca de Maca, Chivay, Sibayo, entre otros). La secuencia estratigráfica regional engloba de la base al tope más de 1100 metros de areniscas cuarzosas, pardas, grises y verdosas, de grano medio y sin estructuras sedimentarias visibles con intercalaciones de paquetes de limoarcillitas de color gris oscuro a negro (**Formación Puente**), con fuertes buzamientos y formando plegamientos (Fotografía 4.3).

Le sobreyacen 350 metros de limoarcillitas grises a negras, muy fisibles, con presencia de nódulos arenosos o de óxidos de hierro y a veces estructuras de *slump* en las areniscas, sin presencia de fósiles (**Formación Cachíos**; Figura 4.4). Encima se tiene la formación arealmente más expuesta, compuesta por 1200 m de espesor de areniscas intercaladas con limoarcillitas de color gris oscuro a negro conocidas como **Formación Labra**, igualmente sin restos fósiles, que se puede apreciar en los sectores de Chinini (Figura 3), río Colca, cerros Santa Cruz, Tururunca y Huanaquituyoc, así como también aguas arriba de Sibayo (Fotografía 4.5), aflorando en ambas márgenes del río Colca, formando colinas estructuralmente plegadas, con buzamientos pronunciadas en las capas, que dan origen a pequeñas cuevas y rellanos, por erosión diferencial.



**Fotografía 4.3** Camino Huambo-Canco. Afloramientos de arcillitas con capas de areniscas de la Formación Puente (A); el cauce del río Huambo transcurre contando capas subverticales formando rápidos y cascadas (B).



**Figura 4.2** Afloramiento en la margen izquierda del río Huambo (corte de carretera en construcción Huambo-Canco) donde se aprecia el contacto litológico entre las areniscas de la Formación Cachíos (inferior) y secuencias de areniscas con paquetes de limoarcillitas de la Formación Labra



**Fotografía 4.4** Afloramientos de areniscas de la Formación Labra, en la margen derecha del río Colca, aguas arriba de Sibayo, vista hacia el noroeste

Hacia la parte superior del grupo sedimentario se encuentran franjas alargadas de limoarcillitas grises, moradas, verdes y rojas, a veces con nódulos calcáreos, intercaladas con areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, grises a blancas y calizas de color gris claro a

oscuro (**Formación Gramadal**). Afloramientos de esta unidad se exponen entre Huambo y Chinini (Fotografía 4.5) y más extensamente al oeste de Huambo. Se les estima un grosor de 100 m y una edad del Kimmeridgiano superior- Titoniano<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Fósiles de *Astrocoenia* de posible edad Kimmeridgiano-Neocomiano fueron reportados por Jenks, W. en 1948 (en Benavides, V., 1962). En la zona de estudio Romero & Ticona reportan la presencia de restos de *Cladophlebis denticulata* (BRONGNIART) que implican el Jurásico-Cretácico, *Otozamites* cf. *O. neumanni* ZEILLER del Neocomiano inferior, *Otozamites* sp. del Neocomiano y fragmentos de tallo Equisetales ind. Del Jurásico Cretácico. Por ello, se le asigna una edad del Kimmeridgiano superior – Titoniano.



**Fotografía 4.5** Secuencias arcillosas abigarradas de la Formación Gramadal en un corte de la carretera Huambo-Cabanaconde, sector Chinini

El tope de esta unidad sedimentaria silicoclástica está conformado por la **Formación Hualhuani**. Los afloramientos encontrados en el río Colca, cerro Tururunca y cerro Padreyoc pueden alcanzar los 200 metros de espesor. Están compuestos por areniscas cuarzosas maduras, de grano fino a grueso, blancas a rosadas, con laminaciones oblicuas, curvas, planas y horizontales e intercaladas con limoarcillitas negras a marrones. También se encuentran afloramientos aislados de esta unidad en la carretera hacia Coporaque, entre Maca y Pinchollo (sector del túnel), entre

Madrigal y la mina Madrigal (capas de limoarcillitas), así como en el tramo entre Chivay y los baños termales La Calera (figuras 4.4 y 4.5; Fotografía 4.6). Las capas o estratos de areniscas, generalmente, son medianos, de una coloración beige y una tonalidad por intemperismo de color marrón rojizo, generalmente fracturadas. En las capas de areniscas del Hualhuani, afloran las aguas termales de La Calera. En este sector infrayacen a las capas Rojas Murco y secuencias de flujos de lavas del Tacaza (Figura 4.4).



**Fotografía 4.6** Secuencias plegadas de la Formación Hualhuani expuestas cerca de Coporaque (A) y estratos horizontales cerca de Madrigal (Margen derecho del río Colca, B)



**Figura 4.4** Margen izquierda del río Colca en el sector de Baños La Calera, donde aflora una secuencia del tope del Grupo Yura (areniscas Hualhuani), que infrayacen a las capas rojas Murco y secuencias volcánicas en la parte superior



**Figura 4.5** Valle del río Huambo, visto aguas arriba. Se aprecia una secuencia sedimentaria compuesta por capas de las formaciones Puente, Cachíos y Labra, aparentemente transicional



#### 4.2.4 Regresión leve en el Cretácico Inferior con sedimentación litoral y continental (129 a 105 Ma)

Un levantamiento progresivo del área condicionó la presencia de zonas emergidas expuestas a procesos superficiales o continentales. Estas condiciones a su vez originaron la erosión de zonas montañosas expuestas y la acumulación en las laderas de piedemontes, valles y depresiones de capas rojas continentales provenientes de los torrentes fluviales, los cuales dieron lugar posteriormente a la formación de capas de limoarcillitas, limolitas, areniscas, calizas, yesos y de algunas capas de

microconglomerados. En conjunto esta secuencia estratigráfica alcanza unos 400 m, que sobreyace casi concordante a las areniscas Hualhuani (Figura 4.6). En el área del cañón del Colca están expuestas alrededores de Huambo, entre la localidad de Soporó y el cerro Jencho, así como en el sector de La Calera (Chivay) y con mayor distribución areal e infrayaciendo a las calizas Arcurquina al oeste de la localidad de Huambo. Se les conoce en la estratigrafía regional del sur peruano como **Capas Rojas Murco**, de edad albiana<sup>17</sup>.



**Figura 4.6** Vista panorámica en la margen izquierda del río Huambo, sector adyacente y aguas arriba de Huambo. Secuencia estratigráfica plegada que muestra secuencias del Hualhuani, Murco, Arcurquina y Ashua. Se distingue una estructura anticlinal y una colada de lava fisural que desciende hacia el valle, formando levés

#### 4.2.5 Nueva transgresión y ocupación de un mar somero en el Cretácico Superior (105 a 86 Ma)

Un mar relativamente somero con paulatino y progresivo ingreso hacia el continente cubrió la zona del Colca durante el Cretácico superior, condicionándose progresivamente una mayor profundidad durante el Albiano medio (100 a 105 millones de años). Las condiciones de profundidad del mar generaron la acumulación y

precipitación de carbonatos de calcio, que dieron lugar a la formación de capas de calizas gris oscuro a gris azulado y margas; Se tiene presencia de algunas calizas arenosas amarillentas (calcarenitas), y abundantes nódulos de *chert* negro y beige, con contenido de fósiles (Figura 4.6, fotografías 4.7 y 4.8), que son conocidas como **Formación Arcurquina**. Pueden alcanzar espesores de hasta 600 m en conjunto. Los fósiles encontrados le atribuyen una edad comprendida entre el Albiano medio-Turoniano<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> Algunos fósiles encontrados por Romero & Ticona (2003) fueron estudiados por Lidia Romero en Ingemmet. Se trata de: *Fimbria lucinoides* GERHARDT que indican una edad Albiana. Por estar sobreyaciendo a la Formación Hualhuani asignada al Neocomiano, a las capas rojas Murco se les asigna una edad Barremiano-Albiano inferior a la zona de estudio (Romero & Ticona, 2003).

<sup>18</sup> Benavides, V. (1962) reportó en esta formación cuatro asociaciones fosilíferas distintivas como *Exogyra minus* (Albiano medio); *Tetragramma malbossi* (Agassiz) y *Holactypus* (*Caenholactypus*) *planatus* var. *Numismalis* (Albiano superior); *Neolobites* sp. (amonite); *Salenia* (equinoideos) del Cenomaniano \*superior; *Hemiaster* cf. *Texanum*, que indican una extensión al Turoniano y aún Coniaciano (Romero & Ticona, 2003).



**Fotografía 4.7** Calizas Arcurquina con detalles de presencia de nódulos en sus capas, generalmente, medianas a gruesas



#### 4.2.6 Retiro paulatino del mar cretácico, lagunas y abanicos aluviales en el Cretácico Superior (86 a 66 Ma)

La región andina sur sufrió un levantamiento regional, que originó paulatinamente el retiro del mar cretácico. Este período, bajo estas condiciones en este lugar, generó la acumulación de sedimentos netamente de origen continental (aluviales y lagunares), iniciándose con depósitos de ambientes de regresión marina. En esta época, se depositan niveles de limo-arcillitas, limos, areniscas, yesos y calizas y algunos estratos de conglomerados, netamente de origen aluvial. La formación de algunos cuerpos de agua o lagunas

salobres propició la formación de capas de yeso evaporíticos y niveles calcáreos, que en conjunto son conocidos como **Formación Ashua**. Afloramientos alargados, paralelos a las estructuras presentes en el área de rumbo andino (NO-SE) se exponen en los sectores de pampa Mulapampa (Fotografía 4.9), Ashua, cerros Rodríguez y Chachacumayoc. Sobreyace este conjunto sedimentario con discordancia erosional a las calizas Arcurquina llegando alcanzar aproximadamente 400 m de espesor. Romero & Ticona (2003) señalan la presencia en esta formación de fósiles de gasterópodos, amonites que corresponden al Cretácico superior<sup>19</sup>.



**Fotografía 4.8** Secuencias de la Formación Arcurquina con abundantes restos fragmentados de fósiles marinos

<sup>19</sup> Caldas (1993) reporta la presencia de fósiles en el miembro inferior de esta unidad como Echinoidea, género *Psammechinus* sp. (reportado por primera vez en Perú) asociado a la *Tissotia steimani*. Otros fósiles encontrados son: *Natica* y *Natica* sp., *Euspira* /*Agassiz*) y *Euspira* sp; *Acteonella* sp. y *Nerinea* sp., asociados a la *Tissotia Steimani*. Los fósiles recolectados el 2003 que fueron estudiados por Lidia Romero en Ingemmet son: *Tylostoma* f. *T. Cossoni* THOM PER, *Natica* sp. y *Exogira arietina* F. ROEMER, *Flavelia desvauxi* COQUAND, *Vepricardium pulehrum* BRUGEN.



**Fotografía 4.9** Secuencias de la Formación Ashua en la margen izquierda de la quebrada Sen Sen, al este de Huambo (A); detalle de las areniscas de la Formación Ashua en la fotografía derecha (B)

#### 4.2.7 Levantamiento y primera fase de la tectónica andina: cuerpos intrusivos cretácico-paleógenos y sedimentación continental Huanca del Paleógeno (66 a 28 Ma)

En el intervalo Cretácico superior y principios del Paleoceno, la región del Colca fue afectada por intensos esfuerzos tectónicos compresivos. Estos primeros movimientos del Ciclo Tectónico en los Andes (Steinman, 1930) son conocidos como «Fase Peruana» y en especial en la zona sur, particularmente en la región Arequipa,

sucede un cambio en el tipo de sedimentación. Con el retiro definitivo de los mares, sucede una sedimentación marcada de tipo continental. El levantamiento y la formación de la cordillera generaron una serie de estructuras y replegamientos en los estratos sedimentarios, originándose un conjunto de pliegues anticlinales y sinclinales como los que se pueden apreciar en grandes superficies en el sector de Huambo (entre Huambo y Canco), principalmente, en el lado oeste y norte, que afectan a toda la secuencia jurásico-cretácica (figuras 4.7 y 4.8). Asimismo, se relacionan a esta etapa geológica, la presencia de algunos cuerpos intrusivos del batolito del flanco occidental andino (Figura 4.9).



**Figura 4.7** Plegamientos anticlinales y sinclinales en secuencias de la Formación Puente, observados en el valle de Huambo (entre Huambo y Canco). Se nota igualmente replegamientos en las secuencias de lutitas o limoarcillitas



**Figura 4.8** Ejemplos de algunos plegamientos en los estratos de la Formación Puente, expuestos en el valle de Huambo, sinclinales abiertos (izquierda) y en chevron (derecha)

La sedimentación durante una zona con tectónica activa importante generó la sedimentación de conglomerados, areniscas, limoarcillitas y algunas brechas volcánicas, conocidas como Formación Huanca que afloran de manera reducida en la quebrada Sen Sen (sureste de Huambo)<sup>20</sup> y en el límite suroeste del área de estudio que colinda con la quebrada Uchca pampa (cerro Parapunta), donde cubren discordantemente a las formaciones Ashua y Arcarquina. Romero & Ticona (2003) diferencian en esta formación tres

miembros: Querque, Huasamayo y Tarucani. Los afloramientos en el área están compuestos por conglomerados polimícticos con clastos subredondeados a subangulosos de areniscas, calizas, intrusivos y gneises. No se encuentra fauna fósil alguna que permita datar la edad de esta formación; sin embargo, por encontrarse en discordancia angular sobre la Formación Ashua se le asigna una edad probable del Eoceno – Oligoceno inferior (Figura 4.10).



**Figura 4.9** Vista desde el sector de Unca pampa del contacto litológico entre intrusivo granodiorítico y secuencia sedimentaria de las formaciones Puente y Cachios, en la margen derecha del río Colca

<sup>20</sup> La Formación Huanca fue definida por Jenks, W. (1948). Presenta sus mayores afloramientos en la localidad homónima de Huanca, ubicada al sureste de la zona de estudio.



**Figura 4.10** Vista al suroeste desde la carretera Huambo-Pedregal (Majes). Planicie volcánica en el sector de Uchca pampa, circundada por colinas sedimentarias donde se distinguen las secuencias cretácicas de las formaciones Arcuquina y Ashua (anticlinal de Pucaaguada), solapadas por secuencias de la Formación Huambo del Paleógeno (cerro Parapunta)

#### 4.2.8 Levantamiento tectónico e intensa actividad volcánica en el Mioceno: La fase volcánica Tacaza (Entre 23 y 13 Ma)

Durante el Mioceno inferior, se produce el levantamiento tectónico e intensa actividad volcánica en todo el sur de Perú, proceso que afectó también la zona del Colca. Dicho volcanismo dio origen al Grupo Tacaza<sup>21</sup>, conformado por potentes secuencias de flujos de lava intercaladas con ignimbritas y volcanoclásticos (Sébrier, *et al.*, 1988; Tosdal, *et al.*, 1981; Schildgen, *et al.*, 2005; Thouret, *et al.*, 2007; Thouret, *et al.*, 2008). Se tienen importantes afloramientos de esta unidad en ambos márgenes del Colca, entre Chivay y Huambo. Su expresión morfológica corresponde a laderas con frentes abruptos a moderados de montañas muchas veces «amesetadas» debido a la disposición subhorizontal de sus capas y hasta zonas mixtas con montañas estructurales, con frentes terminales escarpados. En la zona oeste, en la margen izquierda del río Colca (sector Ucuchacas y entre los cerros Ontacota y Jalhua; al oeste de Cabanaconde), aflora la secuencia diferenciada por Caldas (1993) como Miembro Santa Rosa de la Formación Orcopampa, Grupo Tacaza, la cual se encuentra rellenando paleorelieves. Romero & Ticona (2003) describen una secuencia de brechas y coladas volcánicas andesíticas que en algunos casos

se intercalan en forma de lentes; secuencias de conglomerados, areniscas y lutitas. Esta unidad alcanza grosores de hasta 600 m. Cerca de la laguna Mucurca aflora el miembro Manto de la Formación Orcopampa diferenciada también por Caldas. Se trata de tobas blanquecinas y rosadas que se alteran y meteorizan en tonos amarillentos y blanquecinos<sup>22</sup>. En la parte inferior, describen también en este sector brechas y coladas volcánicas de color gris violáceo a verde, correspondiendo a andesitas y dacitas (en conjunto se estiman 400 m).

Con mayor extensión en esta área, el Grupo Tacaza se expone en ambos márgenes del río Colca entre Cabanaconde-Chivay-Tuti. Un afloramiento importante con grandes farallones verticales corresponde al cañón del Colca (margen derecha) que alcanza hasta 2000 metros de altura, cubiertos por lavas del estratovolcán Mismi, así como en la margen izquierda ocupando el fondo del cañón y llegando hasta alturas menores a 400 metros. En esta margen, las secuencias Tacaza infrayacen a potentes secuencias lávicas del estratovolcán Hualca Hualca. Ejemplos de las lavas Tacaza pueden ser apreciados en el ascenso que conduce al sector de Chimpa e igualmente en el mismo cañón donde pueden verse de cerca estructuras columnares características en las lavas (fotografías 4.10 y 4.11).

<sup>21</sup> Newell (1949) denominó Grupo Tacaza a un conjunto de rocas compuesto por basaltos y arcosas en la parte inferior y aglomerados de andesita con tobas dacíticas en la parte superior, que afloran en la mina Tacaza, distrito Santa Lucía, Puno.

<sup>22</sup> Muestras recolectadas por Romero & Ticona (2003) describen a unas tobas de lapilli, porfíricas, criptocristalinas con plagioclasas, pómez, cuarzo, líticos y biotitas



**Fotografía 4.10** Vistas del sector de Chimpa, margen derecha del río Colca, en el tramo inicial del cañón, con afloramientos del Grupo Tacaza



**Fotografía 4.11** Lavas oscuras (fotografía izquierda) y la estructura columnar típica (fotografía derecha) en los volcánicos Tacaza

En la margen izquierda del valle existe una mayor continuidad del Tacaza, ocupando las laderas inferiores, como también algunos «puntos» de roca que llegan hasta el mismo cauce del río como en el sector de Yanque (corte de carretera) y frente a Tuti (bocatoma Tuti). Corresponde al substrato rocoso de naturaleza volcanoclástica pre-Huarancante, compuesto por brechas y coladas volcánicas, tobas, con intercalaciones de secuencias sedimentarias (conglomerados, areniscas y lutitas). Hacia el tope

se presentan lavas andesíticas. Las secuencias lávicas y de brechas presentan una alteración verdosa a marrón violácea. Las secuencias sedimentarias predominan hacia unos pocos 4 km al este del sector de Tuti donde han sido diferenciadas como Unidad Orcopampa, extendiéndose hasta Sibayo. Aquí se pueden encontrar niveles estratificados de conglomerados (ligeramente plegados) y secuencias arcillosas con estructuras sedimentarias (figuras 4.11, 4.12 y 4.13, fotografía 4.13).

Hacia aguas arriba de la mina Madrigal y hasta el sector de Sibayo-Callalli, el Tacaza presenta menores espesores, la pendiente en sus afloramientos es moderada y forma parte del substrato que infrayace a las secuencias volcánicas lávicas de los centros

volcánicos Mismi (margen derecha del Colca; sector Madrigal-Coporaque), así como el tramo de laderas inferiores del valle entre Maca-Chivay-Callalli (margen izquierda).



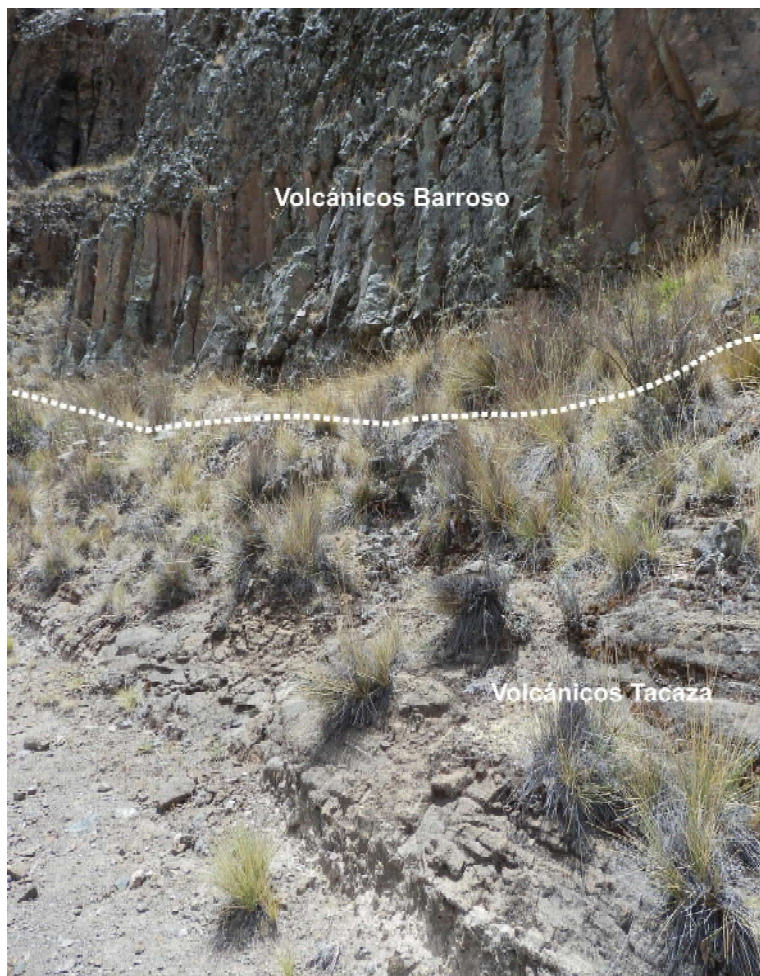
**Figura 4.11** Secuencias plegadas del vulcanismo Tacaza, con buzamiento regional hacia el sureste, expuestas en la margen izquierda del Colca entre Tuti, Canocota, en dirección hacia Chivay. Al fondo en el sector de Pampa Antapampa Anta, discordantemente, se encuentran coronadas por secuencias volcánicas más jóvenes



**Fotografía 4.12** Detalle de las secuencias volcánicas encontradas en el sector de Tuti (Camino Tuti – Pumunuta), fracturadas y moderadamente meteorizadas.



**Fotografía 4.13** Secuencias sedimentarias que se intercalan en las unidades volcánoclasticas de la Formación Orcopampa, expuestas entre Sibayo y Tuti. Se aprecian las estructuras sedimentarias de ondulitas.



**Figura 4.12** Contacto discordante entre secuencias estratificadas de los volcánicos Tacaza (secuencia inferior) y lavas con estructura columnar del Grupo Barroso del complejo volcánico Mismi (secuencia superior), sector Tuti.





**Figura 4.13** Vista aguas abajo del valle del Colca, desde el sector Pusa Pusa (Tuti), un típico valle en forma de «V». Se distinguen las márgenes del valle con diferentes tipos de formaciones geológicas: 1) Grupo Tacaza en la margen izquierda (PN-ta) ligeramente plegadas; 2) Lavas de la primera generación del Grupo Barroso que descienden del complejo volcánico Mismi (Np-cvm/an1), en la margen derecha (discordantes sobre los volcánicos Tacaza), distribuidas en forma subhorizontal con frentes escarpados; 3) Lavas fisurales asociadas al vulcanismo Andagua ocupando el valle y formando mesetas volcánicas. Hacia el fondo se distingue el complejo volcánico Ampato-Sabancaya



**Fotografía 4.14** Puntones de ignimbritas en el puente ubicado en la carretera entre Yanque y Coporaque. Vista aguas abajo en el río Colca.



**Fotografía 4.15** Afloramientos de aglomerados volcánicos en un tramo de la carretera principal que accede hacia la localidad de Chivay. Se distingue de cerca (fotografía izquiera) fragmentos líticos de tamaños entre 8-10 cm de diámetro

Durante el Mioceno medio-superior se tienen afloramientos volcánicos que se correlacionan con los períodos volcánicos Palca y Sillapaca (24-18 Ma y 13-10 Ma), respectivamente. Están expuestos en el sector este del área de estudio, específicamente entre Sibayo y Callalli. Se trata de depósitos piroclásticos

compuestos por tobas cristalolíticas y de cristales con clastos de cuarzo, plagioclasa y fragmentos líticos en una matriz vítrea (Fm. Palca) y flujos de bloques y cenizas, soldados (Fm. Sillapaca). Morfológicamente, forman planicies disectadas con frentes o acantilados verticales (Fotografía 4.16).



**Fotografía 4.16** Secuencias horizontales de ignimbritas de la Formación Palca, al este de Callalli, sector de los "Castillos de Callalli"

#### 4.2.9 Primera generación de estratovolcanes del Plioceno: Volcanismo Barroso inferior (entre 6 y 4 Ma)

Entre 6 y 4 Ma se emplazaron los primeros estratovolcanes y complejos volcánicos de la zona de estudio, los que han sido correlacionados cronoestratigráficamente con el Grupo Barroso inferior (Thouret *et al.*, 2008), reflejando una intensa actividad volcánica efusiva y piroclástica extendida en gran parte el sur del país. Son ejemplos de ello los complejos volcánicos erosionados de Huaracante y Ananta, ubicados al sur del río Colca (margen izquierda), así como los edificios volcánicos Mismi y Bomboya, ubicados al norte del río Colca, margen derecha. Estos volcanes emplazaron voluminosas secuencias de flujos de lava, ignimbritas y volcanoclastos, que en gran medida se depositaron en el área donde hoy discurre el río Colca. Los edificios volcánicos poseen

alturas superiores a los 5000 m s.n.m., limitan en ambos márgenes la divisoria de aguas del río Colca en su parte central y su disposición geológica controla la dirección principal del valle del Colca (Fotografía 4.17, Figura 4.14 y Figura 4.15).

Los depósitos del complejo volcánico Huaracante pueden apreciarse desde el sector de Patapampa (Mirador de los volcanes, descendiendo hacia el valle del Colca. Sobreyaciendo a los volcánicos Tacaza y la Formación Murco se pueden diferenciar secuencias de piroclastos que forman planicies disectadas y secuencias lávicas con laderas más abruptas. Así mismo se tienen reducidos depósitos volcánicos del centro eruptivo Ananta<sup>23</sup>, los cuales son diferenciados en la parte alta de Achoma. Estos sobreyacen a las secuencias Tacaza e infrayacen a tobas del Huaracante.



**Fotografía 4.17** Sector Patapampa, sitio de afluencia de turistas que visita el valle del Colca. Superficie plana con substrato volcánico piroclástico que proviene del estratovolcán Huaracante



**Figura 4.14** Vista al noreste. En primer plano, secuencias estratificadas volcanoclasticas del Tacaza, solapadas en la parte superior por secuencias lávicas del complejo volcánico Huaracante (NQ-hua/ap1) en la pampa Ichocollo

<sup>23</sup> La ubicación del centro eruptivo Ananta se encuentra ligeramente fuera del área de estudio al sur del área evaluada.

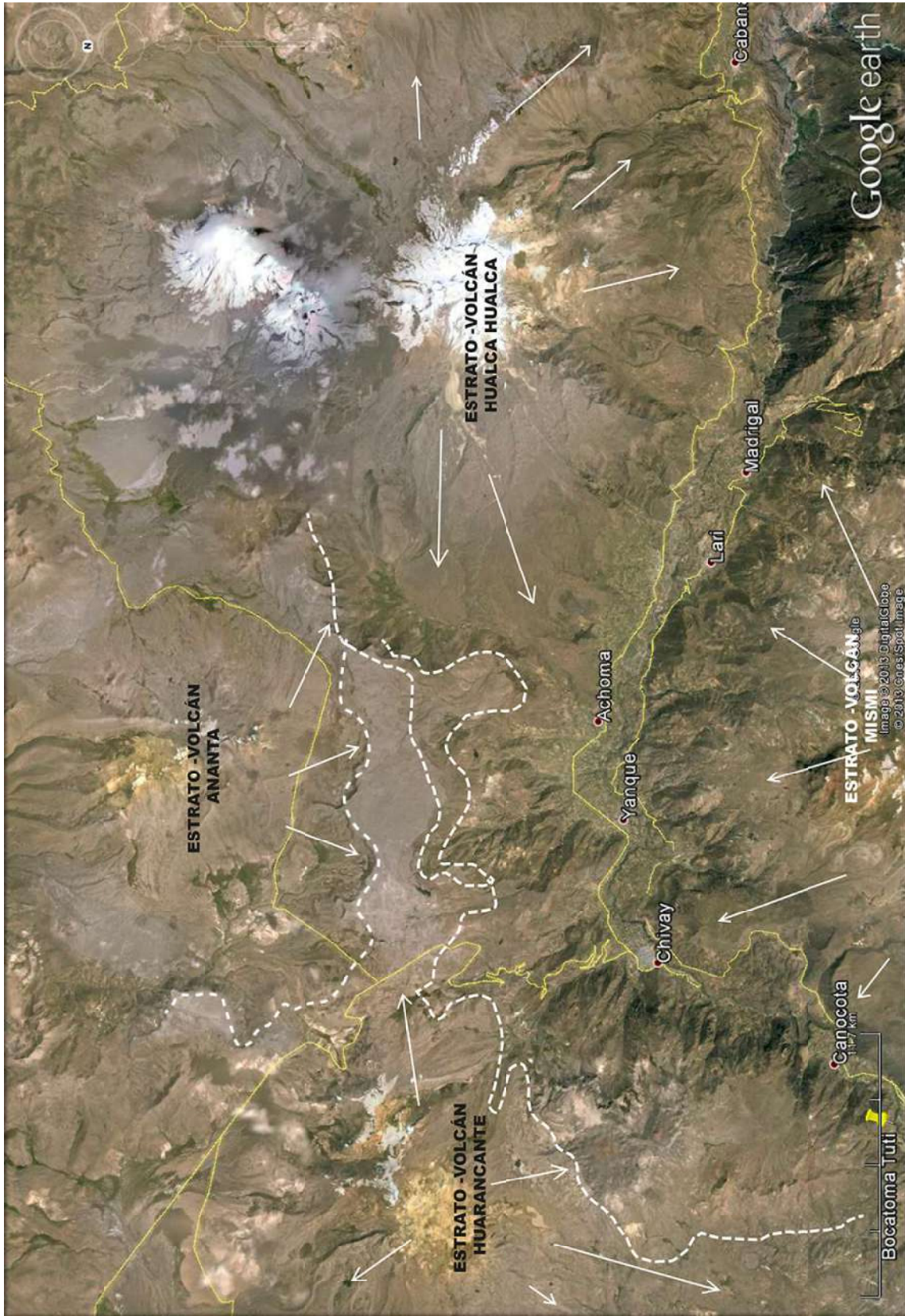


Figura 4.15 Imagen satelital vista hacia el norte que muestra en forma aproximada la distribución de productos volcánicos emanados por los volcanes Huarancante y Ananta. Se aprecia, además, los estratovolcanes Hualca Hualca y Mismi.

De esta misma generación se encuentran los productos volcánicos expuestos grandemente en la margen derecha del Colca, entre aguas arriba de Tuti (al este) y cerca de Cabanaconde, al oeste. Corresponden a las formaciones geológicas diferenciadas como centro eruptivo los estratovolcanes Mismi-Bomboya compuestos mayormente por productos lávicos. Se diferencian dos generaciones de lavas: la primera mayor expuesta en dirección sureste y suroeste, en los sectores entre Coporaque-Tuti, mostrando frentes escarpados hacia el valle del Colca y laderas con pendiente moderada de coladas lávicas; llegando algunos levé de coladas de lavas como los que se aprecian entre Lari y

Madrigal. La segunda generación se expone entre Madrigal-Cabanaconde, expuesta principalmente en dirección suroeste, sobreyaciendo mayormente a los volcánicos Tacaza. Se sobreponen a estos depósitos lávicos, productos piroclásticos de la misma época relacionados a la «Caldera Cailloma» (figuras 4.16, 4.17 y 4.18).

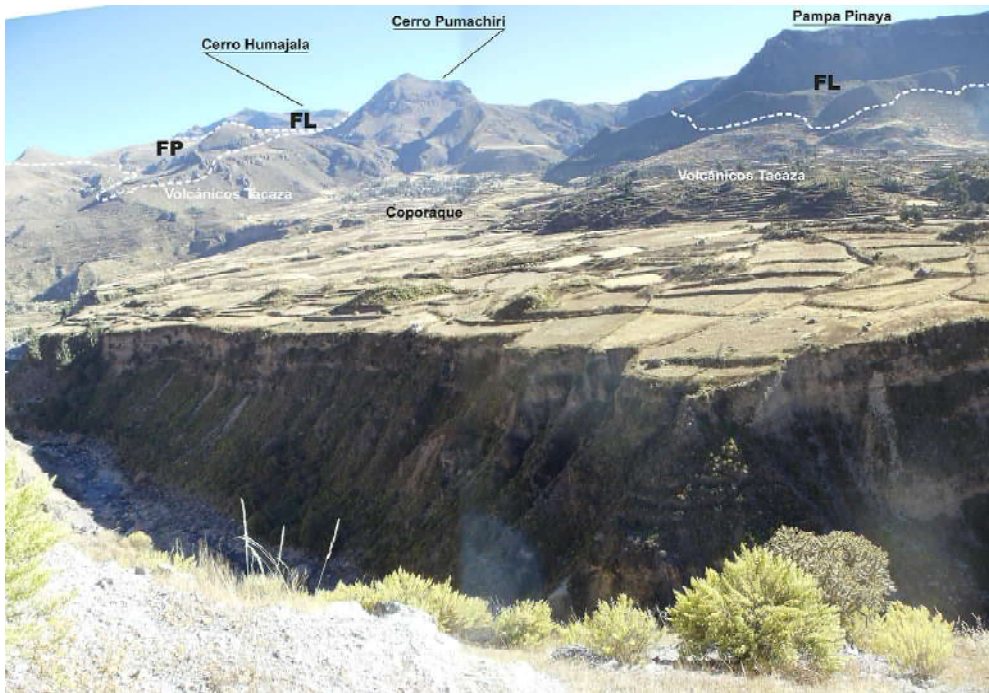
Más recientemente se han mapeado tobas de cristales no soldadas de edad Pleistoceno medio, dispersas en las laderas el sector medio del valle del Colca, entre Coporaque-Lari-Madrigal; una de ellas se expone en el sector del túnel entre Maca y Cabanaconde (Fotografía 4.18).



**Figura 4.16** Vista hacia el este desde el sector de Chimpa. Se aprecia la discordancia entre los depósitos del Grupo Tacaza (laderas inferiores) y el Grupo Barroso del complejo volcánico Mismi (laderas superiores)



**Figura 4.17** Vista hacia el norte en la margen derecha del río Colca. Sector Marcapampa que muestra un substrato rocoso compuesto por secuencias del Grupo Tacaza (laderas inferiores) y cubierto discordantemente por secuencias lávicas y piroclásticas del complejo volcánico Mismi



**Figura 4.18** Vista al noroeste; sector Coporaque. Frente de flujos de lavas (FL) en la pampa Pinaya y el cerro Humajala, así como flujos piroclásticos (FP) del complejo volcánico Mismi, que descansan discordantemente sobre secuencias de los volcánicos Tacaza.



**Fotografía 4.18** Túnel en el cerro Blanco, carretera entre Maca y Pinchollo que atraviesa secuencias de tobas del complejo volcánico Mismi.

#### 4.2.10 Segunda generación de estratovolcanes: El volcanismo Barroso superior (entre 4 y 2 Ma)

La actividad volcánica, principalmente de carácter efusiva (lávica) continúa durante el Pliopleistoceno, entre los 4 y 2 Ma. En estos tiempos se emplazan nuevos complejos volcánicos, los cuales son correlacionados con el Grupo Barroso superior (Klink, *et al.*, 1986; Thouret *et al.*, 2007). Resalta en la zona de estudio el complejo volcánico Hualca Hualca, que posee un diámetro de casi 25 km y está conformado por varios edificios volcánicos, que se levantan por encima de los 4500 m s.n.m. y alcanzan poco más de 6000 m s.n.m.

Varios flujos de lava del Hualca Hualca se emplazaron desde centros eruptivos en dirección noreste, norte y noroeste, llegando hasta donde actualmente se encuentra el valle (sector Achoma-Pinchollo) y el cañón del río Colca; específicamente entre Pinchollo-Cabanaconde-Canco (Figura 4.19); en dirección oeste hacia la laguna Mucurca y pampa Mojoampampa. Su expresión morfológica

corresponde a un edificio complejo de forma cónica, truncado por la erosión glaciaria y por procesos volcano-gravitacionales, encontrándose distante unos 15 km hacia el cañón del Colca. En el cañón descienden coladas y mesetas volcánicas lávicas con frentes o culminaciones abruptas (Figura 4.20); tramos de domos de lavas e «islas» entre coladas o flujos de lavas que encierran pequeñas depresiones o cerradas con lagunas temporales.

En los productos emitidos por este complejo volcánico se diferencian en grandes rasgos tres eventos eminentemente lávicos, uno de los cuales se extiende hacia el noroeste hasta muy cerca del sector de Cancó (margen izquierda del cañón del Colca), y por el noreste hasta el cerro Chila Cenja, encima de Achoma. En la parte media del edificio se erigen domos de lavas, sobresaliendo el que se encuentra en el cerro Ahuashune y cerro Yaritayoc, con frentes convexos de lavas de corto recorrido con dirección norte y noroeste hasta cerca de Cabanaconde. Se asocian también a este complejo volcánico depósitos piroclásticos.



**Figura 4.19** Vista hacia el sur desde el sector de Chimpa. Edificio volcánico Hualca Hualca al fondo y en primer plano el sector de Pinchollo e inicio del cañón del Colca formado por paredes abruptas compuestas de secuencias lávicas del Hualca Hualca. En líneas punteadas, se diferencian los tres eventos lávicos andesíticos.

#### 4.2.11 Cañón del Colca: Primera etapa de incisión del cañón, poco antes de 1.6 Ma

Según Thouret, *et al.* (2007), la primera etapa de incisión del cañón del Colca se produjo hace más de 1.6 Ma. Se basa en flujos de lava de la primera generación de lavas del Hualca Hualca, que tienen dicha edad y se encuentran «colgados» en el valle, llegando hasta cerca de Huambo. Entre Cabanaconde y Huambo se exponen las lavas más distales del Hualca Hualca. Los frentes

lávicos solapan secuencias de rocas metamórficas e intrusivas del Precámbrico y rocas sedimentarias Jurásico-Cretácicas que han quedado «colgadas» en las paredes abruptas del cañón del Colca. Algunas como las que se aprecian en el sector de Soro controlan la morfología y dirección del valle, haciendo que el río en este sector origine un meandro o curva de río de cerca de 4 km de longitud, y al ser más resistentes, el río se abre paso sobre las unidades sedimentarias de la Formación Puente que se encuentran debajo y más fácilmente erosionables.



**Figura 4.20** Imagen satelital del Google Earth que muestra lavas de la primera generación del Hualca Hualca. Llegan a presentarse colgadas aguas abajo de Cabanaconde como resultado de la fase de incisión o erosión del cañón del Colca. Vista E-O mirando hacia el sur.

#### 4.2.12 Colapso del flanco norte del volcán Hualca Hualca, emplazamiento de avalancha de escombros y formación del paleolago Colca, entre Pinchollo y Yanque

La actividad volcánica e hidrotermal en un edificio volcánico, hace que este presente zonas de debilidad, debido al fracturamiento generado por el emplazamiento de productos volcánicos, así como por la alteración superficial expuesta en sus flancos o zonas hidrotermalizadas (fumarolas, solfataras, etc.).

Esta característica del volcán Hualca Hualca, y otros edificios volcánicos en el país, originó que se produzca un colapso sectorial del flanco norte y genere grandes avalanchas de escombros. Los importantes afloramientos de esta gran avalancha de escombros se encuentran en el sector de Pinchollo, al este del Mirador del Cóndor, así como en las partes inferiores de los poblados de Madrigal y mina Madrigal, valle del Colca; en el

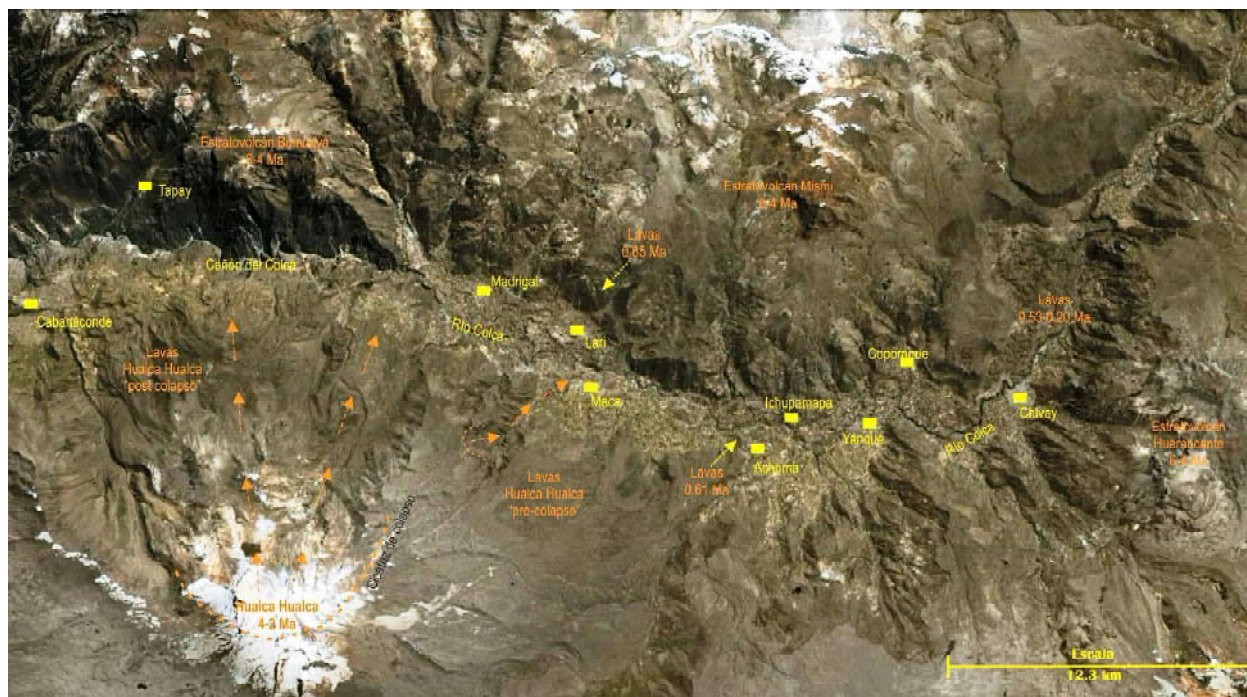
sector del cañón, se tienen exposiciones reducidas de este depósito en los sectores Sangalle, Malata, Tapay y Mirador del Cóndor, en las partes inferiores.

La hipótesis se refuerza por la presencia de una cicatriz en forma de herradura o media luna, cóncava y abierta hacia el norte del volcán Hualca Hualca<sup>24</sup> (Figura 4.21).

El emplazamiento de los depósitos de avalanchas de escombros del Hualca Hualca originó el represamiento del valle del Colca, originándose la formación de un gran paleolago de más de 15 km de largo, entre Pinchollo y Yanque. Este paleolago se manifiesta actualmente por la presencia de intercalaciones de depósitos lacustrinos compuestos por secuencias de arcillitas y limolitas que sobreyacen a los depósitos de avalanchas de escombros y afloran entre Pinchollo y Yanque, alcanzando en su parte más profunda más de 200 metros de espesor (figuras 4.22 al 4.25; Fotografía 4.19).

<sup>24</sup> Según Gómez *et al.* (2004), el volumen mínimo de esta avalancha es de 1.3 km<sup>3</sup>, cifra hallada a partir de trabajos topográficos de detalle.





**Figura 4.21** Imagen satelital en el valle y cañón del Colca que muestra los estratovolcanes del Pliopleistoceno (Mismi, Bomboya, Huarancante y Hualca Hualca); flujos de lava «colgados» datados en 0.65, 0.61, 0.53 y 0.20 Ma. Resalta en el sector izquierdo una amplia cicatriz de colapso en el Hualca Hualca que generó una avalancha de escombros.

Los depósitos de avalanchas de escombros afloran al oeste de Maca, a más de 3 km de distancia, entre Madrigal y Pinchollo. El depósito está constituido por fragmentos heterogéneos de rocas no consolidadas o pobremente consolidadas, en su mayoría bastante hidrotermalizadas y que están incluidos dentro de una matriz limo-arenosa. Los fragmentos líticos son angulosos a subangulosos, de un amplio rango de tamaños (centimétricos a más de 2.5 m de diámetro), que evidencia una mala clasificación de las partículas (Figuras 4.22 y 4.24).

En los depósitos de avalanchas de escombros se han encontrado en mayor medida las facies de matriz, y en algunas zonas restringidas también facies de bloques, pero en general originando

morfológicamente las típicas colinas de *humocks* (Figura 4.22). Los afloramientos poseen una coloración amarillo-ocre, rojiza y gris-blanquecina. Se infiere que estos depósitos provienen del flanco norte del complejo volcánico Hualca Hualca, debido a que se tiene un anfiteatro en forma de herradura en el Hualca Hualca, que se halla abierto hacia el norte, además, que estos depósitos afloran en el cañón y valle del Colca, cerca del anfiteatro antes mencionado. Según Thouret, *et al.* (2007), la incisión del valle es posterior a 1.6 Ma, debido a que flujos de lava que tienen dicha edad se encuentran «colgados» en el valle, cerca de Huambo. El emplazamiento de las avalanchas de escombros es posterior al inicio de la incisión del valle y cañón del Colca.



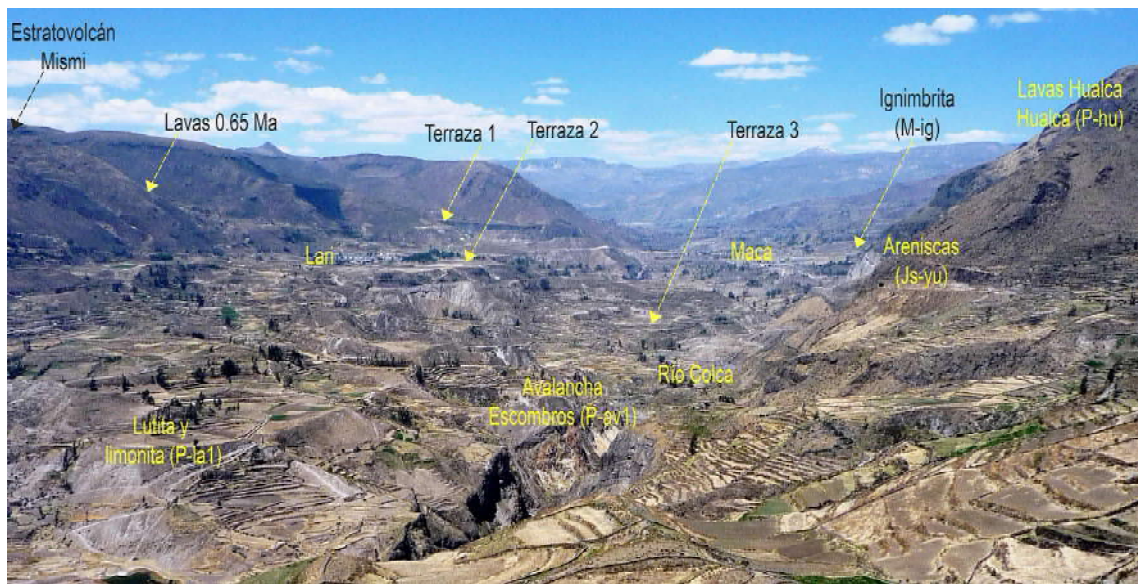
**Figura 4.22 Vista superior** Desde el mirador de Chimpa al sur, donde se distingue gran parte del depósito de avalanchas del Hualca Hualca, que represó el valle del Colca; depósitos de esta avalancha llegan a los sectores de Mina Madrigal y pie de los poblados de Lari, Madrigal y Maca. **Vista inferior** hacia el sur desde Yanaseninga (Pinchollo). Se aprecia al fondo el volcán-nevado Hualca Hualca, parte de la media luna o cicatriz de colapso que se abre y al centro en primer plano colinas o «hummocks» (C/H) típicos de una avalancha de rocas; se resalta en círculos algunos grandes bloques en estos depósitos

La localidad de Maca se ubica en el sector donde el valle es más amplio, aflorando de esta manera gran parte de los depósitos lacustres (Figuras 4.23 y 4.24). No se tiene una edad exacta de

la formación de estos depósitos, pero la secuencia lacustre se halla debajo de flujos de lava datados cerca de Achoma en 0.61 Ma (Klinck *et al.*, 1986).



**Figura 4.23** En primer plano depósitos lacustrinos del paleolago Colca; se distinguen las terrazas T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>. Al fondo ignimbritas del Mioceno (23-13 Ma), los estratovolcanes Mismi y Bomboya (6-4 Ma) y las lavas del Hualca Hualca (4-2 Ma). Vista en dirección oeste.



**Figura 4.24** En ambas paredes del valle del río Colca, las rocas más antiguas, tales como las areniscas del Jurásico superior, ignimbritas de Mioceno, lava del volcán Hualca Hualca y lavas de hace 0.65 Ma en Achoma. Dentro del valle del río Colca, afloramientos de avalancha de escombros del Hualca Hualca, así como lutitas y limolitas. También se observan las terrazas T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, como resultado de hasta dos etapas de incisión del valle del río Colca. Vista en dirección este, desde la zona de Pinchollo.

En el valle Colca Benavente *et.al.*, 2012 identificaron cinco secuencias sedimentarias de tercer orden (Figura 4.26). La primera secuencia suprayace en discordancia angular a los depósitos volcánicos del Grupo Tacaza y de los centros volcánicos Hualca Hualca y Mismi del Plioceno. Esta secuencia aflora en el tramo Chivay–Yanque–Maca, tiene un espesor de ~100 m y está compuesta por intercalaciones de limoarcillitas de color pardo con laminación paralela, niveles delgados de areniscas de grano

medio a fino, con laminaciones de tipo ripples y calizas de tipo *packstone*. En la parte central y tope de esta secuencia se observan canales de microconglomerados y areniscas de grano medio a grueso con laminaciones oblicuas, así mismo fallas sinsedimentarias y 8 niveles de sismitas, mayormente *volcanes de arena* y *slumps*, estos últimos varían entre 0.20 m a 3 m de espesor (Fotografía 4.19). Esta secuencia corresponde a una sedimentación de tipo lacustre profunda.



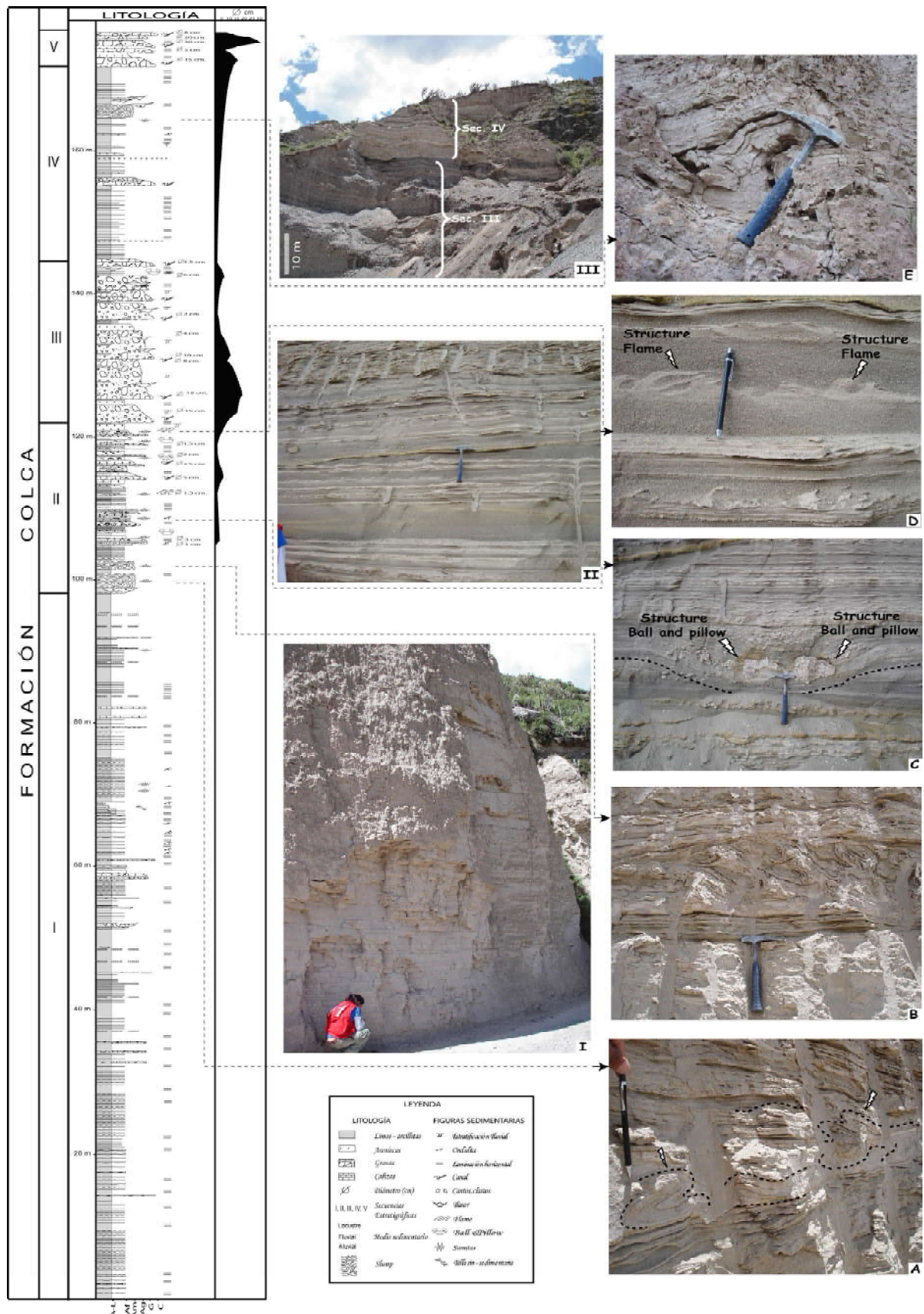
**Fotografía 4.19** Slump de aproximadamente 3 metros de espesor, donde se pueden observar las depósitos lacustres deformados, formando pliegues asimétricos con planos axiales opuestos (Foto Benavente *et.al.*, 2012).

La segunda secuencia se encuentra mejor expuesta en Ichupampa y Maca con un espesor de 30 m y está constituida por

intercalaciones de limoarcillitas de color pardo oscuro con laminación paralela, niveles de areniscas de color gris con laminaciones paralelas y oblicuas (Figura 4.25).



**Figura 4.25** Vista aguas arriba del valle del Colca. En primer plano depósitos lacustrinos de lutita y terrazas T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> (frente a Achoma; sector Marcapampa) conformadas por depósitos proluviales y aluviales. Al fondo estratovolcán Mismi de hace 4-2 Ma y lavas de hace 0.61 Ma que sobreyacen a las lutitas.



**Figura 4.26** Columna estratigráfica de los depósitos lacustres cuaternarios del valle del Colca. A la derecha se observan fotografías generales y de detalle de las secuencias de tercer orden (I, II y III) y fotografías con las estructuras deformadas «sismitas» A, B, C, D y E). Tomado de Benavente *et al.*, 2012.

Hacia el tope se observan niveles de conglomerados polimícticos con diámetros de clastos que varían entre 1 a 5 cm. Las areniscas tienen mayor espesor en comparación con la primera secuencia. Esta secuencia corresponde a una zona de transición entre los depósitos finos del lago y los depósitos aluviales provenientes de las márgenes de la cuenca, por consiguiente, sedimentológicamente corresponde a un medio lacustre marginal. Así mismo, presenta la mayor cantidad de niveles de deformación «*sismitas*», un total de 12, ubicándose las más importantes de la siguiente manera, en la base dos niveles de deformación de hasta 1.5 m de espesor cada una, donde se observan pliegues con planos axiales asimétricos, fallas normales e inversas. Estas estructuras corresponden a *slumps* que se pueden correlacionar en toda la margen de la cuenca (Fotografía 4.19); además, en la parte media a tope se observan

otras estructuras de deformación tipo *ball and pillow*, volcanes de arena, estructuras tipo *flame*.

La tercera secuencia aflora en Yanque, Lari y quebrada Collpa; está constituida en su mayor parte por conglomerados polimícticos con clastos de hasta 18 cm de diámetro; los clastos son subredondeados a redondeados y se encuentran intercalados con niveles delgados de areniscas medias a gruesas con laminaciones oblicuas y niveles de cenizas volcánicas. Esta secuencia corresponde a una sedimentación de tipo fluvial (Fotografía 4.20). Solo una estructura de deformación se observa en el tope de esta secuencia, se trata de una estructura de tipo *ball and pillow* (Fotografía 4.21).



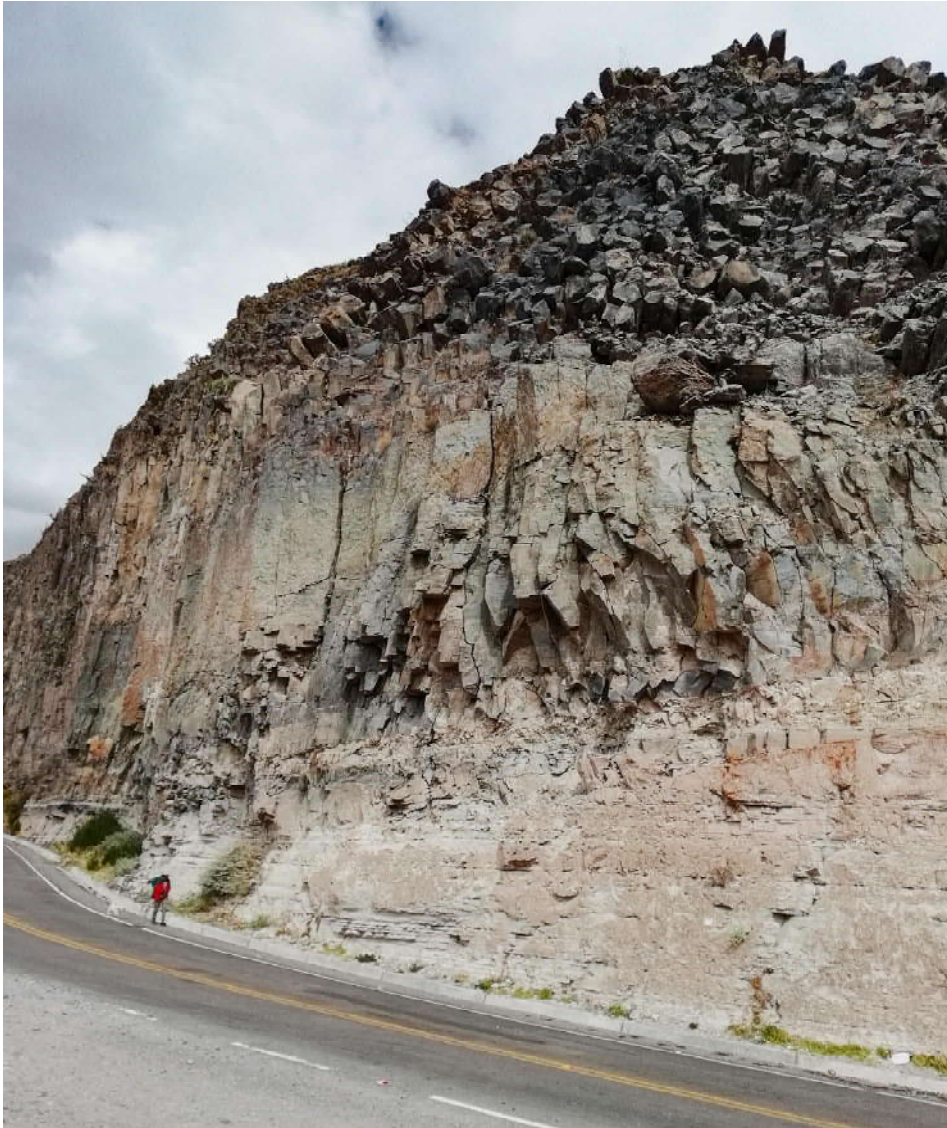
**Fotografía 4.20** En la parte inferior de la fotografía, se observan conglomerados típicos de un sistema fluvial, suprayaciendo depósitos finos laminados. Esta secuencia sedimentaria pertenece al segundo lago del valle.



**Fotografía 4.21** *Slump* de aproximadamente 1 metros de espesor, el material involucrado es básicamente arena fina con niveles finos de limoarcillitas, el despegue de este deslizamiento fueron 20 cm de arcillitas, comportándose este como un jaboncillo y facilitando el deslizamiento.

La cuarta secuencia se encuentra mejor expuesta entre Lari y Maca, tiene 30 m de espesor y está compuesta por intercalaciones de limoarcillitas con niveles delgados de areniscas finas de color gris, cenizas volcánicas blanquecinas hacia la base; así como microconglomerados y conglomerados polimícticos en la parte media. Esta secuencia corresponde a una sedimentación de tipo lacustre. Hacia el tope se observan pliegues simétricos, fallas inversas y normales que afectan las limoarcillitas y areniscas, como es en el caso de Pinchollo, donde el nivel deformado cambia

lateralmente, estando en contacto con un lente de conglomerado polimíctico con clastos angulosos a subangulosos, haciendo suponer que esta deformación estaría relacionada con el colapso del flanco suroeste del lago. En Achoma se observa en los últimos 2 metros de la secuencia (fotografías 4.22 y 4.23), ocho niveles de *slumps* intercaladas con cenizas volcánicas (Figura 4.26). Esta ritmicidad infrayace en discordancia a unas lavas andesíticas datadas por Klinck *et al.*, (1986) en 0.61 Ma.



**Fotografía 4.22** Hacia la base depósitos lacustres en donde se reconocieron 8 niveles de sismitas. Hacia el tope en contacto erosivo, lavas del Hualca Hualca datadas por Klinck *et al.* (1986) en 0.61 Ma.



**Fotografía 4.23** Slump en la secuencia IV de la Formación Colca. Fotografía tomada en Achoma.

La quinta secuencia aflora en Lari, Madrigal y Achoma, esta secuencia tiene ~35 m de los cuales solo logramos medir 8 metros por lo inaccesible de la zona, esta secuencia está compuesta por

conglomerados polimícticos con clastos subredondeados a redondeados que alcanzan un diámetro de hasta 30 cm. Esta secuencia corresponde a una sedimentación de tipo fluvial.



#### 4.2.13 Emplazamiento de flujos de lava y segunda etapa de incisión del cañón del Colca, entre 0.65 y 0.61 Ma: Volcanismo reciente

La segunda etapa de incisión del valle y cañón del río Colca se debió producir entre 0.65 y 0.61 Ma. Esta hipótesis se basa en varios flujos de lava que se encuentran «colgados» en las pendientes del valle (Figura 4.27). Son ejemplos de este proceso, flujos de lava

que afloran al oeste de Achoma, sobre depósitos lacustres datados en 0.61 Ma (Figura 4.26), y flujos de lava cerca de Yanque, datados en 0.65 Ma (Quispesivana & Navarro, 2001; Thouret, *et al.*, 2008). En esta segunda etapa de incisión, se tiene la formación de terrazas: Terraza T1 (figuras 4.23, 4.24 y 4.25), conformadas por secuencias proluviales y aluviales (abanicos), que en la zona de Maca se encuentra entre los 3400 y 3600 m s.n.m.



**Figura 4.27** Flujo de lavas que yace sobre depósitos lacustres (Fm. Colca) que ha sido datado en 0.6 Ma.; corte subvertical en la carretera entre Maca y Achoma. Se distingue la estratificación en los sedimentos lacustres. Por su importancia este lugar es un sitio de interés geológico.

#### 4.2.14 Avalancha de rocas en la quebrada Japo: Paleolago en Maca y depósito de diatomitas

En la zona de Maca y alrededores, afloran depósitos de una avalancha de rocas con limitado volumen, emplazados en superficie al oeste y noreste del poblado. Esta avalancha proviene del colapso de un pequeño sector del flanco inferior noreste del estratovolcán Hualca Hualca (Figura 4.28), específicamente, del cerro Pinchollo, formando una cicatriz semicircular de deslizamiento de 4 km de ancho, cuyo depósito se canalizó por la quebrada Japo.

La disposición en abanico del depósito de avalancha sobre el valle del Colca habría originado la formación de un pequeño

«embalse o laguna lateral» en la margen izquierda del Colca, con aportes de agua que discurrieron de sur a norte hacia el río Colca, a través del flanco norte del Hualca Hualca. En esta pequeña depresión a inmediaciones de Maca se depositaron secuencias de diatomitas (Fotografía 4.24). Los aportes de sílice estarían asociados a erupciones explosivas del volcán Ampato, ocurridos durante el Pleistoceno tardío. Estudios realizados por Mariño, *et al.*, (2012); y Rivera, *et al.*, (2012), muestran que el volcán Ampato se mantuvo activo en los últimos 0.40 millones de años. También, flujos de lava del Ampato han sido datados en  $217 \pm 5$  y  $40 \pm 3$  miles de años.



**Figura 4.28** Vistas de la localidad de Maca panorámica y de detalle, donde se distingue: Depósito de avalancha de rocas (DAR) que descendió por la quebrada Japo y que circunda el lado norte del poblado (figura superior); nótese, en la vista inferior, grandes bloques de roca de la avalancha y, en el lado izquierdo, en ambas figuras, el depósito lacustrino formado por diatomitas (DIAT).



**Fotografía 4.24** Detalle de las diatomitas en el sector este de la localidad de Maca, sobre un depósito más antiguo

#### **4.2.15 Flujos y campos de lavas fisurales en el valle del Colca asociados al vulcanismo Andagua y tercera etapa de incisión del cañón del Colca, entre 0.53 y 0.2 millones de años**

La zona del Colca presentó durante el Pleistoceno-Holoceno varios sectores con presencia de centros eruptivos localizados (conos monogenéticos, cúpulas o domos de lavas) que generaron una gran efusión de lavas fisurales en zonas de pisos de valle del río Colca, zonas altiplánicas y piedemontes aluviales que descienden hacia el Colca. Este importante proceso volcánico modeló gran parte del paisaje en el Colca que deviene hasta la actualidad. Este vulcanismo es conocido como Andagua, teniendo su máxima expresión en el valle de los volcanes de Andagua-Orcopampa-Sora, valle relleno de lavas y conos volcánicos monogenéticos con dirección norte-sur, que se prolongan hacia la margen izquierda

del cañón del Colca hacia el sector de Glorihuasi-Jarán, así como se manifiesta en otros sectores del valle<sup>25</sup>.

Además de las publicaciones hechas sobre el Grupo Andagua, incluso con dataciones de lavas (Kaneoka & Guevara, 1984; Thouret *et al.*, 2002; Delacour *et al.*, 2007), el más completo trabajo geológico realizado sobre el vulcanismo Andagua ha sido realizado por Galas (2011), distinguiéndose dentro del área del Colca cuatro sectores o campos principales con esta actividad volcánica. Cada sector contiene varios campos de lava formados por flujos de lava, simples o secuenciales, conos piroclásticos y muchos centros de fusión de lava, incluyendo cúpulas y sectores asociados a fisuras en laderas desde donde se emitieron flujos de lava. La composición de las lavas a partir de análisis de elementos mayores señalado por Galas refiere Traquiandesitas a traquiandesitas basálticas. La descripción resumida de estos cuatro sectores se presenta en el Cuadro 4.3.

<sup>25</sup> Galas (2011) menciona en su trabajo 165 centros de erupción o emisión. Un típico centro de erupción son pequeños domos de lava alineados probablemente a lo largo de fisuras. El estilo de erupciones de tipo Hawaiano y un segundo grupo de centros o conos de escoria mostrando un tipo de erupción estromboliano. Señala además que algunos campos pueden ser clasificados como monogenéticos, pero el Grupo Andagua corresponde más bien a campos volcánicos basálticos.

**Cuadro 4.3**  
**Volcanismo pliocuaternario en el valle del Colca, distribución y características**

| Sector                            | Emplazamiento                         | Campos de lava | Conos piroclásticos monogenéticos |                       | Domos de lava / centros eruptivos |                       | Edad estimada |
|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------|
|                                   |                                       |                | Número                            | Volcán representativo | Número                            | Centro representativo |               |
| Canocota-Coporaque                | Valle aluvial                         | 3              | ---                               | ----                  | 11                                | Hatun Orcco           | P / PT-HM     |
| Cabanaconde / Huambo              | Piedemonte glaciofluvial y laderas    | 5              | 1                                 | Keyoc                 | 23*                               | Mojonpampa            | P             |
|                                   |                                       |                |                                   |                       |                                   |                       | (2650 años)** |
| Gloriahuasi / Llajuapampa (Jarán) | Piedemonte aluviotorrencial y laderas | 5              | 7***                              | Marbas Grande y Chico | 16                                | LLajuapampa           | P / PT-HM     |
| Río Molloco                       | Valle glaciofluvial                   | 5              | 1                                 | Marhuas               | 9                                 | Coropuna              | PT / HM       |

Fuente: Elaboración propia con datos de Galas (2011).

P: Pleistoceno; H: Holoceno. PT: Pleistoceno tardío; HM: Holoceno medio.

\*Incluye los sectores de Mojonpampa, Lejepampa, Solarpampa, Uncapampa, así como centros eruptivos localizados en las laderas del cerro Tayapampacucho (oeste de Huambo).

\*\* Cabrera & Thouret, 2000.

\*\*\* Incluye sectores de San Antonio y otros en ambas márgenes del río Colca, en zonas de ladera. No incluye sectores adyacentes a Tururunca, donde se tiene dos conos piroclásticos más y campos de lavas en dirección sur y este, fuera de la subcuenca del Colca.

Fuente: Elaboración propia con datos de Galas (2011).

Entre Canocota, Chivay y Coporaque se extienden 10-11 km de coladas lávicas que descienden desde los 3800 a 3550 m s.n.m., que fueron emplazados hace 0.53 a 0.2 Ma (figuras 29 y 30; Fotografía 4.24 y 4.25). Originaron a su vez el paleolago Canocota-Tuti, cuya cola del embalse probablemente llegó hasta muy cerca de Sibayo. Estos flujos de lava emplazados han sido erosionados y cortados por la dinámica fluvial del río Colca, formando estrechos cañones, con profundidades inferiores a los 100 metros en varios tramos del cauce principal. Esta erosión

apreciada en las coladas lávicas de la edad datada infiere una tercera etapa de incisión del valle del Colca posterior a 0.2 Ma (Thouret *et al*, 2007). Esta tercera etapa también se refleja por la presencia aguas abajo de la Terraza T<sub>2</sub>, conformada por depósitos proluviales y aluviales, que en la zona de Maca se ubican entre los 3200 y 3400 m s.n.m. Durante esta tercera etapa de incisión del valle, probablemente, fueron también erosionados los depósitos de avalanchas de escombros de Maca, y los depósitos de diatomitas de Maca.



**Figura 4.29** Vista al noreste, aguas arriba del valle del Colca donde se aprecia flujos de lavas que rellenan el valle; la dirección del flujo de las lavas es aguas abajo en dirección hacia Chivay.

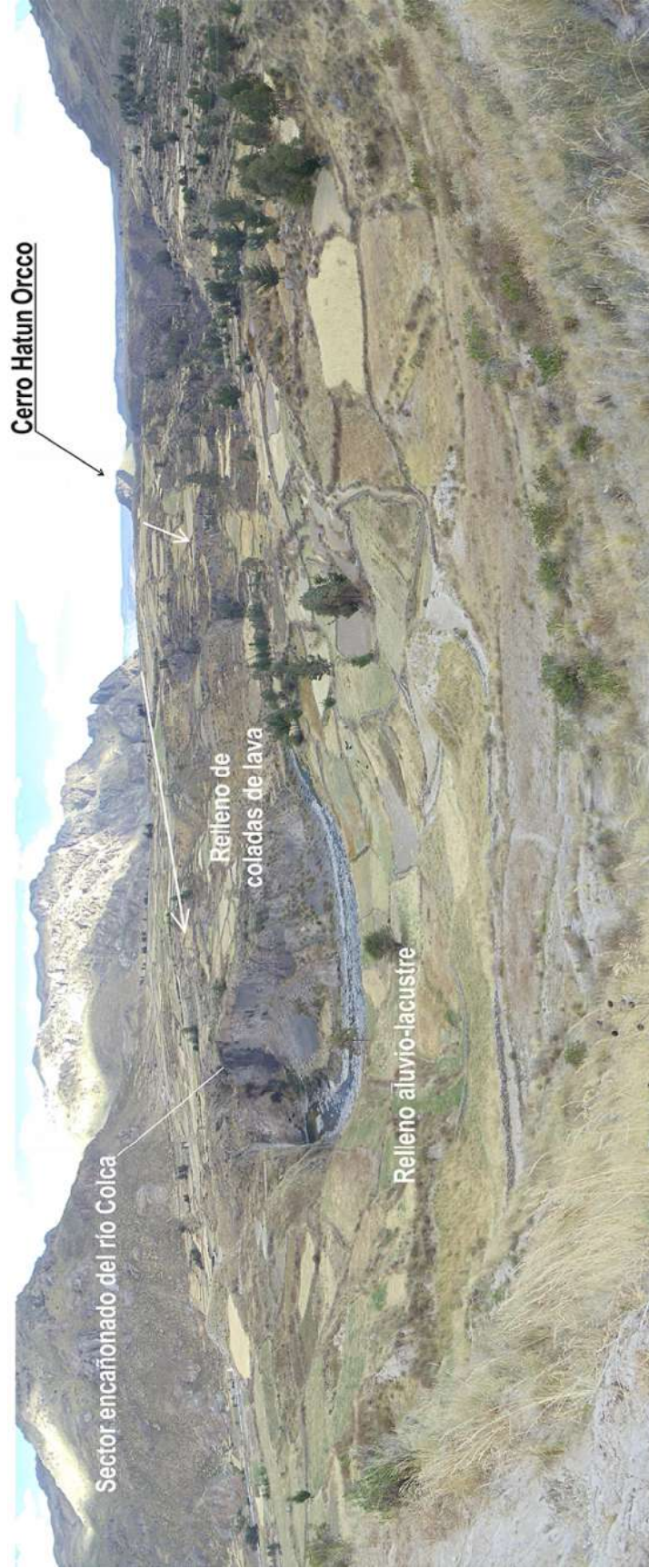


**Fotografía 4.25** Detalle de un sector de Chuaña pampa, cerca de Chivay, meseta volcánica con más de 50 metros de altura por encima del cauce del Colca. Al fondo el volcán Ampato.

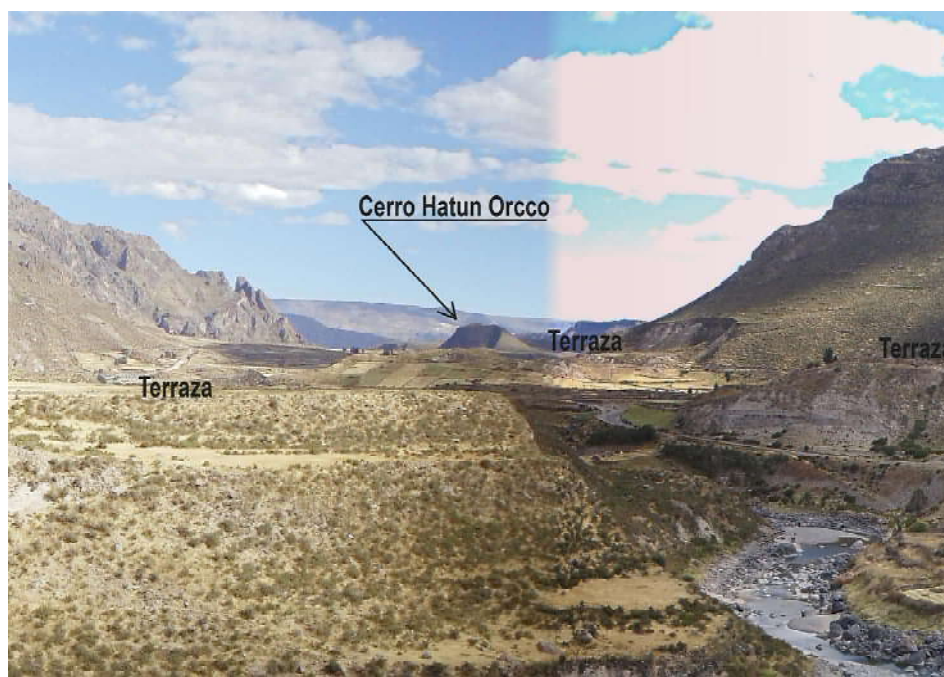
Una particularidad de este evento volcánico es el paleolago originado el cual está evidenciado por la presencia de terrazas lacustres compuestas por material fino (arenas, limos y arcillas) que se intercalan con material grueso (gravas) pueden ser apreciadas tanto en Canocota como en la carretera a Tuti (figuras 4.30 al 4.32).

Los depósitos lacustres se encuentran en discordancia angular sobre lavas del pleistoceno. Benavente *et al.*, (2012), diferencian tres secuencias, la primera granocreciente de un espesor de 25 metros y compuesta de limoarcillitas, areniscas de grano medio con laminaciones en ripples y clastos blandos. Identifica, además, 20 niveles entre *slumps*, volcanes de arena, *ball and pillow* y diques de arenas; la estructura más representativa es un *slumps*

de 4.5 metros de espesor ubicado en el tope de la secuencia. Estos depósitos corresponden a un medio lacustre; una segunda secuencia de 15 metros compuesta por arenas con estratificación paralela intercaladas con niveles centimétricos de limoarcillitas y canales de conglomerados donde se observan fallas sin-sedimentarias y 10 niveles de sismitas. La litología nos sugiere un ambiente de sedimentación tipo fluvial. La tercera secuencia tiene un espesor aproximado de 30 metros y está compuesta por limoarcillitas con laminaciones paralelas e intercaladas con arenas de grano medio, así mismo se observan niveles centimétricos de calizas de tipo *packstone* y sismitas de tipo *flame*. El medio de sedimentación es de tipo lacustre.



**Figura 4.30** Vista aguas abajo del río Colca en el sector Canocota. Al fondo se aprecia el centro volcánico Hatun Orcco, donde coladas de lava se extendieron hacia el noreste y suroeste rellenando el valle formando una presa natural y un paleolago aguas arriba. Se nota un desnivel desde el punto geográfico señalado con las flechas en el relleno lávico que cerró el valle y en primer plano se aprecia el relleno lacustre utilizado como terrenos de cultivo.



**Figura 4.31** Terrazas en ambas márgenes del río Colca entre Tuti y Canocota con material aluviolacustre; vista aguas abajo



**Figura 4.32** Cortes en los depósitos aluviolacustres en Canocota (A) y Tuti (B) que muestra niveles de gravas y material fino intercalados, pudiendo diferenciarse varios niveles con diferente granulometría.

La zona de mayor extensión con presencia de lavas de origen fisural en el Colca es la zona entre Huambo y Cabanaconde (Mojonpampa, Solarpampa, Lejepampa, Uncapampa; aproximadamente 19 km de largo x 4 km de ancho promedio desarrollándose entre los 4400 y 2800 m s.n.m.). Parte de la

carretera que une Huambo y Cabanaconde, la trocha carrozable que accede al sector norte de la laguna Mucurca, así como la que ingresa a pampa Uncapampa (siguiendo las torres de alta tensión) permiten apreciar en su magnitud esta etapa volcánica. Campos de lavas descenden desde varios centros eruptivos y de un cono

monogenético con dirección preferentemente noroeste hacia el sector de Chinini (Figura 4.33 y 4.35 y fotografía 4.26) y también hacia el norte, siguiendo la pendiente y cubriendo secuencias sedimentarias más antiguas y lavas del Grupo Barroso; así como también hacia el sur y sureste hacia la laguna Mucurca<sup>26</sup> (Figura

4.34). Flujos de lavas descenden planicies altiplánicas que forman mesetas volcánicas por zonas escarpadas del cañón y quedan suspendidas en acantilados subverticales, como las que se aprecian en la trocha que descende hasta el puente Choco (Figura 4.33 y Fotografía 4.26).



**Figura 4.33** Imagen satelital donde se resalta en líneas punteadas las zonas ocupadas por el vulcanismo Andahua en el sector de Huambo-Cabanaconde; en el lado derecho el cono monogenético Keyoc.

Este evento eruptivo de gran significado geológico remarca gran parte del paisaje actual en el Colca. La otra zona con exposición se ubica al oeste de Huambo, casi en el límite suroeste. Corresponde a tres sectores en particular: Uchapampa/Jarán/Hda. Jasmín donde además de los campos lávicos se distinguen cuatro conos monogenéticos espectaculares, visibles desde la carretera Huambo-Alto Sihuas (Pedregal, Majes) dispuestos topográficamente entre los 4100 y 2150 m s.n.m. en contacto con secuencias sedimentarias de la Formación Arcurquina y relleno un piedemonte aluviotorrential antiguo, siguiendo una dirección noroeste (16 km); Gloriahuasi; sectores San Antonio y otros en ambas márgenes del río Colca (figuras 4.36 y 4.37).

En menor proporción está la zona adyacente al río Molloco, afluente por la margen derecha del río Colca. Campos de lava rellenan parte de un valle glaciofluvial y las lavas colindan con volcánicos de los Grupos Tacaza y Barroso. Los flujos de lava afectaron un tramo aproximado de 8 km de cauce fluvial, alcanzando los frentes escarpas o márgenes abruptas y encañonadas, que alcanzan hasta 200 metros de altura<sup>27</sup>. Sobresale un cono piroclástico en el lado central del campo lávico. Este campo volcánico se desarrolla sobre alturas comprendidas entre 4000 y 5000 m s.n.m.; su extensión es de 11 km de longitud x 2 km de ancho promedio (Figura 4.38).

<sup>26</sup> La depresión que origina el vaso de la laguna Mucurca ha sido originado por los flujos de lava que descenden del Hualca Hualca (del lado este), así como las coladas lávicas Andagua en el centro eruptivo Mojonpampa. Depósitos aluvioacústres circundan la laguna formando pequeños abanicos que descenden de las vertientes circunlacústres.

<sup>27</sup> En las imágenes satelitales se puede apreciar que hacia aguas arriba, el río Molloco (fuera del área de estudio) discurre sobre una superficie plana, suavizada, con cauce amplio y drenaje entrelazado. Esto evidenciaría que esta actividad volcánica también produjo un represamiento temporal, que duró ciertos años, hasta que nuevamente el río se abrió paso formando rápidos y cañones. La cola del embalse de acuerdo a las características topográficas observadas pudo extenderse hasta por 5 km aguas arriba.





**Figura 4.34** Vista hacia el sureste donde se muestran flujos de lava que descienden desde Mojonpampa hacia la laguna Mucurca. Al fondo se observa el volcán-nevado Ampato.



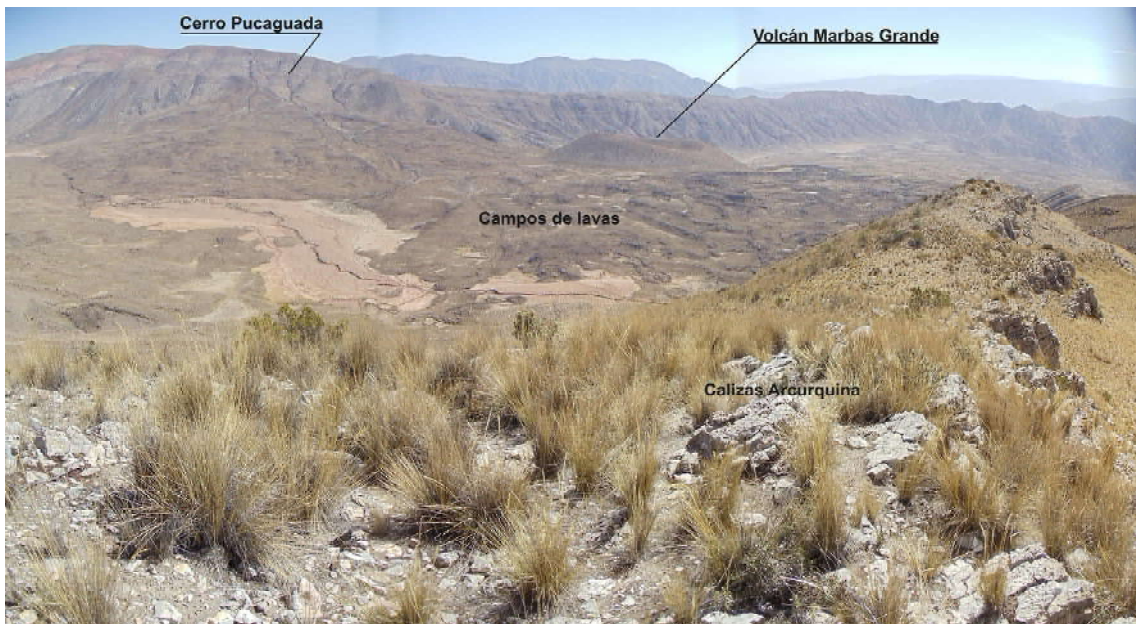
**Figura 4.35** Vista al noreste en el sector de Chinini donde se distinguen los flujos de lavas Andagua que cubren superficies preexistentes; en el lado derecho en contacto con areniscas jurásicas de la Formación Labra



**Fotografía 4.26** Vistas de cerca de los volcánicos Andagua de lavas oscuras basálticas. La fotografía izquierda en la trocha hacia puente Choco en el cañón del Colca y la fotografía derecha cerca de Chinini en contacto con las areniscas Labra.



**Figura 4.36** Parte del Campo de lavas Uchapampa/Jarón/Hda Jazmín. Se muestra el sector más amplio de este campo volcánico, sector Uchapampa/Jazmín con cuatro volcanes monogenéticos (círculos en rojo) limitadas por rocas sedimentarias.



**Figura 4.37** Vista al oeste. Se aprecia el volcán monogenético Marbas Grande; un campo de lavas desarrollado sobre un piedemonte aluviotorrencial; lavas fisurales que provienen de un sector de la ladera del cerro Pucaguada que descienden hacia la planicie. En primer plano se observa el substrato rocoso conformado por las calizas Arcurquina.



**Figura 4.38** Imagen satelital que muestra el campo de lavas del sector río Molloco. Sobresale en el área un cono volcánico monogenético (círculo en color naranja) y en general un área volcánica desarrollada en un ambiente periglacial. Se distingue en los alrededores zonas con cobertura de hielo-nieve y zonas con fuerte retroceso glaciar, así como un valle encañonado del río Molloco en el tramo ocupado por lavas pliocuaternarias del volcanismo Andagua.

#### 4.2.16 Morfología actual: procesos geodinámicos, paisaje actual y desarrollo

La morfología actual del valle y el cañón del río Colca, probablemente, empezó a moldearse durante los últimos 0.2 Ma., y está relacionada a los siguientes factores internos o externos, además, de las condiciones intrínsecas del substrato rocoso y depósitos superficiales existentes:

- Procesos geológicos relacionados a la actividad tectónica de los Andes (subducción) que genera el levantamiento de la cordillera y por ende una erosión resultante.
- Formación de travertinos bajo condiciones climáticas favorables (Fotografía 4.27).
- Geodinámica externa con procesos de movimientos en masa relacionados a los factores climáticos y sísmicos (sismicidad de subducción y de fallas activas).
- Dinámica fluvial del río Colca y afluentes principales que modelan los paisajes fluviales (cataratas, rápidos y cañones).
- Procesos en zonas glaciares y periglaciares asociadas al cambio climático y retroceso glaciar en las vertientes superiores, con cambios notables en la superficie glacial.
- Ocupación del territorio y uso de suelo al modificar el paisaje natural.

Por ello, las unidades morfogénicas descritas en el capítulo 4 están relacionadas a procesos gravitacionales, fluviales, glaciales, tectónicos y volcano-tectónicos.

Una característica particular de procesos desarrollados en el sector es la presencia de planicies con travertinos desarrollados en el

valle del río Huambo y afluentes durante el Pleistoceno. Se extienden en los alrededores de Huambo, tanto hacia las partes superiores, como aguas abajo. Los travertinos generan un tipo de suelo particular y por ende el desarrollo de la agricultura, así como la explotación artesanal de este material para la producción de cal en la zona, como recurso no-metálico (Fotografía 4.27).



**Fotografía 4.27** Presencia de travertino en la zona de Huambo. Refleja procesos asociados a la existencia de cursos de aguas que atraviesan rocas calcáreas y las condiciones de temperaturas favorables para su precipitación en forma de calizas concrecionadas. (A, B); así como aprovechamiento minero artesanal (C).

### 4.3 MORFOESTRUCTURA REGIONAL

Los rasgos morfológicos en la región son característicos de una intensa actividad volcánica que domina sobre el paisaje en general. Sin embargo, en su conjunto, la geomorfología del Colca es el resultado de los siguientes procesos morfoestructurales:

- Basamento precámbrico como substrato y preexistencia de estructuras tectónicas paleozoicas.
- Ambiente marino durante el Mesozoico.
- Tres principales fases volcánicas durante el Paléogeno-Neógeno que cubren los terrenos mesozoicos (jurásico-cretácicos). Emplazamiento de cuerpos magmáticos y mineralización hidrotermal en estas rocas.
- Levantamiento andino, principalmente, durante el Cenozoico.
- Actividad neotectónica y fallas geológicas en el Cuaternario.
- Glaciación Pleistocena.
- Procesos de incisión y erosión fluvial y procesos de geodinámica externa (movimientos en masa) durante el Cuaternario.

El trabajo paulatino de las aguas del río Colca y tributarios, sobre una región tectónicamente activa y levantamiento andino, origina un valle encañonado muy profundo con una disposición irregular de dirección promedio este-oeste, limitado en ambos flancos por vertientes altas conformadas por estratovolcanes cenozoicos, tales como el Mismi, Bomboya, Huarancante, Ananta, Hualca Hualca, entre otros.

Aguas abajo de Pinchollo, se extiende el cañón del Colca formado por la erosión a lo largo de una estructura tectónica que corta un macizo de más de 5000 metros de rocas; aguas abajo se superponen grandes acumulaciones volcánicas del Cenozoico rellenando el valle, cuya posterior erosión originó el profundo cañón que hoy admiramos. En sus flancos se levantan edificios volcánicos emplazando flujos de lavas y piroclásticos.

La actividad hidrotermal asociada a esta cadena volcánica se manifiesta por las innumerables fuentes termales presentes en el piso de valle. El aprovechamiento de estas termas ha permitido en los últimos años la construcción y mejora de complejos de baños termales en varios sectores del valle.

En el valle del Colca, afloran principalmente grandes depósitos de sedimentos aluviales, lacustres y de origen volcánico. Sobre estos depósitos se construyeron la andenería agrícola y poblacional del valle del Colca muy extendida en los márgenes del valle sobre un suelo heredado de la meteorización de rocas volcánicas, erosión y depositación de terrenos aluviales y aluviolacustres.

### 4.4 GRANDES ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS CUATERNARIAS Y TECTÓNICA ACTIVA EN EL COLCA

Wallace (1986) define **tectónica activa** como «*Movimientos tectónicos que se esperan que ocurran en un intervalo de tiempo que afecta a la sociedad*». En este sentido, una estructura o un proceso geológico son activos cuando han actuado dentro del período histórico y se espera que actúe en el futuro sin que exista ningún dato que indique su futuro cese.

Se utilizó generalmente en este análisis el término «falla activa», al referirse a «fallas» o «escarpes de fallas», que presentan suficientes indicios de haberse originado o reactivado durante el Cuaternario (desde hace 2.5 millones de años). Estas estructuras ejercen un control en la evolución reciente del relieve, en la disposición y estructura de los depósitos cuaternarios o en la génesis de la sismicidad histórica e instrumental en cualquier región.

El valle del Colca se ubica dentro de la «Zona Volcánica de los Andes Centrales» (ZVAC). Esta zona está constituida por edificios o estratovolcanes, domos volcánicos y conos monogenéticos (Delacour *et al.*, 2007; De Silva y Francis, 1991). En la actualidad, la actividad sísmica en el área es elevada. Benavente *et al.* (2010, 2012), describen un control estructural NO-SE en el arco volcánico cuaternario a lo largo de aproximadamente 300 km, corredor estructural conformado por fallas normales principalmente con buzamientos opuestos y que cortan depósitos volcánicos cuaternarios, depósitos fluvio-glaciares y aluviales. Asimismo, Sébrier *et al.* (1985) estudian las fallas de Trigal y Solarpampa, ubicadas en las alturas del cañón del Colca, entre las localidades de Huambo y Cabanaconde. Estas fallas poseen orientaciones E-O, constituidas por segmentos que se extienden a lo largo de 30 km, cortando depósitos volcánicos cuaternarios y fluvio-glaciares. David (2007) y Antayhua (2002), analizaron la actividad sísmica de esta área, identificando su distribución tanto en superficie como en profundidad y hallando mecanismos focales con soluciones de tipo normal, siendo compatible con lo observado en el terreno. A continuación, se realiza una breve descripción de las principales estructuras.

Entre Huambo y Cabanaconde, en las mesetas volcánicas de la Cordillera Occidental (coladas volcánicas basalto-andesíticas y lavas del Hualca Hualca), se han identificado dos fallas principales, denominadas según el lugar donde se exponen «Fallas Trigal y Solarpampa». Huamán (1993), Mering *et al.*, (1996), Sébrier *et al.*, (1985) y Benavente *et al.* (2012), a fin de interpretar los procesos de deformación estructural presentes en el Colca, realizaron diferentes estudios de microtectónica sobre estas dos fallas. Ellos sugieren que estos sistemas corresponden a fallas normales originadas por procesos netamente extensivos y cuyos ejes de tensión se orientarían en dirección N-S y buzamiento en dirección sur.

El poblado de Cabanaconde fue afectado en 1998 por dos sismos superficiales (5 km) de 5.5 Mb magnitud. El análisis de sus mecanismos focales dio como resultado, determinar fallas de tipo normal con planos nodales orientados en dirección este-oeste, buzando ambos con ángulos de aproximadamente 45° y eje de tensión norte-sur (Antayhua *et al.*, 2002). A continuación, se describen las fallas Trigal, Solarpampa, Madrigal y Yanque; asimismo se muestra un esquema neotectónico para esta región en la Figura 38.

**FALLA TRIGAL.** Presenta un escarpe de falla con una longitud aproximada de 20 km y desnivel mayor de 50 m (Fotografía

4.28), afecta al vulcanismo cuaternario más reciente (Holoceno). El escarpe de falla afecta la topografía actual, esto más la perturbación del drenaje con formación de charcas de colapso por falla (*sagpond*), específicamente, en los alrededores de la intersección de la falla Trigal con el cerro Tocosasi y de saltos durante el Holoceno, de aproximadamente 5 m en la quebrada Trigal. Asimismo, en los depósitos de avalancha de escombros del flanco norte del estratovolcán Hualca Hualca, se han determinado desplazamientos con movimiento de tipo normal, teniendo el escarpe principal 8 m de desnivel. Esta estructura también estaría relacionada con el géiser de Pinchollo.



**Fotografía 4.28** Falla Trigal. Vista hacia el oeste-noroeste

**FALLA SOLARPAMPA.** Presenta un escarpe o desnivel topográfico que se extiende por 18 km de longitud, afectando el vulcanismo Cuaternario (Holoceno), así como también depósitos aluviales

recientes. Los escarpes tienen alturas entre 5-40 m, que han originado perturbaciones en el drenaje local (Fotografía 4.29), con consecuente formación de «*sagpond*» a lo largo de la traza de la falla.



**Fotografía 4.29** Falla Solarpampa

**FALLA MADRIGAL.** Se ubica en la margen izquierda del río Colca, en las alturas de la localidad de Madrigal, de ahí su nombre. Presenta una longitud de 8 km, el escarpe bien conservado de 15 m de altura (Fotografía 4.30), está afectando depósitos de avalancha de escombros y volcánicos recientes. Es una falla de tipo normal con dirección N165°E y buzamiento hacia el sur. Se puede

observar que en este sector los depósitos lacustres presentan mayor deformación, esto probablemente a la actividad de la falla.

Por comunicación con los pobladores del lugar, se sabe que éste sector sufre de continuos sismos, estos posiblemente relacionados con la falla Madrigal.



**Fotografía 4.30** Falla Madrigal (fotografía, Carlos Benavente)

**FALLA YANQUE.** Se puede observar en ambas márgenes del río Colca, con una dirección NO-SE (Fotografía 4.31). En la margen derecha, a 4800 m s.n.m. en la Pampa Arenal, se puede observar el escarpe con 2 metros de altitud, afectando depósitos volcánicos y aluviales. También se observa la formación de «sandpond». En la margen izquierda, se observan facetas triangulares asociadas a

la falla, estas con altitudes de hasta 50 m; asimismo identificamos que los depósitos lacustres se encuentran deformados por la actividad de la falla, indicándonos así una historia de reactivaciones.

De igual manera, desde el punto de vista del peligro sísmico, esta estructura afectaría a la localidad de Maca, ya que en el bloque de mayor deformación se ubica esta localidad.



**Fotografía 4.31** Falla activa Yanque, en la parte alta (4800 m), margen izquierda del río Colca (fotografía: Carlos Benavente)

Finalmente, en la actualidad, la actividad tectónica se refleja en la sismicidad superficial, cuya solución de los mecanismos focales son coherentes con el análisis microtectónico, sugiriendo un régimen extensivo a lo largo del Arco Volcánico, desde el Cuaternario hasta la actualidad. Este estado de esfuerzos tectónicos es generado por el peso litosférico del arco volcánico Cuaternario y actual (~60 km de espesor de corteza), donde hay un incremento en el esfuerzo vertical litosférico, el cual produce la compensación del esfuerzo generado por la subducción. (Benavente *et al.*, 2017)

Por otro lado, las sismitas o estructuras sedimentarias de deformación asociadas a sismos identificados y correlacionadas en el valle del Colca, nos indican que durante el Cuaternario este arco volcánico tuvo elevada actividad tectónica. El análisis de cada una de estas sismitas utilizando la propuesta de Rodríguez *et al.*, (2004), sugieren sismos con magnitudes mayores a 6 ML. Estas sismitas por su distribución espacial tienen estrecha relación con las fallas cartografiadas por Benavente *et al.* (2012), donde muestran fallas normales afectando depósitos volcánicos recientes y lacustres.

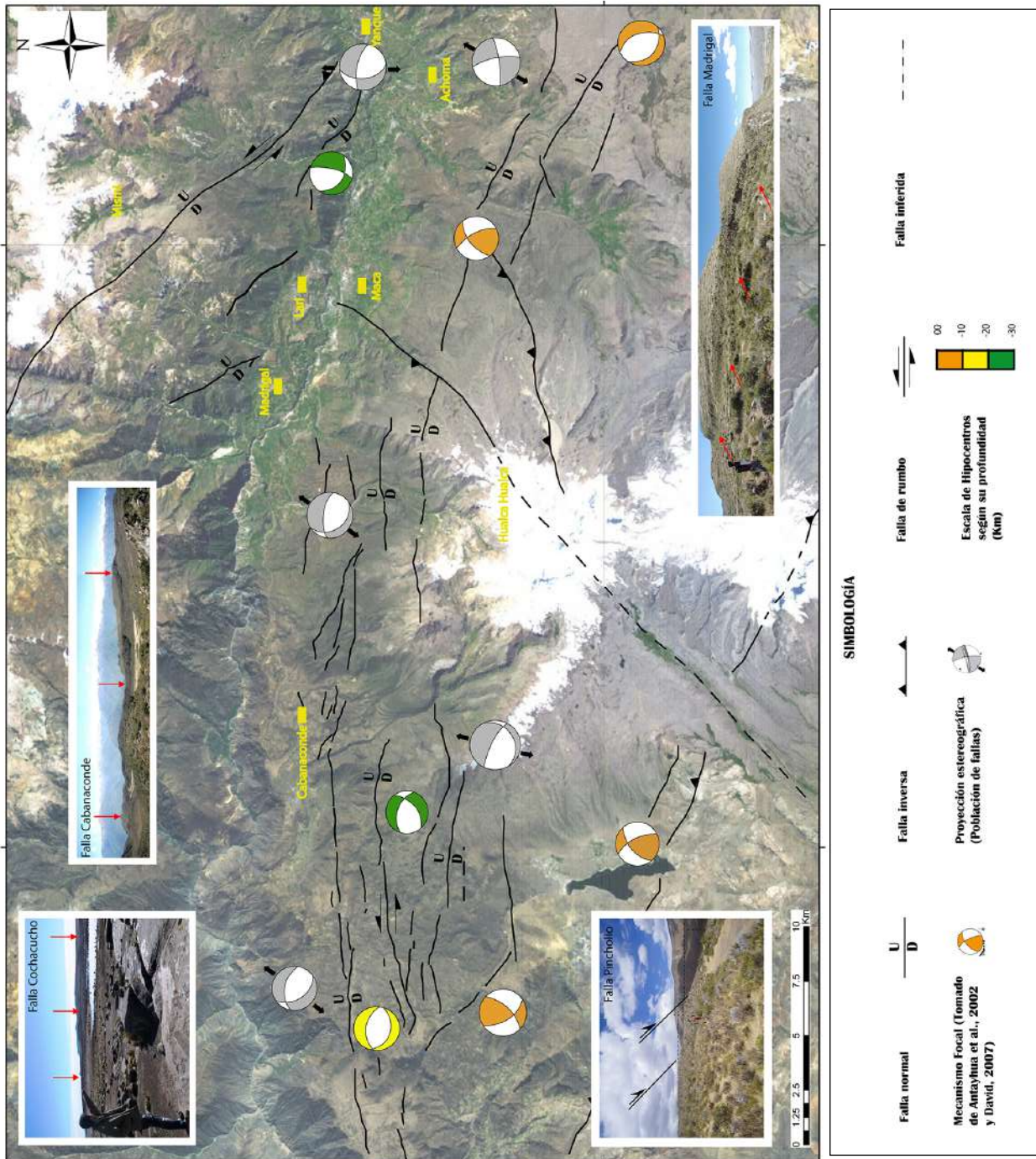


Figura 4.39 Esquema neotectónico en la región del Colca (fuente: Benavente *et al.*, 2013)





**CAPÍTULO V**  
**EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y UNIDADES**  
**DE PAISAJE EN EL VALLE DEL COLCA**



# CAPÍTULO V

## EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y UNIDADES DEL PAISAJE EN EL VALLE DEL COLCA

La determinación de geoformas existentes en un área o región es fundamental para evaluar desde nuestra perspectiva geológica, el paisaje de cualquier región, además de ser una herramienta primordial para el análisis de los procesos ocurridos en el Cuaternario (movimientos en masa, actividad volcánica o tectónica recientes). Para interpretarla es necesario conocer previamente el clima. El punto de partida de la morfología actual en la cuenca es la consideración del relieve como el resultado de la interacción de fuerzas, agentes y procesos endógenos (sismicidad y volcanismo) y exógenos (movimientos en masa), factores que controlan el modelado del relieve, factores tectónicos, factores de control litológico, emplazamientos y distribución volcánicos, bioclimáticos (deglaciación, fenómeno de El Niño) y geomorfológicos (asociados a ambientes fluviales, glaciares, de ladera, etc.).

El área del Colca y en general la vertiente Pacífica sur muestra tres unidades fisiográficas diferenciadas: una zona de altiplano por encima de los 4000 m s.n.m. con vertientes montañosas elevadas y abruptas asociadas a edificios volcánicos; un sector de rampa, desnivel o vertiente muy disectada o erosionada y una zona costera (diferente de la zona central y norte de Perú) sobreimpuesta a una cordillera antigua erosionada (Cordillera de la Costa).

Un fuerte desnivel en menos de 150 km de longitud separa la zona altiplano-cordillerana y la costa Pacífica, un fuerte encajonamiento de la red fluvial forma zonas encañonadas (cañón del Colca y otros tramos menores en el valle Majes-Camaná<sup>28</sup>), variando entre 1000 y 5000 m de desnivel, a causa del intenso levantamiento tectónico en los Andes.

La geomorfología evaluada en particular corresponde a la subcuenca del Colca, comprendida entre Andamayo y Sibayo-

Callalli. Es muy compleja, con una predominancia en superficie de unidades o relieves de origen volcánico-erosional (65 %), seguidos de unidades de relieve de origen tectónico-erosional (25 %), principalmente en el lado oeste de la cuenca, y relieves de origen deposicional en menor porcentaje (10 %) que se sobreponen a un substrato rocoso de diferente origen. Para una mejor descripción se diferencian dos grandes grupos:

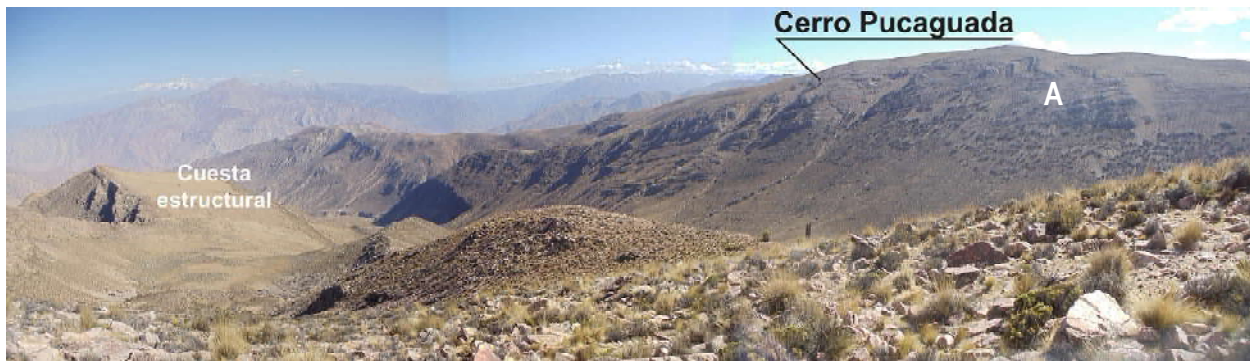
### 5.1 UNIDADES DE CARÁCTER TECTÓNICO-DEGRADACIONAL Y DENUDACIONAL<sup>29</sup>

#### 5.1.1 Montañas y colinas estructural–denudacionales en rocas sedimentarias

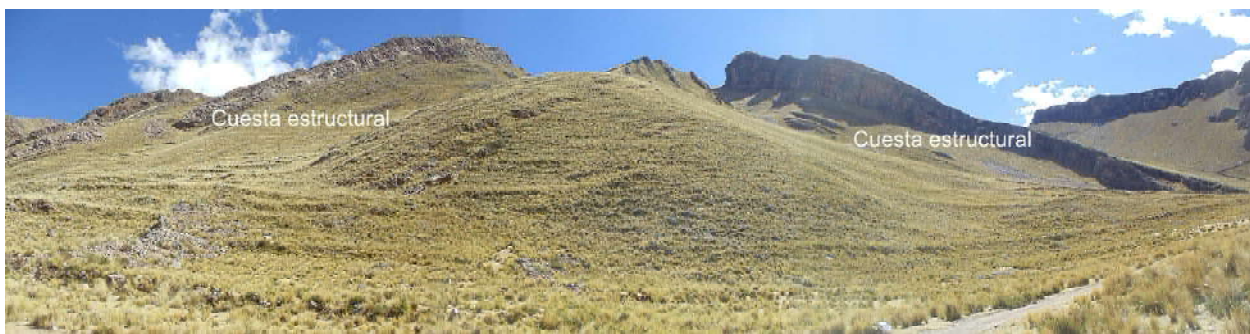
Son relieves relacionadas a estratos plegados de las unidades geológicas del Jurásico-Cretácico (Socosani, Puente, Cachíos, Labra, Gramadal, Hualhuani, Murco, Arcurquina, Ashua, Seraj), con laderas estructurales, crestas agudas alineadas en las rocas más resistentes que forman colinas y lomadas alargadas formando cuestras y relacionadas a un fallamiento regional andino en la cuenca. Se exponen principalmente en el sector entre Andamayo-Huambo-Cabanaconde. Localmente, incluyen laderas de colinas estructuralmente plegadas que conservan rasgos de las estructuras originales (anticlinales y sinclinales) a pesar de haber sido afectadas por procesos de denudación (figuras 5.1 y 5.2). Las pendientes de las laderas varían entre suaves hasta abruptas y erosionadas. Algunas exposiciones importantes se aprecian aguas arriba de Sibayo en las márgenes del río Colca, mostrando cuestras estructurales y laderas de contrapendiente o rellanos, en las capas o estratos más resistentes.

<sup>28</sup> Características geomorfológicas similares a la de los valles-cañón de Ocoña-Cotahuai, Quilca-Vitor-Chili y Tambo para mencionar los valles más cercanos.

<sup>29</sup> Desde el punto de vista morfológico, tomando como referencia la Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación de tierras (Villota, 2005), la cartografía realizada, ha permitido diferenciar dos grandes grupos de unidades de relieve geomorfológico en el Colca: 1) Unidades de carácter tectónico-degradacional y denudacional; 2) Unidades de carácter deposicional o agradacional. En función a la escala de la cartografía geológica y topográfica existente 1:100,000, se pudo diferenciar unidades geomorfológicas considerando dos aspectos fundamentales: a) Homogeneidad litológica y carácter estructural; b) Aspectos de relieve en relación a la erosión y sedimentación. Las unidades diferenciadas se agrupan tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa (respecto a su nivel de base local) y pendiente en: 1) montañas, colinas y lomadas o lomeríos. 2) piedemontes y 3) planicies.



**Figura 5.1** Vista hacia el norte desde el cerro Tururunca. Afloramientos sedimentarios de las formaciones Labra, Gramadal, Hualhuani, Murco y Arcurquina estructuralmente plegadas. Detalle de las areniscas formando una cuesta estructural. Al lado derecho el cerro Pucaguada con replegamientos en las calizas Arcurquina (A).



**Figura 5.2** Laderas estructurales formando cuestas y rellanos con pliegues disarmónicos en calizas de la Formación Arcurquina, aguas arriba del poblado de Sibayo, margen derecha del río Colca.

### 5.1.2 Montañas y colinas disectadas en rocas plutónicas

Cuerpos intrusivos de dioritas, gabros y tonalitas expuestos en varios sectores del Colca generan relieves moderados a abruptos, con laderas cóncavas por erosión pluvial y un drenaje característico dendrítico a subdendrítico (este último debido al fracturamiento en las rocas). Sus mayores exposiciones se encuentran en el lado oeste en los cerros de Andamayo y Jarán en la parte inferior del cañón (Figura 5.3), cerro Chejol (al suroeste de Huambo), así como en otros cuerpos intrusivos expuestos en las márgenes del cañón del Colca (entre Cabanaconde y Canco), entre otros menores.

### 5.1.3 Laderas en rocas metamórficas

Ocupan una parte importante en el cañón del Colca al oeste de Cabanaconde, hasta frente al sector de Choco, presentando laderas subverticales. Los gneis y rocas graníticas paleozoico-precámbricas que lo componen originan superficies ligeramente

abruptas, cimas subredondeadas y alargadas, drenajes dendríticos a subdendríticos (relacionado a su esquistosidad) y muy densos con perfiles de valle en «V». Se presentan muy erosionadas y asociadas a procesos de cárcavas y flujos de detritos (Figura 5.4).

### 5.1.4 Laderas y mesetas volcánicas erosionadas en flujos de lava y volcanoclásticos

Están relacionadas al volcanismo más antiguo descrito en la evolución geológica (Grupo Tacaza), que por procesos de erosión y meteorización no muestran las geoformas o paisajes volcánicos originales. Suelen presentar superficies o laderas disectadas que en función a su altura relativa forman montañas o colinas. Conforman generalmente la parte inferior del valle del Colca entre Cabanaconde y Callalli (Figura 5.5), así como la parte superior en el sector que colinda a la cordillera de Shilla. La principal porción con alturas superiores a 1800 metros y subvertical se encuentra en el tramo principal del cañón entre Chimpa y Cabanaconde.

Litológicamente, las laderas y mesetas corresponden a secuencias del Grupo Tacaza indiviso y desarrollan generalmente superficies abruptas, mostrando frentes escarpados a abruptos. Por presentar estas características es común encontrar frentes de lavas o ignimbritas con caída de rocas, derrumbes, deslizamientos y hasta pequeñas avalanchas de rocas. Las zonas de cumbres con intensa

actividad glacial, con cotas mayores a los 5000 m presentan normalmente circos glaciares, acumulaciones de talus de detritos de gelifracción morrenas y valles con rellenos glaciofluviales. Procesos glaciares y periglaciares condicionan las acumulaciones de detritos de gelifracción en sus vertientes.



**Figura 5.3** Vista hacia el sureste desde la carretera Aplao-Viraco. Sector Andamayo, confluencia del río Taparza al río Colca (tramo final del cañón del Colca). Se distingue en la margen izquierda del Colca los cerros de Andamayo y Jarán con laderas cóncavas, muy disectadas, con drenaje dendrítico, característico de rocas intrusivas.



**Figura 5.4** Vista aguas abajo del cañón del Colca en el sector de Choco. Se aprecian laderas de un valle en V, moderadas a abruptas en rocas metamórficas, donde se resalta en líneas punteadas lineamientos por esquistosidad características, en donde se asocia el drenaje superficial.



**Figura 5.5** Vista hacia el este del sector Tuti aguas arriba del río Colca. Laderas en rocas volcánicas y volcanoclasticas del Grupo Tacaza (A) en la margen izquierda del río Colca y una extensa terraza aluvial, aguas arriba (B)

### 5.1.5 Colinas, lomadas y mesetas ignimbríticas

Son relieves altoandinos levemente inclinados con frentes escarpados, compuestos por tobas o ignimbritas o asociados a calderas volcánicas, depositadas lejos de su centro u origen. La superficie en las cimas generalmente es plana, ligeramente inclinada y algo redondeada por erosión. Las paredes o vertientes en las mesetas tienen pendiente moderada a abrupta. A diferencia de las mesetas volcánicas lávicas, presentan mayor erosión y una cobertura de suelo arenoso originada por la meteorización de las rocas, principalmente, de procesos físicos. Una pequeña exposición de estas se puede apreciar en el sector Callalli (Fotografía 5.1), zonas de colinas y lomadas altas adyacentes al volcán Mismi y en la parte central a flujos piroclásticos del volcán Huarancante, sector de Pata pampa (Figura 5.6).

### 5.1.6 Laderas con flujos de lava asociado a estratovolcanes

Esta unidad está constituida por los productos lávicos del Grupo Barroso generados por los complejos volcánicos o estratovolcanes

Hualca Hualca, Mismi, Huarancante y Ananta. Algunos aparatos volcánicos se presentan más o menos destruidos o fuertemente erosionados que otros, los cuales han sido modificados por circos glaciares que bajan en forma radial hacia los valles tributarios y principal. Se extienden desde las altas cumbres y divisoria de aguas de la subcuenca, hasta el pie del valle y cañón del Colca. Presentan una topografía moderada a abrupta, encontrándose planicies o superficies levemente inclinadas producto de los derrames volcánicos que descienden hacia zonas altiplánicas locales (pampas Pinaya y Pajonal). Sobresalen en esta cuenca, con mayor exposición norte y noroeste del Hualca Hualca, cuya generación de lavas con un recorrido de más de 30 km desde su centro, llegan hasta el cañón del Colca, muy cerca al valle de Huambo; así como hasta la vertiente sur y sureste del volcán Mismi, entre otros menores.



**Fotografía 5.1** Sector Callalli con mesetas y colinas de ignimbritas, en el sector conocido como «Castillos encantados de Callalli». Vista hacia el suroeste, al fondo el nevado Mismi



**Figura 5.6** Vista hacia el suroeste del Mirador de los Andes (Patapampa), planicie o meseta ignimbrítica expuesta en el lado norte del volcán Huarancante. En (A) una amplia planicie que se extiende hacia el complejo volcánico Ampato-Sabancaya. En (B) detalle de las ignimbritas. La vista inferior (C) sector del Mirador exponiendo una superficie amplia y rocosa afectada por la erosión glacial durante el Pleistoceno-Holoceno.

### 5.1.7 Coladas o campos de lavas basalto-andesíticas

Corresponden a las últimas manifestaciones de actividad volcánica andina pliocena-holocena, de origen fisural y tectónico que rellenan cauces antiguos de valles fluvio-glaciares, laderas (Coporaque-Canocota; Huambo-Cabanaconde, Gloriahuasi, río Molloco, asociados generalmente a centros volcánicos pequeños y conos monogenéticos (Figura 5.7; fotografías 5.2 y 5.3). Los campos de lava escalonados presentan superficies rugosas algo onduladas, con formas alargadas y lóbulos frontales empinados en frentes de lavas agudas, dentadas y escoriáceas, así como lavas «tipo pahoehoe» y lavas en bloques «tipo aa» y escasa o nula cobertura vegetal en las lavas más jóvenes y pequeña formación de suelo en las relativamente más antiguas que incluso se aprovechan como tierras de cultivo. Por su antigüedad y grado de erosión, suelen formar algunos cañones o cauces estrechos como resultado de la erosión posrepresamiento de los valles. Algunos frentes de lavas por enfriamiento han condicionado el

fracturamiento o diaclasamiento; cuando estos frentes son de regular altura, suelen apreciarse caída de rocas y derrumbes de bloques de diferente dimensión.

### 5.1.8 Conos de escorias monogenéticos

Corresponden a paisajes cónicos truncados con acumulación de material piroclástico suelto (escorias, cenizas y bombas), a partir de un conducto central o cráter. La actividad volcánica de tipo estromboliana caracteriza a esta unidad (Fotografía 5.4). Presentan alturas entre 50 a 300 m, con laderas de pendiente moderada a fuerte. En la subcuenca del Colca, se encuentran distribuidos en las zonas de Gloriahuasi donde se encuentran tres conos y Huambo donde se encuentran cuatro conos destacando el de Marbas Grande y Marbas Chico (Fotografía 5.4), río Molloco y sector Mojonpampa con un cono monogenético (Keyoc). Las acumulaciones de cenizas, escorias y lavas escoriáceas son susceptibles a erosión de laderas.



**Figura 5.7** Vista hacia el norte que muestra al fondo el estratovolcán Mismi; al pie de este, sobresalen coladas lávicas con frentes abruptos subverticales asociadas a este estratovolcán en las pampas Pinaya y Pajonal (A). En primer plano, la vertiente aluviolacustre con desarrollo de agricultura en el sector Chivay (B) rellena en su parte superior y margen derecha por campos de lavas basálticas fisurales Andagua que descienden desde el centro volcánico Hatun Orcco (C). En el lado derecho de la figura, laderas con pendientes moderadas a abruptas en frentes de mesetas volcánicas erosionadas del Grupo Tacaza (D), coladas lávicas del estratovolcán Huaracante en la parte superior en el cerro Saylluta (E).





**Fotografía 5.2** Coladas de lavas cuaternarias en el sector de Solarpampa. Vista al oeste-noroeste.



**Fotografía 5.3** Coladas que lava que descienden desde el sector de Mojoampampa. Se aprecia en el pie de las lavas el aprovechamiento de tierras de cultivo con andenes (sector Chinini). Vista tomada desde Hayaquima.



**Fotografía 5.4** Conos volcánicos monogenéticos Marbas Chico y Marbas Grande; carretera Huambo-Alto Sihuas. Vista al suroeste.

## 5.2 UNIDADES DE CARÁCTER DEPOSICIONAL O AGRADACIONAL

### 5.2.1 Vertiente glaciofluvial

La cuenca presenta abundantes acumulaciones de sedimentos de formas irregulares que bordean zonas montañosas con litología sedimentaria y volcánica, asociados a una morfogénesis de origen

glacial o periglacial. Su distribución está restringida a altitudes superiores a los 4400 m s.n.m. como las vertientes noreste del Ampato, oeste del Hualca Hualca, este y sureste del Mismi (Fotografía 5.5), principalmente. La pendiente de estas acumulaciones es normalmente suave a moderada, generando superficies plano-onduladas a levemente inclinadas ( $< 5^\circ$ ). Son materiales fáciles de erosionar y remover con lluvias generando avalanchas o flujos de detritos y cárcavas.



**Fotografía 5.5** Vista al sureste en el sector Ran Ran, trocha que accede a la vertiente norte del Mismi; vertientes glaciofluviales y morrenas, (M) que colindan con algunos bofedales o lagunas pequeñas.

### 5.2.2 Morrenas

Son acumulaciones de origen glaciar, que generan relieves alargados y colinados, dispuestas en las laderas superiores de las montañas, las márgenes de valles glaciares o bordeando algunas lagunas. Generalmente, se encuentran morrenas expuestas y con regular extensión en las vertientes oeste y este del nevado Hualca Hualca (Figura 5.8), cordillera de Shilla, Mismi, así como otras montañas glaciares denudadas con alto índice de retroceso y acumulación glaciar (sector del cerro Pichillhuay), al noroeste de Huambo. Algunas vertientes superiores, recientemente, afectadas por la deglaciación actual muestran acumulaciones detríticas como testigos del cambio climático, como las que se aprecian en las cabeceras del valle de Choco-Mina, sector Tapay, así como vertientes del Mismi, partes altas de Madrigal, Lari, Coporaque; también en algunas vertientes superiores del Huarancante, en las alturas de Chivay (margen izquierda del Colca).

### 5.2.3 Vertiente con depósito de deslizamiento

Las características geológicas, climáticas y tectónico-volcánicas en el valle del Colca han condicionado la ocurrencia de grandes

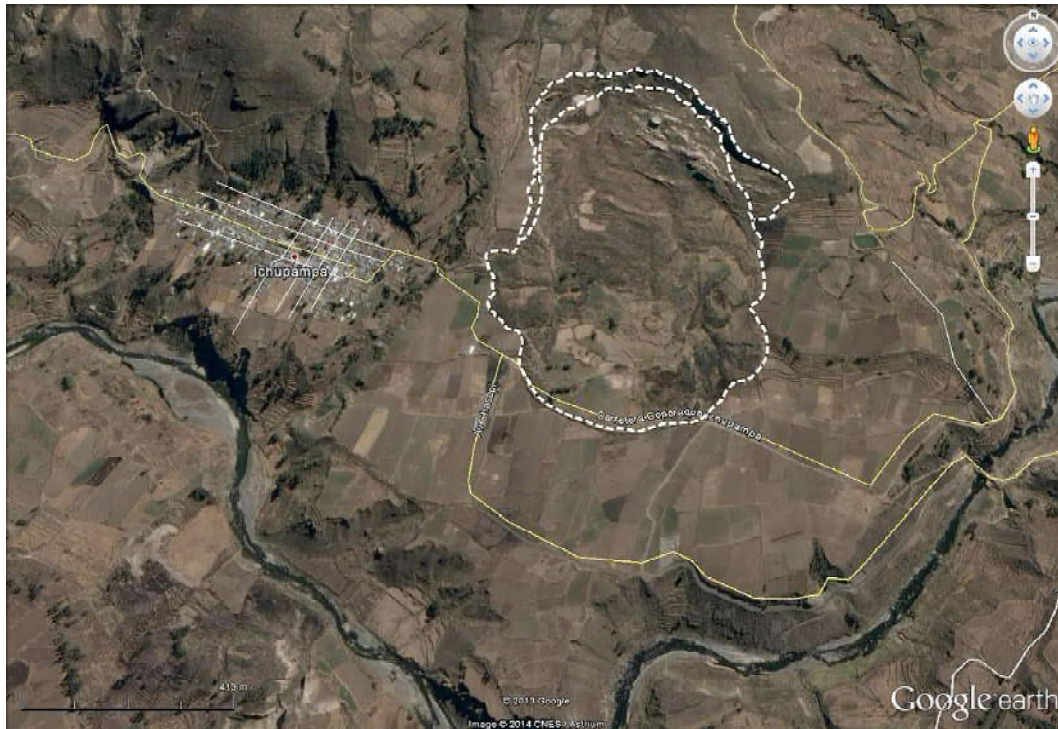
movimientos en masa. Los paisajes originados por estos procesos gravitacionales varían desde pequeñas a grandes dimensiones, probablemente, detonados por lluvias excepcionales o asociados a eventos sísmicos y sismovolcánicos importantes. Esta unidad corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa no históricos y recientes (deslizamientos, derrumbes, avalanchas de rocas y/o movimientos complejos). Generalmente, se componen de depósitos inconsolidados a ligeramente consolidados, muestran una composición litológica homogénea, tratándose de depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes de áreas fluviales o periglaciares. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa (Figura 5.9 y Figura 5.10). Su relación con la litología es variable destacando las secuencias aluviolacustres de la Formación Colca en el valle del Colca. Los depósitos de avalancha de escombros del Hualca Hualca, entre otros menores, están relacionados a rocas sedimentarias en el lado oeste de la cuenca.



**Figura 5.8** Ladera oeste del nevado Hualca Hualca donde se tiene una vertiente glaciofluvial que desciende hacia la laguna Mucurca. En esta vertiente, se diferencian unas colinas alargadas desarrolladas sobre un substrato volcánico lávico que constituyen morrenas longitudinales, testigos del retroceso glaciar.



**Figura 5.9** Depósito de deslizamiento-flujo entre Chivay y Yanque, margen izquierda del río Colca.



**Figura 5.10** Imagen satelital que muestra una vertiente en la margen derecha del río Colca cerca de Ichupampa, donde se distingue un depósito de deslizamiento de tipo rotacional y flujo de tierra, con pendiente moderada, que compromete terrenos de cultivo.

#### 5.2.4 Vertiente de detritos indiferenciada

La unidad está compuesta por acumulaciones en las laderas de montañas o colinas hasta el pie de valles adyacentes, en forma de talus de detritos (Figura 5.1). No presenta una geoforma característica por estar asociada a un solo evento coluvial o coluvio-deluvial de movimiento en masa, pudiendo corresponder a más de uno. Su distribución en altura y tipos de roca es variable, presentándose mayormente en las márgenes de los valles tributarios o principales (sectores de Huambo; margen derecha del cañón del Colca). Usualmente, se generan depósitos en abanico de flujos o deslizamientos entrelazados, donde es difícil individualizarlos como uno, así como difícil de estimar la zona de arranque o despegue. Su morfogénesis se asocia a eventos gravitacionales en presencia de agua o no, y escasas zonas periglaciares en el pasado.

#### 5.2.5 Vertiente aluvio-lacustre

La unidad constituye un valle de represamiento en el río Colca, localizada entre la quebrada Chocahuanca y Pinchollo (al oeste)

hasta cerca de Sibayo (al este). Inicialmente, se pensaba que era un solo represamiento del río Colca, causado por una avalancha de escombros y flujos volcánicos del nevado Hualca Hualca (Palacios & Klink, 1980). Estudios posteriores de campo han permitido determinar la existencia de un represamiento adicional originado por lavas fisurales muy cerca al poblado de Canocota, de ahí que los límites de ambos represamientos difieren de la estimación inicial<sup>30</sup>. El primero presenta una extensión de 41 km y 10-12 km de ancho, con depósitos lacustres, fluviales y proluviales (aluviones, lahares), con espesores de hasta 200 m (máximos en el sector de Lari-Madrigal) como se muestra en la Fotografía 5.6 y la Figura 5.12. El segundo represamiento entre Canocota y Sibayo, los sedimentos proluvio-lacustres son de menor espesor y la extensión del lago alcanzó alrededor de 12 km de longitud y 3 km de ancho<sup>31</sup> (Figura 5.13)<sup>32</sup>. Destacan en esta unidad las localidades del valle del Colca emplazadas sobre los depósitos aluvio-lacustrinos, de este a oeste: Tuti, Chivay, Yanque, Achoma, Ichupampa, Lari, Madrigal y Maca. La característica de estos materiales hace que sean muy susceptibles a los deslizamientos.

<sup>30</sup> Estudios efectuados por el IGP (Ocola y Gomez, 2005), en el valle del Colca, mencionan la presencia de dos paleolagos, el paleolago Colca originado por la avalancha de rocas del Hualca Hualca y el paleolago Canocota por el emplazamiento fisural de lavas en el valle fluvial, ambos en tiempos diferentes cuyas dataciones no han sido establecidas.

<sup>31</sup> Dentro de esta unidad se emplazaron una serie de flujos y avalanchas de rocas, algunos de los cuales originaron cierres temporales del valle principal.

<sup>32</sup> Testigos del represamiento de este lago se encuentran aguas arriba de Canocota, hasta Sibayo. Sin embargo existe un cierre menor de estas lavas en el sector entre Chivay-La Calera, donde también se han encontrado depósitos lacustres.

Geomorfológicamente, siendo una unidad localizada y emplazada en el valle del Colca, presenta una alternancia de materiales aluviales, proluviales y lacustres acumulados en el «paleolago Colca». Presenta la mayor acumulación de procesos de movimientos en masa en la cuenca (deslizamientos, derrumbes, huaycos y movimientos complejos), y erosión de laderas. Una pequeña depresión con acumulaciones de este tipo corresponde también a la laguna Mucurca, ubicada al este de Huambo<sup>33</sup>.

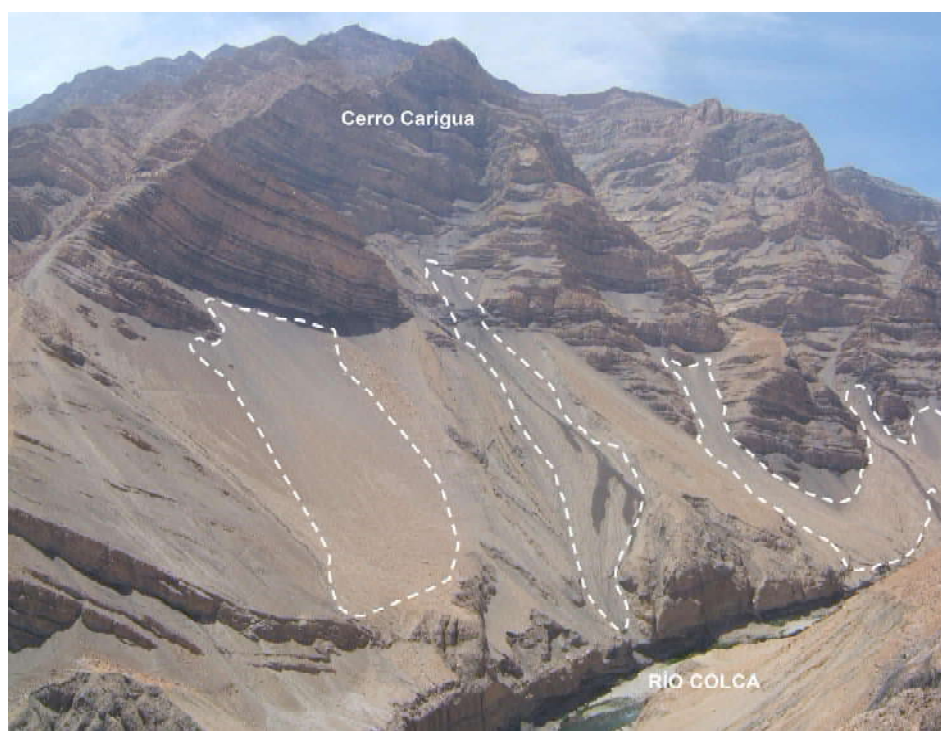
### 5.2.6 Planicie o piedemonte aluviotorrencial

Las planicies se encuentran ligeramente inclinadas y extendidas, al pie de los sistemas montañosos o estribaciones. Fueron formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, en la mayoría de los casos, y activadas usualmente durante el fenómeno El Niño. Dentro de la cuenca se asocian principalmente a sectores con substrato sedimentario (areniscas, conglomerados, capas rojas y rocas intrusivas), y se distribuyen geográficamente en el lado

oeste de la cuenca, destacando las zonas de Huambo y suroeste de Huambo, que colindan con superficies de coladas volcánicas (figuras 5.15 y 5.16). Las pendientes son suaves a moderadas variando en muchos casos entre 1° a 5°. Esta característica, además de la naturaleza de los materiales que la conforman, las hace susceptibles a remoción por flujos de detritos, erosión fluvial en las márgenes de quebradas. Además, están sujetas a la ocurrencia de eventos que se dan en los sectores circundantes, principalmente, de las cuencas superiores.

### 5.2.7 Abanicos de piedemonte

Es común encontrar en la cuenca depósitos aluviales o proluviales dispuestos en forma de abanicos, con ligera pendiente hacia el valle (desde suave 2° hasta 10-15°), relacionados enteramente a la ocurrencia de flujos de detritos. Son acumulaciones heterométricas y heterogéneas de material clástico en la desembocadura de quebradas o ríos tributarios.



**Figura 5.11** Vertientes de detritos indiferenciados en una margen del cañón del Colca, frente a las pampas de Ayo (cerro Carigua). Incluye depósitos coluviales y residuales de un substrato sedimentario muy fracturado.

<sup>33</sup> Depósitos lacustres han sido encontrados también en el sector encima y adyacente al poblado de Canco. Esto podría corresponder a un cierre temporal del cañón del Colca (de gran altura) que estaría asociado a el emplazamiento de lavas Andagua que descendieron desde el valle de los volcanes de Andagua (margen derecha) o quizás a algún derrumbe o deslizamiento en el sector, considerando la alta susceptibilidad y el fuerte fracturamiento que muestran las secuencias sedimentarias aguas abajo; como ocurrió en el cerro Carigua en 1990. La erosión sobre estas secuencias lávicas o de depósito de deslizamiento representan una etapa de incisión del cañón asociada al levantamiento regional del área. Nota del autor.



**Fotografía 5.6** Sector Marcapata, frente a Achoma, con gran acumulación de depósitos aluviolacustres; evidencian, además, la incisión del valle y la formación de terrazas aluviales.



**Figura 5.12** Sectores de Madrigal-Lari-Maca que conforman una vertiente aluviolacustre que descienden con ligera pendiente desde ambas márgenes del Colca



**Figura 5.13** Acumulación de depósitos aluviolacustres (paleolago Colca 2), en el sector entre Tuti-Canocota, ambas márgenes del río Colca, formando terrazas y piedemontes desarrollados por la agricultura y de uso poblacional.



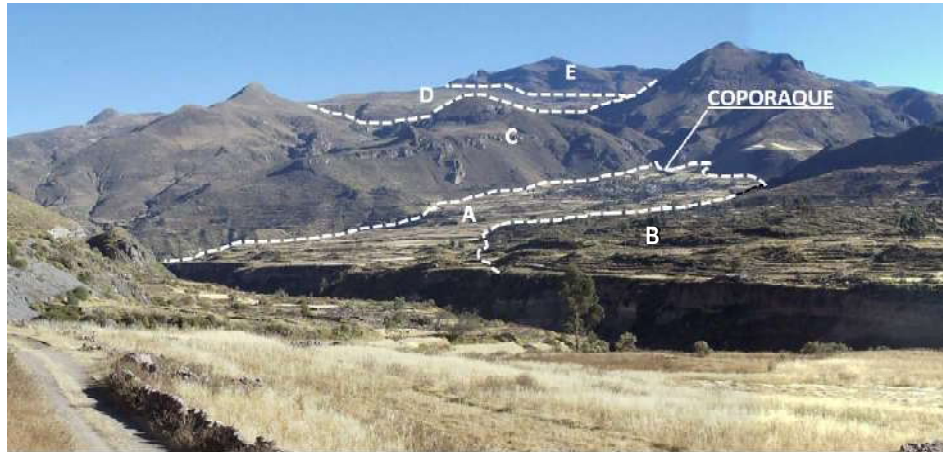
**Figura 5.14** Vista hacia el norte en el sector Huambo. Planicies aluviorrenciales (P-at) y planicies de travertino (P-t), que caracterizan a esta zona. Limitadas por colinas y montañas sedimentarias y disectadas por el río Huambo y tributarios (Ashua).



**Figura 5.15** Vista hacia el sureste del valle agrícola de Huambo desarrollado sobre un piedemonte aluvial o aluviorrenciales. Limitan las zonas planas colinas y montañas estructurales en rocas sedimentarias.

Sus principales exposiciones se encuentran en el valle del Colca, destacando los abanicos en Cabanaconde, Madrigal, Lari,

Marcapampa, Yanque, Coporaque (Figura 5.16), Pusa Pusa, y algunos enfrente de Callalli.



**Figura 5.16** Abanico proluvial en el sector de Coporaque con ligera inclinación al río Colca (A); limita con campos de lavas fisurales de Andagua (B). Vista hacia el noroeste. Al fondo colinas y montañas en rocas volcánicas y volcanoclásticas que circundan a Coporaque (C); planicies volcanoclásticas (D) y flujos de lavas del complejo volcánico Mismi en la parte superior (E).

### 5.2.8 Cauce fluvial o llanura inundable y terrazas indiferenciadas

La subcuenca del Colca, morfológicamente, muestra valles tributarios de cauce variable, donde no es posible, a la escala del mapa topográfico, diferenciar niveles o terrazas adyacentes a la llanura de inundación fluvial. Algunos tramos del cauce principal o

tributario son angostos como lo es el Colca en muchos de sus tramos entre Sibayo y Andamayo (Fotografía 5.7), con escasas zonas planas con cursos o drenajes paralelos o entrelazados destacando sobre el resto del cauce fluvial del valle como lo es el tramo entre Sibayo-Callalli, valle afluente al río Colca, margen izquierda (Figura 5.17).



**Fotografía 5.7** Valle fluvial y terrazas indiferenciadas en el cauce del Colca, aguas arriba de Chivay. Limitan vertientes aluviolacustres (A) en las partes bajas en la margen izquierda y campos de lavas fisurales Andagua (B) en la margen derecha, formando frente escarpados por encima del cauce.





**Figura 5.17** Valle del río Pulpera entre Callalli y Sibayo, afluente del río Colca por la margen izquierda. Muestra una amplia llanura de inundación y terrazas bajas discontinuas.

### 5.2.9 Planicies de travertinos

Superficies planas, generalmente aluviales u fluvio-glaciares, pero con una cobertura de travertino de origen continental<sup>34</sup> (calizas formadas por evaporación en manantiales y ríos). Se exponen principalmente en Huambo y alrededores (figuras 5.15 y 5.16).

### 5.2.10 Terrazas aluviales

Niveles de terrazas son diferenciales en el lado este de la subcuenca, en las márgenes del río Pulpera (Fotografía 57). Es importante indicar que muchos de los sectores del valle del Colca que corresponden al depósito aluviolacustre por erosión muestran hasta 2 o 3 niveles de terrazas por encima del cauce, evidenciando los diferentes ciclos de erosión durante el Cuaternario.



**Fotografía 5.8** Confluencia de los ríos Pulpera y Colca. Unidad de valle inundable y terrazas bajas en el sector de Sibayo, limitadas por colinas volcánico – sedimentarias.

<sup>34</sup> Los travertinos forman plataformas que en muchos casos se van superponiendo formando escalonamientos; están muy relacionados con el ser humano y han sido aprovechados por este desde hace miles de años debido a la presencia de agua en su entorno, desde la prehistoria cuando los seres humanos aprovechaban sus oquedades y abrigos como hábitat, hasta la actualidad donde fueron lugares elegidos para establecer sus poblaciones.





## CAPÍTULO VI

COMO SE FORMÓ EL CAÑÓN DEL COLCA: INTERPRETACIÓN  
TECTÓNICA, VOLCÁNICA Y GEOMORFOLÓGICA



# CAPÍTULO VI

## COMO SE FORMÓ EL CAÑÓN DEL COLCA: INTERPRETACIÓN TECTÓNICA, VOLCÁNICA Y GEOMORFOLÓGICA

El cañón del Colca es conocido geográficamente, como el valle estrecho que se extiende entre Pinchollo al este y Andamayo al Oeste. Recorre aproximadamente 98 km de longitud siguiendo una dirección este-oeste en el tramo entre Pinchollo y Cabanaconde a NE-SO entre Cabanaconde y Andamayo, descendiendo 1800 m entre 2950 y 1150 m s.n.m.

La reconstrucción de la evolución de la topografía en la superficie a través de tiempo geológico puede ayudar a dilucidar las complejas relaciones entre fuerzas tectónicas, variaciones del clima, química y física, y la erosión y sus efectos resultantes sobre un paisaje (Shildgen, T. *et al*, 2007), como lo puede ser un cañón.

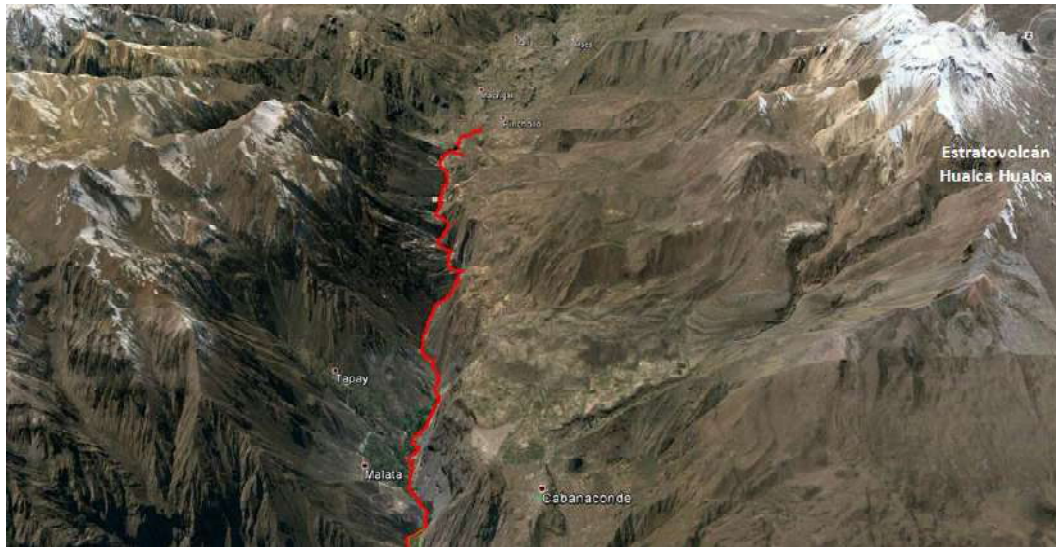
### 6.1 VARIACIÓN GEOLÓGICA LONGITUDINAL EN EL CAÑÓN

Para entender la evolución geológica y formación del cañón primero se resumirá la geología por tramos, sin dejar de lado la influencia geológica-tectónica en las márgenes del valle, así como la influencia principal del valle superior en la formación del cañón. Se describirán cuatro tramos principales de este a oeste:

**1. TRAMO PINCHOLLO-CABANACONDE:** En el primer tramo del cañón, el río Colca transcurre sobre secuencias volcánicas formando paredes muy abruptas, que corresponden a secuencias de edad Paleógeno-Neógeno (volcánicos Tacaza; más expuestos en la margen derecha), así como flujos de lavas andesíticas y traquiandesíticas del complejo Hualca Hualca del Pleistoceno. En ambas márgenes, teniendo como basamento el Tacaza, se levantan dos complejos volcánicos: el Bomboya, en la margen derecha y el Hualca Hualca, en la margen izquierda. Al final de este tramo, las lavas andesíticas del primer episodio del Hualca Hualca descienden hasta cerca del cañón haciendo un recodo importante y cubren discordantemente a secuencias de las formaciones Puente y Cachíos (Jurásico-Cretácico) que forman parte del substrato en el fondo del cañón. Estructuralmente, las lavas están dispuestas en forma horizontal a subhorizontal, donde destacan niveles con

estructuras columnares observables en las paredes del cañón, que alcanzan hasta 1000 metros desde el fondo del cañón, y que descienden bruscamente desde superficies planas hasta depresiones en las partes superiores formando mesetas volcánicas. Este tramo tiene una connotación importante, además de ser el inicio del cañón, en el sentido de la presencia de depósitos de una avalancha de rocas de origen volcánico originada en el flanco norte del Hualca Hualca, que están expuestos en parte del sector de Pinchollo, y en algunos sectores del cañón, principalmente, distribuidos en las zonas de Madrigal, Lari y Maca. Como ya se ha mencionado en ítems anteriores, este depósito originó el represamiento del río Colca originando un gran paleolago (Figura 6.1).

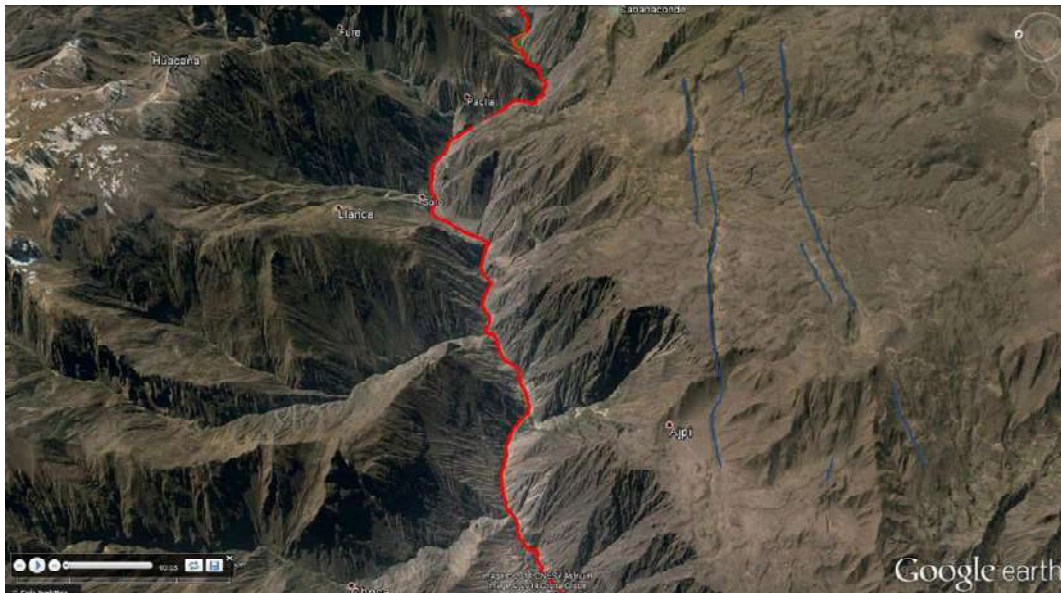
**2. TRAMO CABANACONDE-CHOCO:** El segundo tramo atraviesa rocas de diferentes edades, las más antiguas en las laderas inferiores que conforman el cañón, después de la confluencia de la quebrada Cabanaconde (afluente por la margen izquierda) hasta frente al poblado de Choco. En este tramo gneis pre-cámbricos están cortados por algunos cuerpos intrusivos de edad Cretácica que afloran en el fondo del cañón y cubiertos discordantemente por secuencias sedimentarias más jóvenes en ambas márgenes (formaciones Socosani, Puente y Cachíos), así como lavas andesíticas colgadas que provienen del complejo volcánico Hualca Hualca y, más encima, lavas más jóvenes en la parte superior del Grupo Andagua, que cubren discordantemente tanto las lavas del Hualca Hualca como afloramientos sedimentarios jurásico-cretácicos. Estas lavas basálticas o basalto-andesíticas, las más jóvenes que se exponen en el Colca, cubren el paleorelieve dejado por las lavas del flanco noroeste del Hualca Hualca. Este sector es diferente a los demás y muestra una tectónica activa con un sistema de fallas cuaternarias que siguen una dirección este-oeste por cerca de más de 16-18 km de longitud, casi paralelo a la dirección promedio del cañón en este tramo. Las fallas cortan los campos de lavas Andagua (pampas Mojonpampa, Solarpampa, El Trigal-Uncapampa) formando escarpas importantes, apreciables en el tramo carretero entre Huambo y Cabanaconde (Figura 6.2 y Fotografía 6.2).



**Figura 6.1** Imagen oblicua del Tramo 1 del cañón entre Pinchollo y Cabanaconde eminentemente de influencia litológica volcánica. Se aprecia el estrato volcán Hualca Hualca y una forma de herradura avista hacia el río Colca y un tramo inicial del cañón eminentemente formado sobre rocas volcánicas.



**Fotografía 6.1** Vista aguas abajo de parte del tramo 1 del cañón del Colca observado desde Chimpa. Se aprecia una pared casi vertical con varios niveles de flujos de lava del Hualca Hualca con estructura columnar.



**Figura 6.2** Imagen oblicua del Tramo 2 del cañón donde se distingue una planicie lávica (lavas Andagua) en la margen izquierda afectada por el sistema de fallas Huambo-Cabanaconde (El Trigal, Solarpampa). El fondo del cañón con secuencias intrusivas y metamórficas muy fracturadas y con esquistosidad, solapadas por secuencias volcánicas del Hualca Hualca, que llegan hasta frente de Choco.



**Fotografía 6.2** Tramo de la carretera que desciende hacia Choco donde se aprecian secuencias intrusivas y metamórficas en ambas márgenes del río Colca.

**3. TRAMO CHOCO-CANCO-SAN ANTONIO:** En el tercer tramo, hasta muy cerca de Andamayo, el río Colca corta mayormente rocas sedimentarias jurásico-cretácicas plegadas por la tectónica Andina; a excepción del sector de pampa de Ayo y San Antonio, en donde atraviesa lavas fisurales del vulcanismo Andagua. Los ejes estructurales de los pliegues (anticlinales y sinclinales) en las secuencias sedimentarias siguen una dirección regional NO-SE, que controlan la disposición de cursos de agua o quebradas que confluyen al río principal, así como los recodos o variaciones locales del cauce principal del río. Las formaciones geológicas

sedimentarias expuestas atraviesan de una margen a la otra del Colca. Estructuralmente, presenta también otro estilo de deformación siendo notable una estructuración de fallas de rumbo NNO-SSE a NS que corresponde a la implantación de lavas basálticas de origen fisural y la presencia de conos monogenéticos en las zonas oeste de Huambo, margen izquierda del Colca (Uchapampa/Jarán); otras más al oeste. Esta continuidad estructural y vulcanismo fisural estromboliano se prolonga en la margen derecha del Colca entre Ayo-Andagua con dirección sur-norte con mayor extensión (Figuras 6.3 y 6.4).



**Figura 6.3** Imagen oblicua del Tramo 3 del cañón dominado litológicamente por secuencias sedimentarias jurásico-cretácicas. Resaltan el valle de los volcanes de Andagua (A) y su prolongación en la margen izquierda al sector de Huambo con algunos conos monogenéticos y campos de lavas recientes, Glorihuasi-Jarán (B).



**Figura 6.4** Vista desde Uncapampa hacia Ayo. Secuencia predominantemente sedimentaria en la margen derecha cortada por intrusivo (cerro Sucna). En la margen izquierda del cañón del Colca la secuencia sedimentaria jurásico-cretácica está cubierta por lavas recientes Andagua.

El emplazamiento de lavas que descendieron del valle de los volcanes de Andagua originó un cierre de gran altura en el cañón del Colca, probablemente, generando un paleolago. La evidencia de este proceso está registrada en la ladera media del sector Canco, donde se ha encontrado un paquete

importante de sedimentos lacustres (Figura 6.3 y Fotografía 6.3). La datación de estas lavas permitirá determinar una edad aproximada de otra etapa de incisión en el cañón del Colca<sup>35</sup>. En el sector de Canco, el substrato del cauce está formado, además, por rocas de la Formación Socosani.

<sup>35</sup> Thouret et al. (2012) señala 150 m de flujos de lava con edades entre 0,15-0,13 Ma, para las lavas que descienden del valle de volcanes de Andagua, representando este un nivel de incisión del cañón.

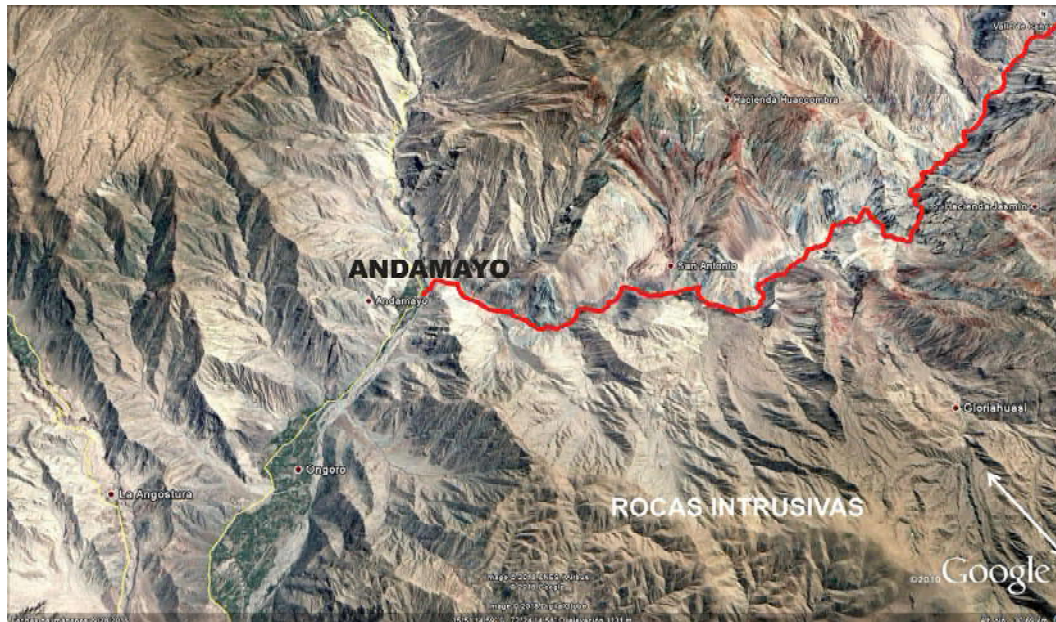




**Fotografía 6.3** Depósitos lacustres en las vistas superiores (A y B) y substrato de calizas de la Formación Socosani en el lecho del cañón del Colca. Sector Canco (C).

**4. TRAMO SAN ANTONIO-ANDAMAYO:** El extremo oeste del cañón está limitado, estructuralmente, por un sistema de fallas de dirección andina (NO-SE) que limita litológicamente *stocks* intrusivos cretácico-terciarios, expuestos en los cerros de Andamayo y Jarán,

con secuencias jurásico-cretácicas más antiguas que siguen un rumbo regional similar. Al parecer el vulcanismo fisural presente en los sectores de Glorihuasi y San Antonio se asociaría a este fallamiento regional y está en contacto con este (Figura 6.5).



**Figura 6.5** Tramo 4 del cañón del Colca al suroeste de Huambo. Se distingue una secuencia sedimentaria que sigue un alineamiento estructural NO-SE, en contacto con rocas intrusivas expuestas en los cerros de Jarán-Andamayo.

Entendiendo geocronológicamente el contexto regional y local del espacio ocupado por el cañón, se puede resumir la historia geológica del área y, por ende, la formación del cañón en los siguientes episodios importantes:

- El emplazamiento de un substrato metamórfico con gneis de composición tonalítica y granítica (denominado por Caldas, 1994, como «Complejo metamórfico Majes-Colca») es expuesto en el fondo del cañón como unidad geológica basal correlacionable con el cratón o Escudo Brasileiro, y formado aproximadamente hace 600 millones de años (Palacios *et al.*, 1995). Su individualización o separación estructural estaría asociada a procesos tectónicos durante el Paleozoico superior o Triásico. La no exposición de rocas del Paleozoico y Mesozoico (Triásico) indican que se comportó en estos tiempos como una zona emergida expuesta a la erosión, como altos estructurales, al igual que los que se tienen cerca del área en la zona oeste de Andamayo.

- Etapas de transgresión y regresión marina durante el Jurásico-Cretácico, que se inician con secuencias marinas en un arco volcánico y sedimentación litoral (Formaciones Socosani, Puente, Cachíos, Labra, Gramadal y Hualhuani). Luego se produce el levantamiento, erosión y deposición de sedimentos continentales

de la Formación Murco. Posteriormente una transgresión ocurre durante el Albiano y la depositación de calizas marinas de la Formación Arcurquina continúan hasta el Cenomaniano.

- Inicio del levantamiento regional de los Andes y regresión marina con depositación de secuencias clásticas con facies evaporíticas (Formación Seraj y Ashua), durante el Cretácico superior.

- Tectónica Andina (Fase Peruana) y plegamiento del prisma sedimentario a fines del Cretácico con plegamientos apretados en la zona (NO-SE) y el emplazamiento del Batolito de la Costa en el mismo sentido estructural con *stocks* principales en el cerro Chejo, cerros Andamayo/Jarán y cuerpos discontinuos al oeste de la mina Madrigal. La intensa posterior erosión, genera las acumulaciones de los conglomerados Huanca (Paleoceno), expuestos en la zona de Huambo.

- Una nueva fase compresiva tectónica (Fase Incaica) pliega los sedimentos de la Formación Huanca a finales del Oligoceno. Las estructuras presentes muestran una tendencia E-O o NE-SO.

- Un intenso magmatismo efusivo y piroclástico asociado al vulcanismo Tacaza en el Mioceno es extendido hasta el sector del cañón del Colca (cerca de Canco) y la laguna Mucurca (al este de Huambo).

- Nueva fase de plegamiento (fase Quichuana I) individualiza tres zonas estructurales en la región andina (dos de ellas expuestas en el Colca): una faja plegada con pliegues apretados y una zona occidental de pliegues amplios). Esta fue seguida de una intensa erosión originando un relieve ondulado en la región cordillerana, con algunas colinas estructurales sedimentarias más elevadas. Las secuencias volcánicas del Tacaza son plegadas en esta época.

- Fase magmática del Grupo Barroso durante el Pliocuatnario, con varios pulsos magmáticos, donde destacan la formación de los estratovolcanes Hualca Hualca y Mismi (los más cercanos al cañón), y la generación de lavas andesíticas que rellenan el paleorelieve ondulado heredado de la erosión del Grupo Tacaza y unidades más antiguas (jurásico-cretácicas). Las lavas llegan a cubrir la zona del actual cañón y el valle del Colca entre Achoma y Cabanaconde principalmente, siguiendo la pendiente natural hacia el Colca y bordeando los relieves más elevados. Estos pulsos efusivos del volcán que alcanzan en su conjunto alrededor de 800 m represaron el valle antiguo del Colca y condicionan en gran parte su morfología actual.

- Continúa el levantamiento andino asociado al proceso de subducción durante el Pleistoceno. La faja cordillerana con volcán-nevados y relieves volcánicos a más de 5000 metros de altura son ocupados por glaciares. En esta época el paisaje volcánico es modelado en circos, valles glaciares, morrenas que descienden hacia el valle del Colca, colector fluvial que desarrolla una intensa incisión y profundización vertical del valle en el límite entre los volcánicos Tacaza (margen izquierda) y las lavas del Hualca Hualca (margen derecha), por ser una zona de debilidad. Desde este tiempo, aproximadamente, la ubicación del río Colca correspondía a la que se observa actualmente. Algunos grandes procesos gravitacionales importantes se producen en la zona, especialmente, en el edificio volcánico Hualca Hualca, donde el colapso del flanco norte genera una avalancha de rocas represando nuevamente el valle del Colca, y llegando a formar un gran paleolago entre Pinchollo y Yanque, aguas arriba. Este paleolago es alimentado paulatinamente por sedimentación más fina y aluvial que es sobrepuesta con los depósitos de las vertientes de ambas márgenes que descienden hacia el Colca bajo la forma de flujos de detritos.

- En el Pliocuatnario (Pleistoceno-Holoceno), ocurre un evento magmático importante en la subcuenca del Colca, con la generación de grandes cantidades de lavas, como resultado de un proceso de extensión tectónica regional en el sur de Perú. Esta facies volcánica de tipo fisural con establecimiento de centros eruptivos a largo de fallamientos de rumbo NNE-SSO, N-S y E-O se desarrolla tanto a piso de valles fluviales, glaciofluviales, piedemontes aluviotorrenciales y laderas, cubriendo extensas áreas. Destacan

en el sector del cañón las coladas de lava de las zonas de Mojonpampa, Solarpampa, Uncapampa, que cubren las lavas del Hualca Hualca y se sobreponen a colinas estructurales sedimentarias (rocas de las formaciones Puente y Cachíos en el sector de Chinini y Sajarhua), extendiéndose hacia los bordes abruptos de relieves planondulados y acantilados subverticales del cañón originando frentes de lavas colgadas. También, son importantes los conos monogenéticos y flujos de lavas de los sectores al oeste de Huambo, algunos de los cuales como los existentes en el sector de Gloriahuasi y San Antonio, llegan hasta el fondo del valle fluvial.

- La actividad neotectónica en esta área deviene desde esta fecha; donde las fallas presentes condicionan su régimen tectónico, así como del paleolago formado aguas arriba de Pinchollo. La cuenca cerrada del paleolago Pinchollo-Yanque fue paulatinamente llenándose, mientras que la incisión del valle-cañón aguas abajo era mínima o nula. Sin embargo, la actividad tectónica del área, generada por el fallamiento activo generó una desestabilización y paulatino desagüe en el paleolago existente, el cual está expresado en las estructuras de «sismitas» encontradas en los depósitos lacustres. Las evidencias de este proceso erosivo del río profundizando su cauce, están reflejadas en los diferentes niveles de terrazas erosivas en los depósitos del piedemonte aluviolacustre expuesto entre Madrigal-Lari-Maca-Achoma-Yanque donde es posible apreciar hasta tres niveles de terrazas, evidenciando una erosión, así como en las lavas colgadas del Hualca Hualca y las lavas de Andagua, también erosionadas.

## 6.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS VARIABLES GEOMORFOLÓGICAS, TECTÓNICAS, LITOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS

Pocos estudios geológicos han intentado resolver el origen y formación de grandes cañones en el país. El concepto principal para explicar su formación incluye la capacidad erosiva de la acción hidráulica de un río, que permite excavar la parte más baja de un valle profundizándolo, proceso denominado incisión.

Asimismo, 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 para la generación de procesos de movimientos en masa de los interfluvios (Burbank *et al.*, 1996a). Implícitamente, constituyen el mecanismo principal de transmisión de una perturbación externa (climática, tectónica, nivel de base regional) a toda la red de drenaje de la cuenca (Howard, 1994, 1998; Tucker y Slingerland, 1997; Sklar y Dietrich, 1998; Whipple y Tucker, 2002; Whipple, 2004).

El origen en su conjunto del valle-cañón del Colca se dio aproximadamente en las etapas tectónicas peruana y quechua (levantamiento, plegamiento y post-erosión); es decir, en los últimos 65 millones de años, pero su proceso de profundización se debe a varios factores como los siguientes:

1. El levantamiento y crecimiento de la cordillera de los Andes debido a la actividad tectónica generan en su proceso cambios importantes a lo largo de su perfil longitudinal. El cambio de nivel de base del río incrementa la erosión en el cauce principal y en sus tributarios. La actividad neotectónica en el Colca es evidente y responsable directo de este proceso asociado a la subducción.
2. Las desglaciaciones durante el Cuaternario y, principalmente, por los procesos erosivos acelerados causados por el río Colca originados por la inestabilidad tectónica del área<sup>36</sup>.
3. Alta topografía en el sur de Perú, más abrupta a partir de la latitud 16° Sur, que coincide con la presencia de la dorsal de Nazca y con la presencia de volcanes cuaternarios dieron origen a la formación de nevados, incrementando el flujo hidráulico y, por consiguiente, la capacidad de erosión en la parte alta de la cuenca. Las variadas geoformas glaciares en el Colca, y la interacción con aparatos volcánicos constituyen un factor importante que controla la incisión del valle (Benavente *et al.*, 2015).
4. La variación litológica descrita longitudinalmente a lo largo del cañón ha influenciado también en la profundización distinta en los cuatro sectores del cañón; los tres factores antes indicados estarían más relacionados al control litológico volcánico existente. Sin embargo, en los dos últimos tramos (principalmente en gran parte del último tramo) existe una mayor predominancia de rocas sedimentarias e intrusivas en la parte final. Whipple (2004) le da mayor importancia a la

variable litología en el proceso de incisión. Señala que las areniscas favorecen la formación de cañones, característica que está relacionada a varias de las unidades del Grupo Yura, donde se tienen alternancias de areniscas, limoarcillitas y limolitas (también calizas y margas). Esta característica no sería concluyente para definir esta variable como principal.

La formación del primitivo cañón del Colca debe haberse iniciado aproximadamente hace unos 10 millones de años atrás, pero su forma actual correspondería probablemente al último millón de años, es decir, durante el Pleistoceno y Holoceno, estrechamiento relacionado a la actividad volcánica de la región, principalmente. La morfología del gran cañón se ve influenciada por la recurrencia repetida de la actividad volcánica del Hualca Hualca, ocurrida durante el Pleistoceno (incluyendo la posterior avalancha de rocas por colapso en el flanco norte)<sup>37</sup>.

Las lavas y la posterior avalancha de rocas formaron un dique natural de más de 15 km de base y 800 m de altura en promedio, atrapando al río Colca por cientos a miles de años. Luego de miles de años, se produjo la ruptura abrupta del dique originando la profundización actual del cañón, es en esta etapa que el cañón del Colca se presenta como un desfiladero de varios metros de profundidad y poco ancho, que localmente se angosta en los parajes conocidos como Incasaltana y Puente Inca (sector Chivay).

Hacia aguas abajo el valle se profundiza para transformarse abruptamente en un cañón de grandes proporciones con pendientes que bordean los 60° de inclinación, es común encontrar acantilados verticales de cientos de metros de desnivel con una perfecta disyunción columnar (ej. entre Cabanaconde y Sangalle). La margen derecha tiene una pendiente fuerte y continua desde la cima del nevado Bomboya hasta el fondo del cañón.

<sup>36</sup> Thouret J-C *et al* (2007), refiere en un trabajo sobre incisión del cañón del Colca, que en su historia o evolución, a diferencia del cañón de Cotahuasi, no está bien limitada, porque la preincisión sobre una meseta es menos definida y ampliamente cubierta por rocas volcánicas miocénicas del Grupo Barroso. Para su historia más reciente del valle señala estar bien documentado debido a las edades nuevas reportadas de 40Ar / 39Ar en las rocas de una elevada meseta de ignimbritas del Sencca determinadas en 2.2 Ma (Klinck *et al.*, 1986). Esta edad, sin embargo, no implica que el cañón del Colca es menor de 2.2 Ma. Sugiere por el contrario que, como en el cañón de Ocoña-Cotahuasi, las ignimbritas Sencca representan recargas de un valle mayor, más tarde re-incisión en tres etapas. El primero fue rápido y ocurrió antes de 1.06 Ma, inferido a partir de los flujos de lava que se encuentran por encima del valle (1.5 km) cerca de Huambo, y en la mitad del cañón. Una segunda fase de re-incisión breve se produjo durante el rompimiento de un lago represado después de 0.61 Ma (edad de un flujo de lava que cubre depósitos lacustres superiores cerca de Achoma; 300 m de espesor de depósitos lacustres han llenado el tramo superior del valle (Klinck *et al.*, 1986) y están relacionados como consecuencia del colapso valle-flanco y flujo de lava llena. Como en el caso del cañón de Ocoña, la mayoría de la incisión se logró antes del Pleistoceno medio porque bancos topográficos formados por flujos de lava y situados 0.3 a 0.6 km sobre el suelo del valle cerca de Cabanaconde y Huambo, son 0.53 Ma de edad. Por lo tanto, la tercera y menor fase de re-incisión se produjo entre 0.53 Ma y 0.2 Ma, que es la edad de los flujos de lava cortados en la actualidad por el río Colca, cerca de la localidad de Chivay. Por debajo del nivel paleolago conservado, una serie de terrazas y ventiladores que cuelgan reflejan episodios de erosión del valle ocurridos durante un largo período. A la altura del río Ayo, afluente por la margen derecha del Colca, se presentan unos 150 m de flujos de lava con edades entre 0.15-0.13 Ma, que descienden del valle de volcanes de Andagua, representando también un nivel de incisión del cañón.

<sup>37</sup> Los estudios en otros países determinan que la formación de cañones se da 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 inició hace 50 Ma.



## CAPÍTULO VII

**ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS: MANANTIALES Y  
MANIFESTACIONES TERMALES EN EL COLCA**



# CAPÍTULO VII

## ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS: MANANTIALES Y MANIFESTACIONES TERMALES EN EL COLCA

El régimen de las aguas subterráneas juega un papel importante, para la subsistencia de la flora y fauna natural al establecimiento de poblaciones, fuente esencial para el desarrollo de la agricultura y otras actividades como el turismo, fuente de ingresos económicos en el Colca.

Peña *et al.* (2010) señalan una importante presencia de agua subterránea en la configuración y modelado del paisaje. Sin embargo, son poco conocidos los procesos que posibilitan la existencia de aguas subterráneas y superficiales, incluyendo el origen de las fuentes termales, estructuras de surgencia, así como su composición química que posibilite un adecuado uso termomedicinal.

La importancia geoturística del valle del Colca hace necesaria analizar e interpretar las características hidrogeológicas e interpretar el comportamiento del recurso hídrico subterráneo.

En los trabajos hidrogeológicos efectuados por Ingemmet en la cuenca del Colca (2008), solo en el valle del Colca entre Chivay y Maca se han inventariado 64 fuentes de aguas subterráneas; de los cuales 10 son fuentes termales, una galería filtrante, un géiser, 46 manantiales y seis puntos de control (Peña *et al.*, 2010).

A partir de las características de permeabilidad en las formaciones geológicas pueden diferenciarse las unidades hidrogeológicas siendo estas:

**Cuadro 7.1**  
**Unidades hidrogeológicas en el Colca**

| UNIDAD              | SUBUNIDAD                    | CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS  |
|---------------------|------------------------------|--|
| Acuíferos           | Porosos no consolidados      | Depósitos aluviales y fluviales distribuidos en el valle principal del Colca y tributarios mayores, acumulaciones fluvio-glaciares, morrenas, depósitos de movimientos en masa, aluviales pleistocenos, así como depósitos de remoción heterogéneos y depósitos de bofedales de altiplanicies.   |
|                     | Sedimentarios                | Areniscas y limolitas con intercalaciones de conglomerados, de la Formación Huanca.  |
|                     | De flujos de lava en bloques | Coladas de lavas basalto-andesíticas y conos de escorias del Grupo Andahua y formaciones similares.  |
| Acuíferos fisurados | Sedimentarios                | Areniscas y cuarcitas de la Formación Hualhuani, areniscas, limolitas y limoarcillitas de la Formación Murco, Puente y Cachios; areniscas cuarzosas intercaladas con areniscas calcáreas de la Formación Labra.  |
|                     | Cársticos                    | Calizas macizas de la Formación Arcurquina.  |
|                     | Volcánicos                   | Secuencias compuestas por flujos de lavas andesíticas o dacíticas e intercalaciones piroclásticas, de los grupos Tacaza y Barroso.   |
|                     | Volcánico-sedimentarios      | Agrupación de secuencias de tobas y brechas con intercalaciones de conglomerados, areniscas y lodolitas de la Formación Orcopampa.   |
| Acuitardos          | Intrusivos                   | Stocks intrusivos del Batolito Andino, compuestos por tonalitas y granodioritas; dioritas; monzonitas y granitos.  |
|                     | Sedimentarios                | Conglomerados, areniscas y calizas (Miembros Tarucani y Querque de la Formación Huanca); areniscas rojas, limolitas, arcillitas, niveles de conglomerados y capas de yeso de las formaciones Seraj y Ashua; calizas intercaladas con lutitas (Formación Socosani); depósitos de Traverfino y lacustrinos (limos, arenas, arcillas y gravas). |
|                     | Volcánicos                   | Unidades piroclásticas y lávicas del Grupo Tacaza (tobas e ignimbritas), Barroso (complejos estratovolcanes y domolavas) y volcánicos Chocolate (brechas y lavas).   |
| Acuífugos           | Metamórficos                 | Intercalaciones de pizarras y esquistos del Paleozoico indiviso, así como gneis y granulitas del Complejo  |

## 7.1 MANIFESTACIONES TERMALES

Desde el punto de vista geoturístico los manantiales termales constituyen elementos geológicos relacionados a aspectos eminentemente hidrogeológicos. La utilización de cada uno de ellos puede estar relacionada a dos aspectos fundamentales: elementos paisajísticos o sitios en los cuales es aprovechable como manantial en el uso termomedicinal o en el uso de producción de bebidas. En el valle del Colca, tenemos los dos casos. Las fuentes o manantiales termales presentes en la subcuenca del Colca están asociadas a volcanes activos o que han tenido actividad durante el

Pliocuaternario. Las surgencias están ubicadas o controladas por rocas permeables, fracturadas y falladas (Fotografía 7.1 y Figura 7.1). Las formaciones principales donde afloran son sedimentarias (formaciones Murco y Socosani) y volcánicas (Grupo Tacaza); también en zonas aluviales o fluvio-glaciares.

A lo largo del valle del Colca y próximos al cauce del río afloran 13-15 fuentes o manantiales termales, de los cuales seis son aprovechados en balneología e hidroterapia, tres de ellas son muy poco conocidas y un géiser es escasamente visitado por turistas<sup>38</sup>.



**Fotografía 7.1** Afloramiento de areniscas de la Formación Murco, en la margen izquierda del río Colca en el sector de La Calera, en donde se presentan fuentes termales.

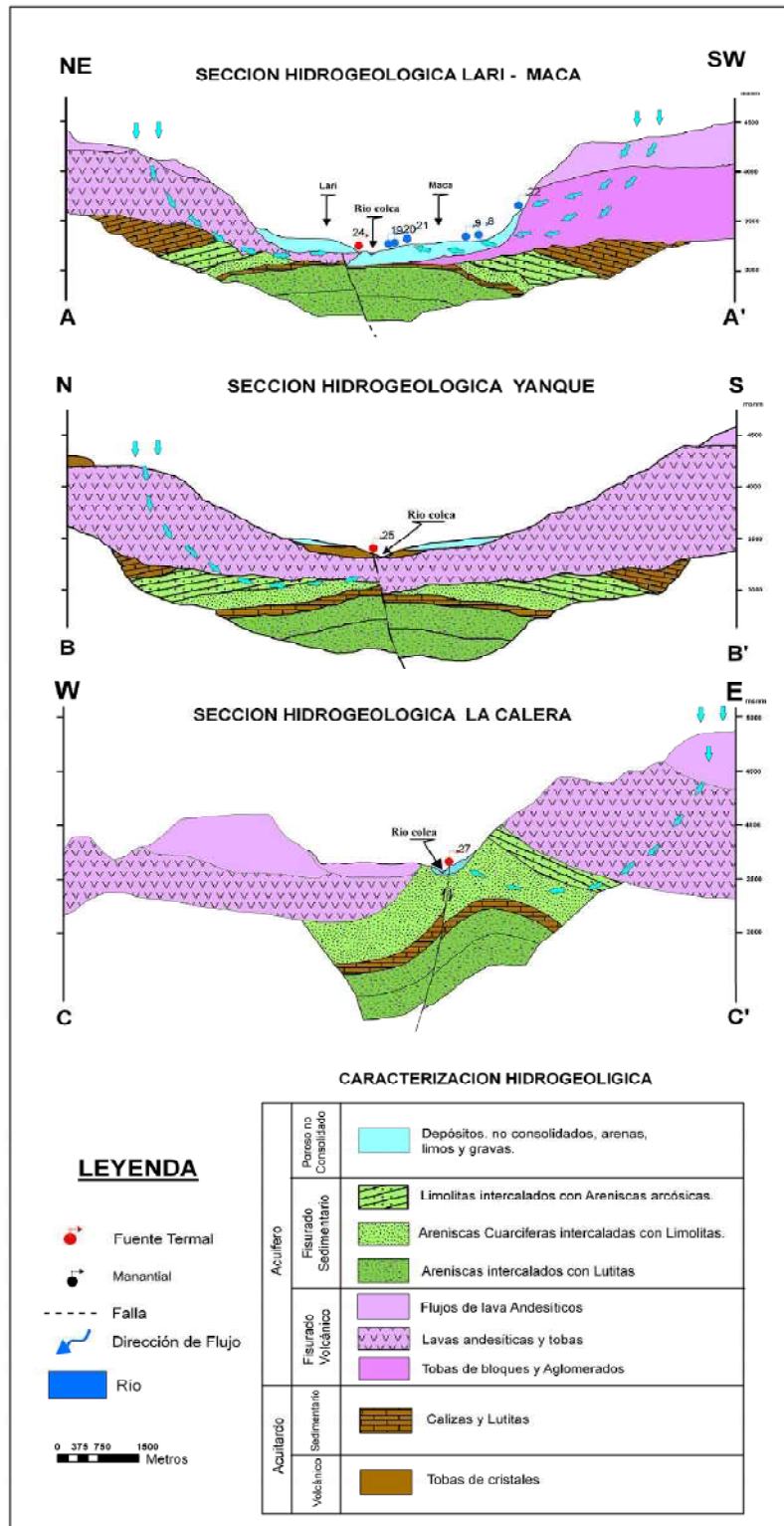
Cruz & Matzuda (2012) señalan que los manantiales que surgen en el curso del río Colca, registran temperaturas entre los 30 a 93 °C y pH de 6 a 7, mientras que las manifestaciones geotermales como en Pinchollo, encontradas en la quebrada Huayuray, presentan temperaturas desde 77 °C hasta los 100 °C, con pH desde 4 a 6, asimismo en la zona Puye Puye señalan la presencia de numerosos lugares de emisión de vapor, gas y pozas de lodo ácido, que surgen en un área de 0.5 ha de suelo alterado. Las temperaturas de los fluidos geotermales en esta zona van desde 86 hasta 88 °C, con pH entre 3 y 4. Las aguas termales en la zona geotermal Chivay. En su caracterización geoquímica realizada concluyen que las aguas termales del valle del Colca son de tipo clorurada alcalina, sulfatada alcalina férrica y clorurada bicarbonatada alcalina. La geotermometría química en fase líquida estima la temperatura en profundidad desde menores a 100 °C de

baja entalpia y mayores a 200 °C de alta entalpia. Finalmente, a partir de los isotopos estables  $\delta^{18}O$  y  $\delta^2H$ , concluyen que las aguas termales se originan por la mezcla entre agua meteórica y magmática, siendo el principal componente el agua meteórica pero en el caso de las zonas Puye Puye y Pinchollo una mayor contribución de fluido magmático.

Algunos de los manantiales identificados en el valle del Colca no están descritos en el estudio realizado por Cruz & Matzuda (2012). El tramo del río Colca entre Callali, Chivay y Yanque está representado por varios sectores con aprovechamiento de aguas termales. Además, los manantiales termales de Chacapi, los más antiguos en este sector del Colca en aprovechamiento como baños termales, están ubicados en el puente entre Yanque e

<sup>38</sup> En el cauce del río Colca, Cruz & Matzuda (2012), identifican numerosas surgencias de manifestaciones geotermales, desde Baños del Inca (en Callali) hasta Pacla, a una altitud de 2100 - 3600 m s.n.m., así como en la zona de Pinchollo y Puyepuye a una altitud de 4300 - 4600 m s.n.m. En su estudio inventarió 20 manifestaciones, donde predominan tres tipos de manifestaciones termales: 1) fuentes de vapor, con predominancia en los sectores de Pinchollo y Pacla, donde existe un control estructural y el vapor caliente asciende a la superficie a través de fallas profundas, el cual al entrar en contacto con el agua superficial, incrementa su temperatura hasta el punto de ebullición y luego pasa al estado gaseoso, originando surgencias de vapor a alta presión; 2) pozas de lodo ácido localizados en la zona de Puye Puye; y 3) fuentes termales en Chivay que son las más comunes.





**Figura 7.1** Secciones hidrogeológicas transversales al valle del Colca que definen el modelo de infiltración o recarga, las características litológicas y estructurales del substrato rocoso y los puntos de surgencia de manantiales fríos y calientes encontrados en los sectores de Lari-Maca, Yanque y La Calera. Se puede apreciar que la recarga se produce a través de la infiltración de aguas meteóricas a través de fracturas en las rocas volcánicas fracturadas. En los tres casos las surgencias están relacionadas a fallas; sin embargo, llegan a aflorar en superficie en diferentes unidades geológicas; tanto en Yanque y La Calera se tienen manantiales termales desarrolladas como baños (Chacapi y La Calera respectivamente). (Tomada de Peña *et al.*, 2012).

Ichupampa. Actualmente, existe un impulso en el aprovechamiento de las aguas termales que afloran en varios puntos. Destacan las puestas en valor de uso en el Hotel de Colca Lodge, Puente Inca, Umara y Sallihua en construcción); estas últimas usadas de manera artesanal. Las fuentes de Sallihua afloran en un recodo ubicado en la margen derecha del Colca; aguas abajo existe un hotel en construcción y se aprecia, además, el estacado

topográfico, donde al parecer se tiene previsto el uso de las aguas termales con fines de baños (fotografías 7.2 al 7.5).

Así mismo, entre las curvas del río 1 y 2, al ingreso del cañón del Colca (sector de Pinchollo), los expedicionarios polacos describen en su reporte Colca-Cóndor el 2008-2009, la presencia de manantiales de agua caliente de forma intermitente, sobre una estrecha zona del cañón con presencia de grandes bloques de roca.



**Fotografía 7.2** Manifestaciones termales en el sector La Calera, Chivay. Terrazas con sinter de manera cónica (A) y afloramiento de agua terrenal (B).



**Fotografía 7.3** Sector Baños El Inca, margen izquierda del río Colca. La fuente termal aflora en rocas del Grupo Tacaza. Nótese en la vista (A) la roca volcánica afectada por procesos hidrotermales; en (B) la infraestructura existente de los baños termales.



**Fotografía 7.4** Sector Umara. La fuente termal aflora en rocas del Grupo Tacaza cuyo substrato en las márgenes muestra una zona de tobas sublimadas, hidrotermalizadas en la parte inferior.



**Fotografía 7.5** Manantial termal en el sector Sallihua. Terraza aluvial con presencia de sinter, las pozas utilizadas como baños son rústicas.

Aguas abajo de Cabanaconde en el sector Paclla se encuentra también una zona termal importante; el agua prácticamente está hirviendo, en el cauce mismo del río (Fotografía 66). Fuentes u ojos de agua brotan en ambas márgenes, pero principalmente en

la margen izquierda. Aquí se aprecia una amplia terraza de sinter que llega a medir 15 m de altura. El acceso es por una carretera afirmada que desciende hacia el cañón y conduce hasta el sector de Tapay hasta el puente en el río Colca se recorren 27 km.



**Fotografía 7.6** Sector Paclla aguas abajo de Sangalle-Cabanaconde. Manifestaciones termales en el cañón del Colca. La vista superior muestra una panorámica de la zona; aguas abajo está el puente que une la carretera Cabanaconde-Tapay (UTM: 178317 E, 8273491 S).

Hacia las vertientes superiores de Pinchollo la presencia de manifestaciones termales se encuentran en el flanco del volcán-nevado Hualca Hualca. En el sector conocido como «géiser de Pinchollo», se presenta en el cauce de la quebrada Huayuray (Fotografía 7.7) la cual se accede desde la carretera principal entre Pinchollo-Cabanaconde por una trocha en mal estado (desvío

a 20 km desde Cabanaconde). El proceso del géiser es intermitente (Fotografía 7.7). En la misma área se encuentran algunos sectores con paleosinter y sinter activos (sector oeste de la quebrada Huayuray, con presenica de vapor caliente y varios «ojos de agua» en ebullición<sup>39</sup> (Fotografía 7.8).

<sup>39</sup> Al igual que las aguas de Yanque las aguas de Pinchollo tienen un carácter sulfatado, mientras que las aguas de La Calera y Baños El Inca pertenecen a la familia de aguas cloruradas, con un contenido promedio de 2400 mg/l de Cl. En estas dos mismas fuentes termales Steimüller & Zavala (1997) mencionan pH promedio de 6.7 en sus aguas y temperaturas que varían entre 45° y 80 °C. Asimismo en función a los contenidos de elementos traza (Li, B, Sr y As) y semejante ratio Cl/B, se interpretan que las aguas cloruradas de La Calera y Baños El Inca como aguas profundas que provienen de un solo acuífero con una temperatura entre 110 y 120 °C. Por otro lado debido a su pH neutro las aguas de Yanque (Chacapi) las interpretan como aguas subterráneas calientes.



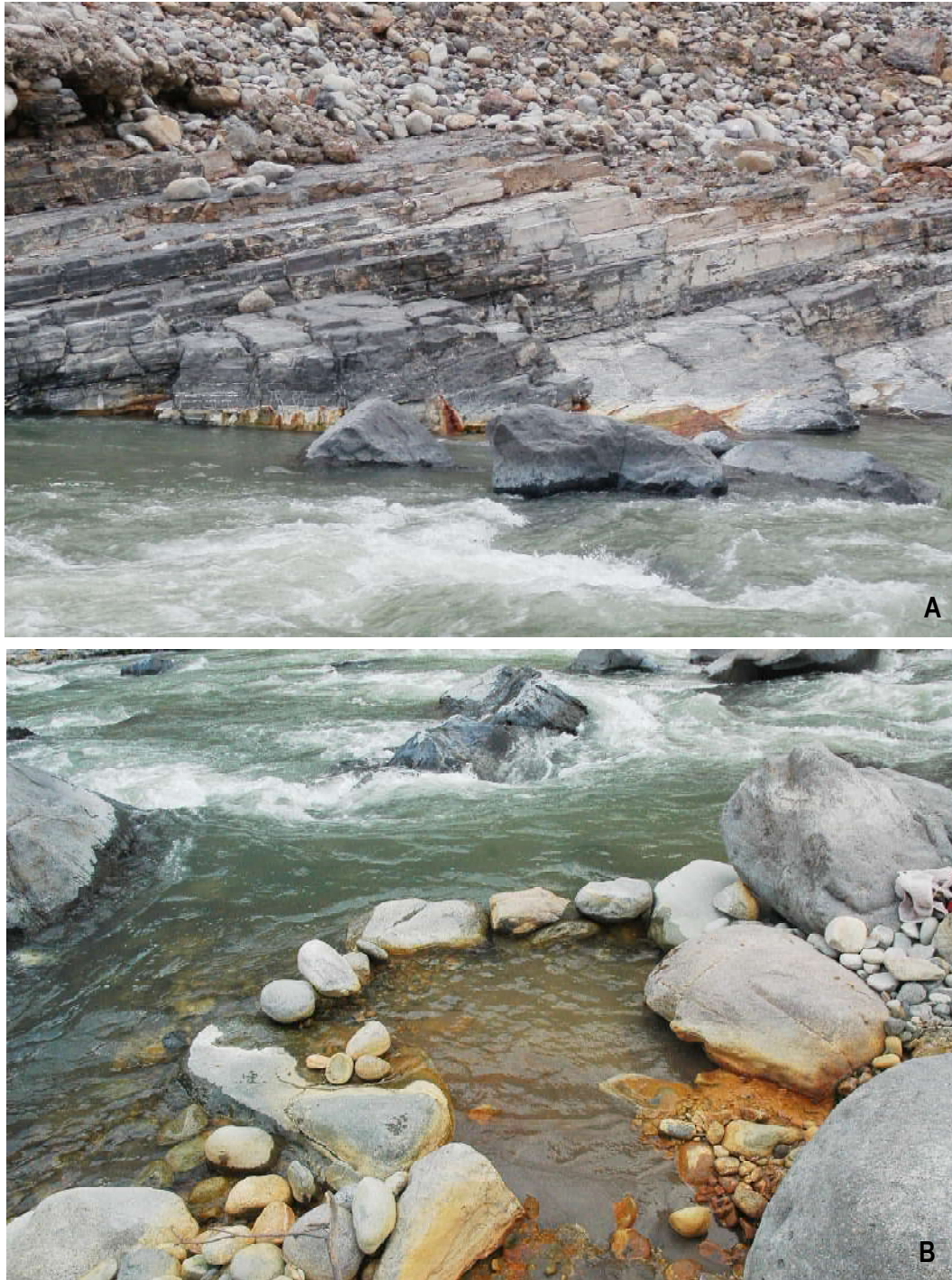
**Fotografía 7.7** Vista de las manifestaciones termales en la quebrada Huayuray, sector conocido como géiser de Pinchollo (UTM: 193232 E y 8265089 SA)



**Fotografía 7.8** Sector adyacente a la quebrada Huayuray con manifestaciones termales, conocida como Puye Puye (UTM: 193203 E y 8265085 S)

Otras manifestaciones hacia aguas abajo del Colca son de difícil accesibilidad, como las que se encuentran abajo del puente de Choco. La que se ubica más al oeste es la que se encuentra en el sector de Canco donde las aguas termales afloran en una

secuencia de calizas de la Formación Socosani (por fractura) en ambas márgenes del río Colca (Fotografía 7.9). Algunas pozas rústicas hechas de piedra en la margen izquierda son utilizadas por los lugareños.



**Fotografía 7.9** Sector aguas arriba de Canco. Manifestaciones termales en el cañón del Colca con afloramientos por fracturas en secuencias de la Formación Socosani. La vista superior muestra las calizas subhorizontales en la margen derecha del río (A); en (B) una poza artesanal utilizada por la población local.



**CAPÍTULO VIII**  
**RECURSOS MINERALES Y**  
**ACTIVIDAD MINERA EN EL COLCA**





## CAPÍTULO VIII

### RECURSOS MINERALES Y ACTIVIDAD MINERA EN EL COLCA

Dentro de la subcuenca del Colca se realizan actividades económicas relacionadas al aprovechamiento de recursos minerales, que evidencian la presencia de yacimientos metálicos relacionados a la actividad volcánica y magmática, que determinan una franja metalogenética de plata y polimetálica de la franja volcánica cenozoica de la Cordillera Occidental; abarcando áreas de regular extensión con presencia de epitermales de oro y plata.

**MINA MADRIGAL:** En la provincia de Caylloma, se ubica la mina Madrigal, distrito Madrigal, en la margen derecha del río Colca a 3800 msnm. Las operaciones mineras actualmente están paralizadas. En la década de los 80" dentro de la mediana minería la mina Madrigal al igual que Arcata, Caylloma y Orcopampa eran consideradas las cuatro empresas mineras mas importantes ubicadas en las zonas altas de Arequipa (1 350 000 TM de Zn-Pb-Cu (Ag); Martinez, 1984).

En el estudio de los volcánicos cenozoicos del sur de Perú y su relación con la metalogenia, Acosta & Huamani (2008) describen la geología de este yacimiento minero:

Las unidades geológicas que definen este distrito minero son cuarcitas intercaladas con lutitas negras correlacionadas con el Grupo Yura del Jurásico Superior. En discordancia angular se encuentra rocas volcánicas andesíticas con alteraciones de tipo silicificación, argilización y cloritización que se correlacionan con los volcánicos Tacaza del Paleógeno. Sobre ellas se encuentra una secuencia de andesitas, riolitas, tobas, basaltos vesiculares y aglomerados que se correlacionan con los Volcánicos Sillapaca del Neógeno-Cuaternario (Arbizú, 1977; Salazar, 1974). Asimismo Arbizú (1977), evidenció tres tipos de intrusivos de composición ácida y básica. Los más antiguos de composición intermedia y corresponden a monzonitas y dioritas porfiríticas denominados Intrusivo Satélite que cortan a los volcánicos del Grupo Tacaza. Se les considera premineral. Como un segundo evento intrusivo se consideran los diques dacíticos y riolíticos que cortan las rocas de los Volcánicos Sillapaca. Se les relaciona directamente con la mineralización. Las intrusiones más recientes se emplazan en las andesitas del Volcánico Tacaza a manera de sills y pequeñas

digitaciones. Corresponden a rocas básicas de grano fino postmineral del Paleógeno superior – Neógeno.

La mineralización en Madrigal es polimetálica (Cu-Ag-Zn-Pb), y se consideran dos eventos de mineralización: El primero de Cu-Ag con abundante cuarzo lechoso y el segundo por Pb-Zn con cuarzo lechoso y carbonatos.

La veta Santa Rosa es la más importante y tiene una longitud de 3900 m. Tiene un azimut de 165°E y un buzamiento que varia enter 40 y 75° NE y corresponde a una falla sinistral normal. Se emplaza en las cuarcitas y lutitas del Grupo Yura y en el Grupo Tacaza. El zonamiento vertical observado en el bloque Cahuirá de la veta Santa Rosa entre los niveles 2, 3 y 4 (3964 - 3845 m s.n.m.) comprende una mineralización de galena/esfalerita. Esta mineralización se extiende hasta los niveles 5 y 6 (3800 – 3740 m s.n.m.) donde la mineralización se divide en dos ramales, uno con galena-esfalerita y otro con manchas y diseminaciones de calcopirita-pirita (Arbizú, 1977).

Madrigal tuvo una actividad minera importante durante los 70' y 80; actualmente, se encuentra inactiva o de reevaluación geológica. Colindante tiene proyectos mineros importantes como el caso de Tambomayo.

**PROYECTO TAMBOMAYO:** Recientemente la Cia de Minas Buenaventura viene desarrollando el proyecto de la Mina Tambomayo, situada en las partes altas del distrito de Madrigal. Se trataría de un yacimiento epitermal de sulfuración intermedia. Si bien es relativamente pequeño en volumen de mineralización, tiene el potencial para incrementar su tamaño. Tambomayo es un yacimiento de vetas anchas, de 2.40 metros en promedio, con clavos de alta ley de plata y oro. Oficialmente, tiene recursos medidos, indicados e inferidos de 919 000 TCS con 10 gr/t Au y 9.0 oz/t Ag. Buenaventura ha perforado 70 sondajes en cuatro niveles simultáneamente para desarrollar reservas y tener un túnel de acceso entre cotas 4900 y 4700 (Vidal 2012: «Exploración geológica y minera en Sudamérica y principales descubrimientos auríferos durante la Década 2000-2010», en el XVI Congreso Peruano de Geología, 2012).

Madrigal al igual que Tambomayo se encuentran entre una franja de epitermales de Au-Ag hospedadas en rocas volcánicas del Mioceno y epitermales de Au-Ag del Mioplioceno.

**MINERÍA ARTESANAL EN ORO:** En menor porcentaje y de manera artesanal en el sector Choco-Miña se realiza explotación de oro en vetas.

**TRAVERTINOS:** Formación geológica de elevada fragilidad y valiosa por su significado geomorfológico y el registro bioclimático que contienen, como el caso de Huambo. Su explotación no metálica es utilizada para la producción de cal a pequeña escala (Fotografía 8.1). La explotación en parte mecanizada altera el paisaje natural.



**Fotografía 8.1** Yacimiento de travertino por desarrollar (vista superior) y sitios actuales de explotación para producción de cal en las afueras de la localidad de Huambo (vistas inferiores)



**CAPÍTULO IX**  
**GEODIVERSIDAD Y PATRIMONIO**  
**GEOLOGICO EN EL COLCA**



# CAPÍTULO IX

## GEODIVERSIDAD Y PATRIMONIO GEOLÓGICO EN EL VALLE DEL COLCA

### 9.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La geología es la ciencia del planeta Tierra que estudia los materiales de los que se compone y estructura, además de los procesos que actúan en su interior y sobre la superficie terrestre, tipos de minerales y rocas, fósiles, terremotos y volcanes, formación de montañas y océanos, suelos, paisaje, erosión y depósitos. También, se ocupa del origen del planeta y de los cambios que ha ido sufriendo a lo largo de su historia. En sus rocas y estratos está encerrada la historia de la vida. También se ocupa del «ambiente» que reinaba en cada región o zona del planeta, no solo desde la aparición de los seres vivos, sino desde su mismo origen hace 4600 millones de años. Agencia Nacional de Hidrocarburos (2009).

Se calcula que la edad de nuestro planeta es de aproximadamente 4600 millones de años; sin embargo, existe un largo camino desde su origen explicado con la gran explosión del «big-bang» hasta nuestros días. Conocer toda esa historia es alucinante, pero lo cierto es que existen grandes lapsos o vacíos en su conocimiento que no están registrados en todos los sitios de nuestro planeta. Se considera igualmente en cierta medida, que los 3500 primeros millones de años en la historia de la Tierra son parte de la formación del sistema solar y universo. Desde el punto de vista de la «Geología» en sentido estricto son casi una incógnita. Los geólogos conocemos una mínima parte de lo que ocurrió en los 460 millones de años siguientes, cuando la atmósfera ya era oxigenada como la de hoy si no seguimos contaminándola. Los últimos 540 millones de años de la historia de La Tierra son los mejor conocidos relativamente. La tabla del tiempo geológico es un esquema del «calendario» de la historia de la Tierra, donde se muestran las divisiones temporales que han sido establecidas en función de los sucesos acontecidos en cada momento (unidades cronoestratigráficas). Por lo general, las unidades más modernas

son de menor duración que las más antiguas, cuyos rasgos de estas últimas se han borrado o son más difíciles de reconocer.

A lo largo de la historia de la Tierra, han ocurrido transformaciones y procesos de muy diversa duración. Algunos han durado millones de años, mientras que otros han consumido apenas décimas de segundo. Por lo tanto, el hablar de rapidez o lentitud, referidos a un proceso geológico depende del tipo de proceso que se considere. Se puede hablar de gran velocidad para algo que duró 500 000 o 1 000 000 de años, o decir que una roca que se formó hace un millón de años es muy joven. Variar la escala de tiempo desde segundos a millones de años es una destreza fundamental del geólogo.

Es difícil dilucidar desde cuándo existe el concepto de «patrimonio geológico», pero se puede afirmar que éste tiene ya más de un siglo de antigüedad, pues la conciencia conservacionista de principios de siglo XX protegió fundamentalmente elementos de carácter geológico y ahí reside la conciencia del valor que la geología tiene como elemento natural. Carcavilla *et al.*, 2007, haciendo una revisión del concepto de patrimonio geológico, señala que «este surge como resultado de una nueva manera de entender el papel de hombre y su relación con la Tierra».

Una de las definiciones de patrimonio geológico fue dada por Cendrero en 1996, la que textualmente lo señala como: «el conjunto de recursos naturales, no renovables, ya sean formaciones rocosas, estructuras geológicas, acumulaciones sedimentarias, formas del terreno, o yacimientos minerales, petrológicos o paleontológicos, que permiten reconocer, estudiar e interpretar la evolución de la historia de la Tierra y de los procesos que la han modelado, con su correspondiente valor científico, cultural, educativo, paisajístico o recreativo»<sup>40</sup>.

<sup>40</sup> Existen diferentes definiciones de este concepto. A fin de unificar criterios, la comisión de patrimonio geológico de España en el marco del VI Congreso nacional de geología del 2004 propuso la siguiente definición: « el patrimonio geológico es el conjunto de recursos naturales geológicos que poseen valor científico, cultural y/o educativo, y que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente, y d) el origen y evolución de la vida».

Por otro lado, Nieto (2001) define a la geodiversidad como «el número y variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y petrológicas) y de materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluida la antrópica». El estudio de la geodiversidad se centrará en analizar qué elementos geológicos están presentes en esa región. Además, no solo se estudiarán de manera independiente, sino que también se analizará su distribución y la relación entre ellos Carcavilla *et al.*, 2007).

Ambos conceptos mantienen una estrecha relación; sin embargo, la geodiversidad está relacionada con la variedad, diversidad, frecuencia o distribución de los rasgos geológicos, mientras que el patrimonio geológico expresa la calidad y el valor de los mismos.

Asimismo, es importante señalar el concepto de lugares o sitios de interés geológico, que son la unidad básica de patrimonio geológico; hacen referencia a afloramientos o fenómenos geológicos concretos e individualizados. Para su selección se ha tenido en cuenta tanto el valor geológico intrínseco de elemento, así como su potencialidad turística. Elizaga y Palacio (1996), los definen como puntos de interés geológico a «*aquellos lugares en los que afloran, o son visibles, los rasgos geológicos más característicos y mejor representados de una región. Su conocimiento, inventario, divulgación y protección es de gran importancia, pues además de ser su degradación casi siempre irreversible, su conocimiento y cuidado es considerado como una característica de los países culturalmente avanzados, formando una parte fundamental de su Patrimonio cultural*»<sup>41</sup>

Voth (2008), relaciona la geodiversidad y el patrimonio geológico en forma paralela con los conceptos de biodiversidad y patrimonio biológico, e íntimamente relacionados, dado que la geodiversidad de un territorio concreto es uno de los factores esenciales que favorece su biodiversidad. «*El patrimonio geológico es «un recurso natural no renovable que constituye un bien común y forma parte inseparable del patrimonio natural y cultural de la humanidad» (Fernández y Guirado 2001); sin embargo el patrimonio geológico ya se convirtió en algo más que un recurso científico y educativo: se estima también como un recurso económico (georecurso) de creciente interés en las estrategias de desarrollo sostenible (geoturismo), especialmente en los espacios naturales protegidos (Villalobos 2001).*

## 9.2 SÍNTESIS GEOLÓGICA Y GEODIVERSIDAD EN EL COLCA

El área analizada en el Colca desde el punto de vista de su diversidad geológica, así como la definición de lugares de interés geológico se extiende desde las alturas de Sibayo-Callalli (incluyendo parte del río Llapa, afluente por la margen izquierda) hasta la confluencia del río Colca con el río Capiza que desciende desde Viraco y Pampacolca, en el sector de Andamayo. En esta porción de la subcuenca del Colca, el río principal recorre aproximadamente 160 km de cauce fluvial, atravesando rocas volcánicas (lávicas y volcanoclásticas), sedimentarias, ígneas y metamórficas, así como sedimentos aluviales, proluviales, fluvio-glaciares, fluviales y lacustres. Hacia el norte colinda con el valle de los volcanes de Andagua que desciende en forma diagonal de norte a sur. El trabajo paulatino de las aguas del río Colca, sobre un sustrato rocoso y depósitos superficiales de diferente origen, en una porción de la región sur de Perú levantada paulatinamente por la tectónica andina, ha originado un valle encañonado con una disposición irregular de dirección promedio este-oeste, limitado en ambos flancos por vertientes altas conformadas por estratovolcanes cenozoicos en su porción central.

Al extremo oeste, aguas abajo de Pinchollo, se extiende el cañón del Colca formado por la erosión hídrica a lo largo de una estructura tectónica que corta un macizo de más de 5000 metros conformado por rocas y estratos del Precámbrico, Paleozoico y Jurásico-Cretácico en la base o fondo del cañón; estas últimas se hacen conspicuas aguas abajo de Canco. Aguas arriba y hasta Pinchollo, se sobreponen grandes acumulaciones volcánicas del Cenozoico rellenando el valle, cuya posterior erosión originó el profundo cañón que hoy admiramos. Hacia sus flancos se levantan los edificios volcánicos de donde se han originado los flujos de lavas y piroclásticos. La morfología actual modificada en estas estructuras originales muestra geofomas de origen glacial heredadas del Pleistoceno.

Detrás de este macizo, se emplazó durante el Pleistoceno una gran barrera de material caótico, el cual puede apreciarse desde la mina Madrigal hasta Maca, producto de una avalancha volcánica de rocas que ocurrió en el Hualca Hualca, el cual originó un gran paleolago en el lado oriental, extendido hasta la localidad de Yanque. Testigos de este evento son los grandes depósitos de sedimentos aluviolacustres que hoy constituyen las terrazas y andenerías

<sup>41</sup> Con respecto a los LIG donde centrar exclusivamente las actividades geoturísticas, Sadry (2009) identifica seis tipos diferentes de lugares:

1. Sensu estricto (incluyendo LIGs geomorfológicos y paleontológicos)
2. Minas, ya sean antiguas (abandonadas) o activas
3. Taludes y cortes en carreteras, vías férreas y otras infraestructuras
4. Lugares con interés cultural y antropológico (cuevas con yacimientos arqueológicos y/o arte rupestre, minas, etc.)
5. Construcciones de piedras (arquitectura local basada en el uso de la piedra, casas excavadas en roca, etc.).
6. Lugares de interés geológico donde se desarrollen actividades de aventura.

agrícolas y áreas poblacionales de las principales localidades distribuidas en ambos márgenes del valle del Colca, los cuales fueron acumulados por la escorrentía fluvial del Colca y de las vertientes tributarias. El desagüe posterior de este lago formó varios niveles de terrazas aluvialacustres que hoy se encuentran por encima y a ambos lados del valle.

Aguas arriba entre Coporaque y Canocota, la actividad volcánica cenozoica y reciente, se manifiesta tanto en las vertientes como en el piso de valle, como coladas lávicas de poco espesor. La erosión fluvial ha labrado sobre ellas pequeños cañones y mesetas con acantilados abruptos. Estos eventos de emplazamiento volcánico originaron, además, detrás de Canocota un paleolago menor. La posterior sedimentación durante el tiempo de vida del lago a través de los depósitos aluviales, fluvioglaciares y lacustres que lo rellenaron, se extienden aguas arriba entre Tuti y Sibayo. Las vertientes rocosas del valle exponen aisladamente afloramientos de rocas sedimentarias y grandes sectores con acumulaciones volcánicas cenozoicas del Tacaza y Barroso (Mioceno al Pliopleistoceno). La actividad hidrotermal asociada a esta cadena volcánica se manifiesta por las innumerables fuentes termales presentes en el piso de valle, donde manantiales afloran de estratos de areniscas y volcánicos fracturados de los Grupos Yura y Tacaza, respectivamente. El aprovechamiento de estas termas ha permitido en los últimos años la construcción y mejora de complejos de baños termales en varios sectores del valle, utilización en sitios hoteleros, así como la generación de nuevos proyectos de servicios turísticos donde se aprovecha este recurso geológico.

El suelo en el Colca es predominantemente aluvial, lacustre, proluvial con fragmentos en un gran porcentaje de material volcánico, así como suelos residuocoluviales producto de la meteorización de rocas volcánicas, principalmente y en menor porcentaje, intrusivas y sedimentarias. Estas características le confieren una fertilidad natural al suelo, propiedad que incentivó a los antiguos peruanos en la construcción de sistemas de andenes, muchos de los cuales siguen siendo utilizados en la actualidad, y también, muchos otros están siendo afectados y abandonados por falta de conservación. Todo este material sedimentario de edad pliocuaternaria (aluvio lacustre principalmente), generalmente, de textura limosa y arenosa, es poco compacto o consolidado, lo que facilita la formación de cárcavas y grandes deslizamientos en ambos

lados del valle. Estos procesos causan grandes pérdidas de suelos para la agricultura, y comprometiendo áreas urbanas y carreteras, ocurren en los sectores Maca, Madrigal, Lari, Ichupampa, Canocota, Ichupampa, Canocota, etc.

Las evidencias de una actividad volcánica reciente en gran escala y con buena exposición pueden identificarse en algunas partes del valle, especialmente, entre Chivay-Coporaque, Huambo-Cabanaconde y algunas vertientes del cañón entre Canco y Andamayo donde existen campos de lavas basálticas y centros volcánicos, incluyendo conos monogenéticos; flujos de lava en la parte baja de Achoma, depósitos de diatomitas en Maca y depósito de ceniza volcánica blanca.

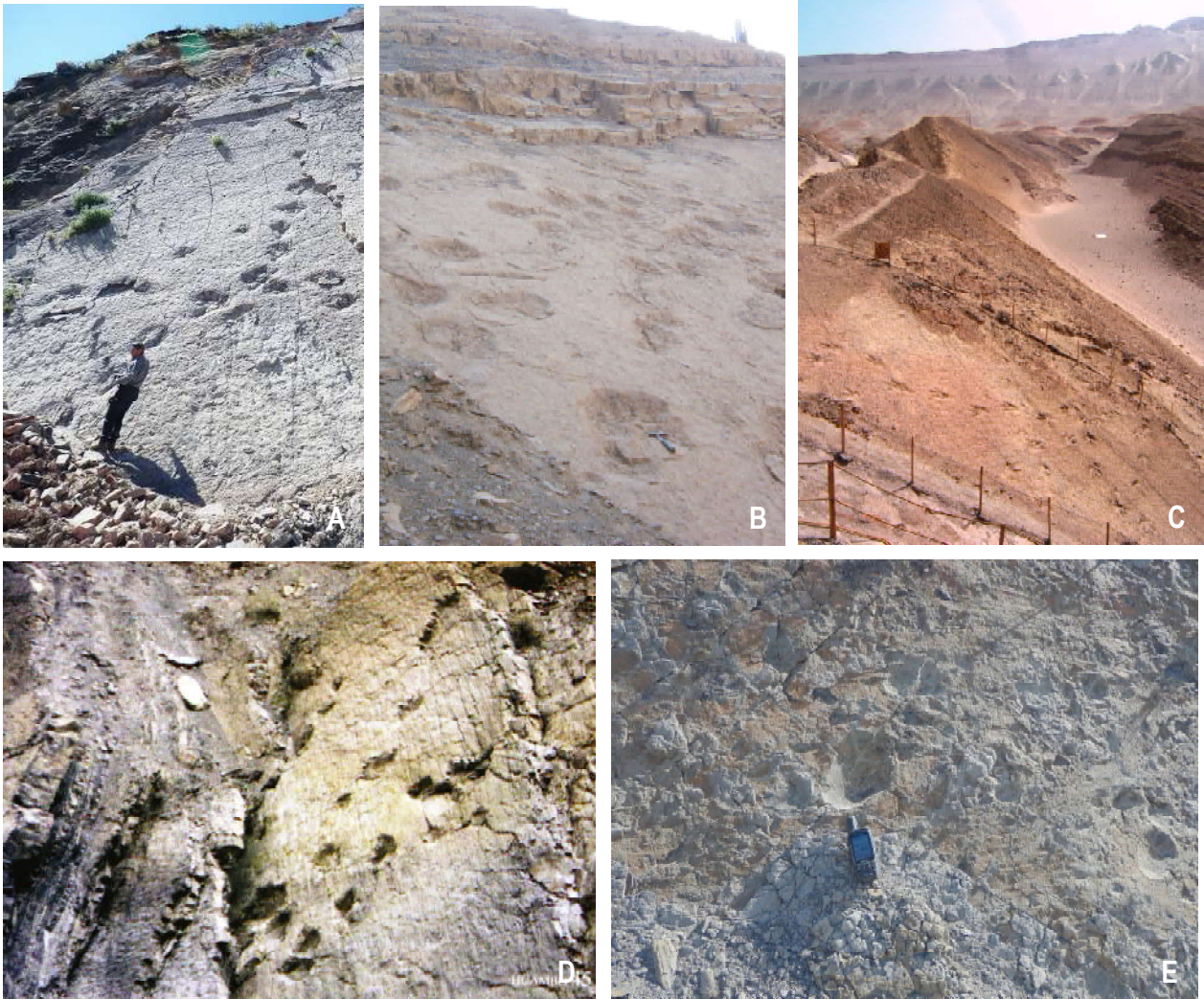
Existen elementos geológicos tales como formaciones y estructuras geológicas (fallas, pliegues), paisajes geomorfológicos (de origen volcánico, fluvial, glacial, gravitacional), algunos lugares con elementos paleontológicos, etc., de significativo valor para reconocer, estudiar e interpretar la historia y la evolución geológica de esta región. Este registro geológico, memoria de la evolución de la Tierra, almacena una valiosísima información acerca de los climas, ecosistemas y los paisajes del pasado. Nos ayuda a interpretar y reconocer los procesos geológicos y biológicos que acontecen en la actualidad. Constituye además un «bien común» y forma parte inseparable de nuestro Patrimonio Natural y Cultural.

El **patrimonio geológico** existente en el Colca es extraordinariamente valioso. Sus grandes unidades geológicas expuestas provienen de una lenta evolución de océanos o mares antiguos y territorios continentales (**diversidad paleogeográfica**) diferentes en posición y extensión a los actuales. Alberga una representación de los tipos principales de rocas conocidas en el planeta (**diversidad litológica**) utilizadas en las construcciones antiguas y modernas, con edades que abarcan un extenso lapso en la escala del tiempo geológico, con muestras desde el Precámbrico, Jurásico, Cretácico, Paléogeno-Neógeno hasta los tiempos actuales (**diversidad cronológica**).

Muestras representativas de múltiples y variados ambientes sedimentarios (continentales y marinos) con registros fósiles, que comprende formas de vida mesozoicas principalmente (**diversidad paleoecológica y paleontológica**) como se muestra en las fotografías 9.1 y 9.2.



**Fotografía 9.1** Troncos fosilizados encontrados en el río Colca (A) y en el cerro Tururunca (B y C), al oeste de Huambo



**Fotografía 9.2** A,B,C: Icnitas fósiles encontradas entre Huambo-Pedregal, Tipán-Capiza y Querulpa (cerca del geoparque) ; huellas encontradas en la ruta Huambo-Canco, cerca de Canco (D,E)

En los afloramientos, rocosos es posible reconocer también diversos tipos de eventos y procesos tectónicos (fallas y pliegues antiguos; fallas activas y sismitas), magmáticos (*stocks* intrusivos) y de tres generaciones o episodios volcánicos principales (**diversidad neotectónica y estructural**). Todo esto, modelado en superficie por diversos procesos morfogenéticos, desde relictos sistemas glaciares en las vertientes superiores o divisorias de aguas, sedimentos aluviolacustres en los pisos inferiores del valle, hasta piedemontes aluviotorrenciales en el lado oeste del área;

volcanes monogenéticos, estratovolcanes y domos o centros volcánicos menores que ocupan laderas y valles; valles estructurales asociados a estructuras de pliegues o fallas; representativos ambientes glaciovolcánicos, glaciofluviales, gravitacionales y denudacionales de media y alta montaña; sistemas fluviales de ríos principales y tributarios en subcuencas y microcuencas (**diversidad geomorfológica y paisajística**).

Un resumen de esta geodiversidad en la subcuenca del Colca se resume en el Cuadro 9.1.



**Cuadro 9.1**  
**Diversidad geológica en la subcuenca del Colca**

| 1.- TECTÓNICA Y ESTRUCTURA |                                  | 2.- ELEMENTOS LITOESTRATIGRÁFICOS  |   |  |
|----------------------------|----------------------------------|--|---|--|
| SISTEMA                    | SERIE / ÉPOCA                    | UNIDAD GEOLÓGICA   | LITOLOGÍA   |  |
| TECTÓNICA                  | Caledoniana                      | Separación en bloques de afloramientos metamórficos del precámbrico                                    |   |  |
|                            | Peruana                          | Distensiva y compresiva  |   |  |
|                            | Andina                           | Compresiva   |   |  |
|                            | Neotectónica                     | Sistema de Fallas Huambo-Cabanaconde   |   |  |
| ESTRUCTURAL                | Fallamiento en bloques           | Anticlinales y sinclinales abiertos; fallamientos en bloques y alineamientos de volcanes monogenéticos |   |  |
|                            | Zona comprimida                  | Plegues volcados y fallas de empuje de alto ángulo; anticlinales en echelón                            |   |  |
|                            | Batolito de la Costa             | Frete occidental andino NO-SE empujado por fallamiento asociados a bloques del complejo cratónico      |   |  |
| Mesozoico                  | Precámbrico                      | Complejo Majes-Colca   | Ortoeais granítico y micaesquistos  |  |
|                            |                                  | Formación Chocolate  | Brechas volcánicas y niveles de coladas andesíticas   |  |
|                            |                                  | Formación Socosani   | Lutitas negras con nódulos calcáreos y calizas gris oscuras   |  |
|                            |                                  | Formación Puente   | Areniscas verdes y pardas y lutitas negras  |  |
|                            |                                  | Formación Cachios  | Lutitas gris oscuras; esporádicas capas de areniscas  |  |
|                            |                                  | Formación Labra  | Areniscas blancas y grises; niveles de lutitas negras y grises  |  |
|                            |                                  | Formación Gramadal   | Lutitas y calizas   |  |
|                            | Cretáceo inferior                | Formación Huahuarani   | Areniscas cuarzosas con laminaciones oblicuas   |  |
|                            |                                  | Formación Murco  | Areniscas rojas; lutitas rojas y verdes; yesos y calizas  |  |
|                            |                                  | Formación Arcuruquina  | Calizas grises y cremas; chert, niveles de lutitas  |  |
|                            | Cretáceo inferior-superior       | Formación Ashua  | Areniscas rojas, lutitas rojas y verdes; calizas y yesos  |  |
|                            |                                  | Formación Seraj  | Areniscas rojas, lutitas rojas y verdes; calizas y yesos  |  |
|                            | Cenozoico                        | Oligoceno  | Conglomerados; areniscas con limolitas  |  |
|                            |                                  | Mioceno  | Tobas ríolíticas a dacíticas andesítica; brechas volcánicas y coladas de lavas andesíticas y niveles de conglomerados |  |
|                            |                                  | Plioceno-Pleistoceno   | Grupo Tacaza  | Tobas volcánicas andesíticas; brechas volcánicas y coladas de lavas andesíticas y niveles de conglomerados |
|                            |                                  |  | Grupo Barroso   | Bloques y gravas sub-angulosas; matriz limosa.   |
|                            |                                  | Cuaternario  | Pleistoceno   | Dep. morrénicos  |
| Dep. de deslizamientos     | Gravas, arenas, limos y arcillas |  |   |  |
| Aluviales y proluviales    | Andesitas basálticas             |  |   |  |
| Holoceno                   | Grupo Andahuá                    |  | Arenas, arcillas, limos y niveles de gravas   |  |
|                            | Depósitos lacustres              |  | Travertinos   |  |
|                            | Depósitos de travertinos         |  | Gravas, arenas y limos  |  |
|                            | Coluviodeluviales                | Gravas, arenas y limos   |   |  |
|                            | Aluviales                        | Gravas, arenas y limos   |   |  |

| 3.- ELEMENTOS BIOESTRATIGRÁFICOS     |                                      |   |   |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| SERIE / ÉPOCA                        | RESTOS FÓSILES                       | PESO / EDAD   | ESPECIES  |
| Cretáceo inferior                    |                                      | Kimmeridgiano   | <i>Astrocoenia</i> ; <i>Cladophlebis denticulata</i> (BRONGNIART);<br><i>Fimbria lucinoides</i> GERHARDT; <i>Otozamites cf. O. neumanni</i> ZEILLER del Neocomiano inferior; <i>Otozamites sp.</i> del Neocomiano, fragmentos de tallo Equisetales indiferenciado del Jurásico Cretáceo (Barremiano-Albiano inferior).  |
|                                      |                                      | Albiano   |   |
|                                      | Fauna                                | Turoniano-Contiaciono   | <i>Exogyra minus</i> (Albiano medio); <i>Tetragramma malbossi</i> (Agassiz) y <i>Holcotypus (Caenoholcotypus) planatus var. Numismalis</i> (Albiano superior); <i>Neolobites sp.</i> (amonte); <i>Salenia</i> (equinoideos) del Cenomaniano superior; <i>Hemiaster cf. Texanum</i><br>Echinoidea género <i>Psammochinus sp.</i> , registrado por primera vez en Perú, asociado a <i>Tissotia steimani</i> ; <i>Natica</i> y <i>Natica sp.</i> , <i>Euspira (Agassiz)</i> y <i>Euspira sp.</i> ; <i>Aetoneilla sp.</i> y <i>Nerinea sp.</i> , asociados a la <i>Tissotia Steimani</i> .<br><i>Tylostoma f. T. Cossomi</i> THOM PER, <i>Natica sp.</i> y <i>Exogyra arietina</i> F. ROEMER, <i>Flaventia desvauxi</i> COQUAND, <i>Vepricardium pulehrum</i> BRUGEN. |
| Jurásico - Cretáceo                  | Flora                                |   | Troncos silificados de <i>Metapodocarpoxylon Dupéron-Laudoueneix</i> et <i>Pons</i> con probable afinidad a la familia Podocarpaceae (Orden Coniferales). De distribución temporal y geográfica restringida, endémico del norte del Gondwana y con rango temporal Jurásico medio al Cretáceo inferior. Su hallazgo en el geosito Turunuca contribuye al conocimiento de las paleofloras que habitaron el centro-oeste del supercontinente Gondwana del Jurásico-Cretáceo y confirma que Metapodocarpoxylon es un indicador temporal y paleogeográfico.  |
| Jurásico medio                       | Iconitas                             |   | Huellas de pisadas en la ruta Huambo-Canco, en secuencias de la Formación Puente Similares a las encontradas en los sectores de Capiza y Querulpa, así como en un corte de la carretera Huambo- Pedregal (fuera de la cuenca).  |
| 4.- ELEMENTOS MORFOESTRUCTURALES     |                                      |   |   |
| CRONOLOGÍA Y UNIDAD MORFOESTRUCTURAL |                                      | GEOFORMAS CARACTERÍSTICAS   |   |
| Precámbrico- Mesozoico               | Cordillera de la Costa               | Laderas con pendiente pronunciada   | Laderas disectadas en rocas metamórficas  |
|                                      |                                      | Resalte de estratos o cuestras, cabeceras de cárcavas, vertiente con cárcavas, interfluvios   | Laderas de montañas y colinas estructural-denudacionales en rocas sedimentarias   |
| Meso- cenozoico                      | Cordillera Andina                    | Cabeceras de cárcavas, vertientes con cárcavas  | Laderas de montañas y colinas erosionadas en rocas plutónicas   |
|                                      |                                      | Circo glaciár, circo glaciár degradado, vertiente con cárcavas  | Laderas y mesetas volcánicas erosionadas en flujos de lavas y volcánoclasticos  |
|                                      |                                      | Planicies   | Colinas, lomadas y mesetas ignimbríticas  |
|                                      |                                      | Escarpe o barranco mayor a 200 m, depresión intralávica, colada de lava; escarpe en frente de flujo de lava, cicatriz de deslizamiento incluido por actividad volcánica | Laderas y mesetas con flujos de lava asociados a estratovolcanes  |
|                                      |                                      | Cono monogénico, centro de emisión volcánico, escarpe de falla  | Coladas o campos de lavas basalto-andésíticas   |
| Paleógeno- Cuaternario               | Relleno deposicional pliocuaternario |   | Vertiente glaciofluvial   |
|                                      |                                      |   | Morenas   |
|                                      |                                      |   | Vertiente con depósitos de deslizamiento  |
|                                      |                                      |   | Vertiente de déritos indiferenciada   |
|                                      |                                      |   | Vertiente aluviolacustre  |
|                                      |                                      |   | Planicie o piedemonte fluvioaluvial   |
|                                      |                                      | Abanicos de piedemonte  |   |
|                                      |                                      | Cauce fluvial o llanura inundable   |   |
|                                      |                                      | Planicies de travertinos  |   |
|                                      |                                      | Terrazas aluviales  |   |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo e información geológica bibliográfica.

### 9.3 PATRIMONIO GEOLÓGICO

El estudio del patrimonio geológico en una determinada área puede ser de gran utilidad al momento de considerar o proponer un sistema de protección de un elemento geológico en particular o un área que alberga varios de ellos, así como un paso imprescindible en los estudios de valoración previos a la protección de un lugar. Por ello igualmente se señala que la finalidad última de los estudios de patrimonio geológico y geodiversidad es la conservación de los elementos que la componen.

A manera de un estudio de divulgación-utilización<sup>42</sup> realizado, y a la carencia de una legislación nacional en nuestro país, que contemple la conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad, definidas, en los ítems anteriores, se pretende identificar, valorar y difundir, basado en el conocimiento geológico del área, los elementos geológicos que tienen valor patrimonial a fin de promover su conservación, así como el realizar una adecuada puesta en valor como recurso geoturístico.

Dentro de la subcuenca del Colca podemos encontrar diversos lugares de interés geológico o geositos cuya importancia está relacionada a aspectos científicos, didáctico-educativos y turísticos. Estos sitios nos permiten conocer los procesos que han modelado los paisajes del pasado y el origen y evolución de la vida sobre esta parte del planeta, que deberían ser conservados como patrimonio geológico y de geodiversidad.

La singularidad del patrimonio geológico o de los elementos que lo componen (Carcavilla *et al.*, 2007) está dada por ser estos de las siguientes características:

1. Lugares que muestran procesos únicos: es decir rarezas geológicas resultado de procesos excepcionales y poco comunes, o también lugares únicos, aquellos no identificables en otro sitio.
2. Lugares modélicos: aquellos que pueden verse los mejores ejemplos de un determinado aspecto geológico. Este es el ejemplo el Gran Cañón del Colorado (Arizona, USA), tal como le define en términos de representatividad el proyecto Global Geosites.
3. Lugares originales: en los que por primera vez se hayan definido o reconocido aspectos geológicos (mineral, estructura sedimentaria o resto fósil).

4. Lugares patrones: Lugares que han definido estratotipos u otros sistemas de correlación estratigráfica global, en especial referencia a nivel internacional.
5. Zonas de interés regional: Lugares que muestran características geológicas que sirven de rasgo identificativo de una región geológica y que la hacen diferente a las demás.
6. Lugares expuestos o visibles por la acción humana pero que presentan interés (cortes estratigráficos, estructura tectónica visible en una cantera, etc.). También los afloramientos visibles en sección por procesos naturales, que la erosión los ha dejado al descubierto (depósitos seccionados por acción fluvial, secuencia estratigráfica, etc.).
7. Lugares relacionados a la geología ambiental y con procesos geológicos activos que hayan tenido lugar en los tiempos históricos (deslizamientos o avalanchas históricas, colapsos cársticos; fallas activas).
8. Elementos representativos<sup>43</sup> de la geología de una determinada región, que la caracterizan, la definen y sirven de rasgos geológicos identificativos.

Considerando los aspectos arriba señalados, se puede mencionar, a grandes rasgos, que el valle y cañón del Colca cuenta con lo siguiente:

- Aspectos geológicos representativos en su mayoría de la geología regional del sur del país, algunos de ellos expuestos de manera natural o afloramientos y cortes artificiales.
- Lugares modelos, como lo es el mismo cañón del Colca; no solo como expresión paisajística sino por los complejos procesos geológicos que han dado su origen en el tiempo geológico; testimonio de levantamiento y exhumación de esta parte de los Andes y profundización del valle atravesando diferentes litologías.
- Lugares relacionados con aspectos o procesos geológicos activos, como lo son los deslizamientos en los depósitos aluviolacustres del Colca (Maca, Lari, Madrigal, entre otros), las fallas activas el sistema de fallas Huambo-Cabanaconde.
- Elementos representativos de la geología en la región, con aspectos volcánicos singulares (estratovolcanes, conos monogenéticos), estructurales (fallas, plegamientos), sedimentológicos (estructuras de corriente) y estratigráficos.

<sup>42</sup> El estudio del patrimonio geológico puede abordarse de diferentes maneras. Las líneas de investigación son numerosas y generalmente se agrupan en cuatro categorías, relacionadas con los objetivos intrínsecos, como son el identificar, valorar, conservar y divulgar aquellos lugares que poseen un elevado valor, en este caso en relación a las ciencias de la Tierra. Estas líneas son catalogación, valoración, conservación y divulgación. Por ello, un estudio de este tipo puede abordar alguno o los cuatro aspectos mencionados (Carcavilla *et al.*, 2007).

<sup>43</sup> La representatividad es un término más relacionado con la geodiversidad, y por lo tanto fundamental en inventarios o estudios de patrimonio geológico de escala nacional o inferior. En proyectos de inventario supranacionales suelen trabajar con el concepto de representatividad como modelo, sobre todo de cara a definir lugares susceptibles de ser incluidos en listados globales como los de patrimonio natural mundial de la Unesco.

- Procesos que relacionan la relación entre el hombre y los procesos geológicos, los cuales se expresan en la ocupación humana de este espacio geográfico (sistemas de andenes como medida de estabilización de tierras agrícolas susceptibles a deslizamientos, colcas de piedra, recintos prehispánicos en zonas favorables con utilización de la piedra del lugar (volcánica y sedimentaria) como materia prima.

### 9.3.1 Inventario de Geositos

Para realizar esta labor se ha tomado en cuenta la información cartográfica disponible sobre las características geológicas de la zona, las cuales han sido descritas en el capítulo 3, con información principal de los boletines de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa (Caldas, 1994), actualización del cuadrángulo de Huambo (Romero & Ticona, 2003) y el cuadrángulo de Chivay (Quispesivana & Navarro, 2001). De esta información, se toma con mayor relevancia los aspectos lito y cronoestratigráficos, paleontológicos y tectónico-estructurales. Así también por encontrarse este sector dentro de los objetivos de conservación y puesta de desarrollo turístico del Colca a través de la Autoridad Autónoma del Colca, se tienen algunas referencias de lugares de interés geológico, aunque no de manera adecuada y menos considerando aspectos de geopatrimonio. Destacan también los artículos presentados en Geología 2008 por la Universidad de Cracovia de Polonia (Galas & Paulo, 2008), donde ya se muestra interés e ideas de protección del cañón del Colca, incluyendo también el valle de volcanes de Andagua.

La búsqueda de sitios de interés geológico se refuerza con el trabajo de campo, el cual consistió en la identificación de elementos o procesos geológicos importantes, su georeferenciación, descripción geológica, accesibilidad y estado de conservación. La zona evaluada corresponde a varias unidades geológicas, en donde existen diferencias marcadas en el relieve del medio físico, que se relacionan a las diferencias altitudinales, clima, vegetación y ocupación humana (zonas agrícolas, urbanas y rurales). El trabajo en campo se efectuó a una escala 1: 100 000. Este primer inventario se considera del tipo reconocimiento, pero a diferencia de lo indicado por Carcavilla *et. al* (2007), si se contemplaron trabajos de campo, valiéndose de las vías carrozables en gran porcentaje del área de estudio, así como también el uso de caminos pedestres en algunos sectores, valiéndolos también de la información proporcionada por la población local.

Para no redundar en la descripción geológica de elementos y procesos geológicos mostrados en los capítulos de geología regional, geomorfología, neotectónica e hidrogeología, donde se hace alusión de estos aspectos de la geodiversidad, en el Cuadro 9.2 se consigna, en forma resumida, un listado de 71 sitios de interés geológico. En cada uno de ellos se indica: a) su denominación o nombre común agregándolo el aspecto geológico que lo tipifica; b) el interés geológico y utilidad principal por el cual se sugiere su aprovechamiento; c) la unidad o unidades geológicas en la cuales está dispuesto o emplazado; d) la edad estimada del rasgo formado; e) el paraje o parajes principales en donde se ubica el geosito; f) el distrito político al cual corresponde el lugar (enmarcados todos ellos en la provincia de Cailloma, Arequipa); g) una descripción geológica de las características principales del geosito.

**Cuadro 9.2**  
**Lugares de interés geológico en la subcuenca del Colca entre Sibayo-Callalli y Andamayo**

| Geosito | Coordenadas                             |               | Interés geológico principal | Uso recomendado                                | Tipo de sitio                   |               |
|---------|---|---------------|-----------------------------|--|---------------------------------|---------------|
|         | Latitud                                 | Longitud      |                             |  |                                 |               |
| 1       | Cañón del Colca                         | 71°54'22.71"W | 15°36'29.23" S              | Geomorfológico-Volcánico-Estructural/tectónico | Turístico; científico           | Internacional |
| 2       | Valle estructural y cascadas río Huambo | 72°9'50.44"W  | 15°41'46.70"S               | Estructural-geomorfológico                     | Turístico-Didáctico-educativo   | Nacional      |
| 3       | Falla activa El Trigal                  | 72°03'24.28"W | 15°41'41.59"S               | Tectónico- geomorfológico                      | Científico, didáctico educativo | Nacional      |
| 4       | Falla activa Solarpampa                 | 72°02'1.45"W  | 15°39'36.58"S               | Tectónico-geomorfológico                       | Científico, didáctico educativo | Nacional      |
| 5       | Deslizamiento de Maca                   | 71°46'20.09"W | 15°37'34.35"S               | Geodinámico                                    | Científico, didáctico educativo | Nacional      |
| 6       | Deslizamiento de Lari                   | 71°46'20.83"W | 15°37'31.34"S               | Geodinámico                                    | Científico, didáctico educativo | Nacional      |
| 7       | Deslizamiento de Madrigal               | 71°48'39.57"W | 15°36'39.09"S               | Geodinámico                                    | Científico, didáctico educativo | Nacional      |

continuación...

| Geosito |  | Coordenadas   |               | Interés geológico principal          | Uso recomendado                 | Tipo de sitio |
|---------|--|---------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|
|         |  |               | Longitud      |                                      |                                 |               |
| 8       | Escarpa de la avalancha de rocas Hualca Hualca             | 71°51'11.81"W | 15°42'12.71"S | Geodinámico-volcánico                | Científico, didáctico educativo | Nacional      |
| 9       | Depósitos lacustres Paleolago Colca                        | 71°47'4.87"W  | 17°26'5.53"S  | Sedimentológico-tectónico            | Científico, didáctico educativo | Nacional      |
| 10      | Depósitos lacustres Paleolago Canocota-Sibayo              | 71°33'38.29"W | 15°33'6.26"S  | Sedimentológico-tectónico            | Científico, didáctico educativo | Nacional      |
| 11      | Centro de emisión Atun Orcco y coladas de lavas Andagua    | 71°35'8.50"W  | 15°34'53.82"S | Volcánico-geomorfológico             | Científico, didáctico educativo | Nacional      |
| 12      | Pampas y piedemonte travertino Huambo                      | 72°06'41.53"W | 15°43'7.41"S  | Geomorfológico-paleoclimático-minero | Científico                      | Nacional      |
| 13      | Castillos encantados Callalli.                             | 71°25'31.19"W | 15°30'29.04"S | Geomorfológico                       | Turístico                       | Local         |
| 14      | Torreón Torre Blanca.                                      | 71°24'42.97"W | 15°30'45.09"W | Geomorfológico                       | Turístico                       | Local         |
| 15      | Volcanes monogenéticos y coladas de lavas Huambo-Jarán     | 72°07'49.20"W | 15°52'12.57"S | Geomorfológico-Volcánico             | Científico                      | Nacional      |
| 16      | Coladas de lava Mojonpampa-Chinini-Uncapampa               | 72°01'19.93"W | 15°42'15.66"S | Geomorfológico-Volcánico             | Científico, turístico           | Nacional      |
| 17      | Volcán monogenético Keyocc y campo de lavas Mojonpampa.    | 72°00'9.63"W  | 15°42'3.32"S  | Geomorfológico-Volcánico             | Didáctico-educativo, turístico  | Nacional      |
| 18      | Laguna Mucurca   | 72°00'50.47"W | 15°45'14.05"S | Geomorfológico-Volcánico             | Didáctico-educativo, turístico  | Nacional      |
| 19      | Volcanes monogenéticos y coladas de lava Gloriahuasi       | 72°19'12.40"W | 15°52'40.84"S | Geomorfológico-Volcánico             | Científico                      | Nacional      |
| 20      | Volcán monogenético Coropuna y campos de lavas río Molloco | 72°01'7.80"W  | 15°28'46.04"S | Geomorfológico-Volcánico             | Científico, turístico           | Nacional      |
| 21      | Lavas columnares Chimpa                                    | 71°50'31.17"W | 15°35'46.06"S | Volcánico                            | Didáctico-educativo             | Local         |
| 22      | Lavas columnares Pumunuta                                  | 71°33'52.36"W | 15°32'7.50"S  | Volcánico                            | Didáctico-educativo             | Local         |
| 23      | Lavas columnares Cabanaconde                               | 71°58'36.31"W | 15°36'11.39"S | Volcánico                            | Didáctico-educativo             | Local         |
| 24      | Diatomitas Maca  | 71°45'55.23"W | 15°38'32.31"S | Volcánico-lacustre                   | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 25      | Manantial termal La Calera                                 | 71°35'12.64"W | 15°36'53.07"S | Hidrogeológico-volcánico             | Turístico; didáctico-educativo  | Nacional      |
| 26      | Manantial termal y sinter La Calera                        | 71°35'17.75"W | 15°36'53.57"S | Hidrogeológico-volcánico             | Turístico; didáctico-educativo  | Local         |

continuación...

| Geositio |  | Coordenadas   |               | Interés geológico principal             | Uso recomendado                 | Tipo de sitio |
|----------|--|---------------|---------------|---|---------------------------------|---------------|
|          |  | Latitud       | Longitud      |   |                                 |               |
| 27       | Discordancia Capas plegadas y falladas del Yura y lavas Andahua  | 71°35'21.40"W | 15°36'53.52"S | Tectónico-estratigráfico                | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 28       | Géyser de Pinchollo  | 71°51'41.31"W | 15°40'24.58"S | Hidrogeológico-volcánico                | Turístico                       | Nacional      |
| 29       | Alineamiento termal vertiente norte del Hualca Hualca            | 71°51'42.29"W | 15°40'24.70"S | Hidrogeológico-volcánico                | Turístico                       | Local         |
| 30       | Oasis de Sangalle  | 71°58'35.83"W | 15°35'45"S    | Geomorfológico                          | Turístico                       | Nacional      |
| 31       | Terrazas de sinter y aguas termales Pacla                        | 71°59'57.70"W | 15°35'44.80"S | Hidrogeológico-volcánico                | Turístico                       | Local         |
| 32       | Anfiteatro de Oscolle  | 71°39'26.69"W | 15°38'18.19"S | Geomorfológico-volcánico                | Turístico                       | Nacional      |
| 33       | Fuente termal Baños El Inca                                      | 71°28'12.15"W | 15°30'6.60"S  | Hidrogeológico                          | Turístico                       | Local         |
| 34       | Cuestas estructurales y anticlinal en areniscas El Lagarto.      | 71°28'17.62"W | 15°27'54.21"S | Estructural-geomorfológico              | Didáctico-educativo, turístico  | Local         |
| 35       | Ondulitas en lodolitas Ccollpa                                   | 71°29'38.50"W | 15°30'48.14"S | Sedimentológico-paleogeográfico         | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 36       | Cañón Lunta  | 71°34'37387"W | 15°33'44.13"S | Geomorfológico                          | Turístico                       | Local         |
| 37       | Puente Inca y cañón sobre el río Colca                           | 71°36'14.31"W | 15°37'59.07"S | Geomorfológico-volcánico                | Turístico                       | Nacional      |
| 38       | Depósito volcanoclástico lacustre en la margen derecha del Colca | 71°36'58.09"W | 15°35'22.60"S | Sedimentológico-volcánico               | Científico                      | Local         |
| 39       | Depresión intralávica y laguna Chocpayo                          | 71°37'43.51"W | 15°38'36.57"S | Geomorfológico-volcánico                | Didáctico-educativo, turístico  | Local         |
| 40       | Aguas termales U maro  | 71°38'36.27"W | 15°38'53.66"S | Hidrogeológico-volcánico                | Turístico                       | Local         |
| 41       | Aguas termales Sallihua  | 71°38'51.79"W | 15°38'28.20"S | Hidrogeológico-volcánico                | Turístico                       | Local         |
| 42       | Levés en flujos de lavas del complejo volcánico Mismi            | 71°46'54.27"W | 15°36'49.21"S | Geomorfológico-volcánico                | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 43       | Deslizamiento de Ichupampa                                       | 71°40'41.09"W | 15°38'42.03"S | Geomorfológico-geodinámico              | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 44       | Lavas Achoma de hace 600 mil años                                | 71°42'25.54"W | 15°39'24.48"S | Volcánico-estratigráfico-geocronológico | Científico; didáctico-educativo | Nacional      |
| 45       | Depresión intravolcánica   | 71°51'52.86"W | 15°36'36.39"S | Geomorfológico-volcánico                | Turístico                       | Local         |
| 46       | Lavas en bloques y escoriáceas colgadas del Hualca Hualca        | 72°03'12.96"W | 15°36'0.12"S  | Geomorfológico-volcánico                | Científico, didáctico-educativo | Local         |

continuación...

| Geosito |  | Coordenadas   |               | Interés geológico principal     | Uso recomendado                 | Tipo de sitio |
|---------|--|---------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------|
|         |  |               | Longitud      |                                 |                                 |               |
| 47      | Discordancia angular Filos Unca (Fm. Puente y Lavas Andagua)         | 72°04'42.57"W | 15°38'47.09"S | Estratigráfico                  | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 48      | Discordancia angular Chinini (Fm. Labra y Lavas Andagua)             | 72°05'34.46"W | 15°42'4.30"S  | Estratigráfico                  | Científico, didáctico-educativo | Nacional      |
| 49      | Ondulitas en las lutitas de la Formación Labra.                      | 72°06'8.61"W  | 15°42'10.28"S | Sedimentológico-paleogeográfico | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 50      | Pliegue anticlinal y falla inversa Hayakima.                         | 72°06'2.26"W  | 15°42'39.32"S | Estructural-tectónico           | Didáctico-educativo             | Local         |
| 51      | Laguna encantada o Haninchuwa o de tres colores.                     | 71°47'51.57"W | 15°37'30.91"S | Geomorfológico-geodinámico      | Turístico                       | Local         |
| 52      | Depósitos lacustres en contacto con avalancha de rocas Hualca Hualca | 71°47'47.37"W | 15°37'57.06"S | Geodinámico                     | Científico, didáctico-educativo | Nacional      |
| 53      | Depresión intralávica y laguna Pujro.                                | 71°51'47.32"W | 15°36'43.07"S | Geomorfológico                  | Turístico                       | Local         |
| 54      | Discordancia angular Fm. Puente y lavas del Hualca Hualca.           | 72°08'50.93"W | 15°41'6.09"S  | Estratigráfico                  | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 55      | Troncos fosilizados en Tururunca.                                    | 72°10'30.75"W | 15°55'16.63"S | Paleontológico                  | Científico                      | Internacional |
| 56      | Restos fosilizados de origen marino.                                 | 72°09'8.18"W  | 15°50'28.89"S | Paleontológico                  | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 57      | Hummocks El Molino-Maca.   | 71°45'55.32"W | 15°38'23.49"S | Geodinámico                     | Científico, didáctico-educativo | Local         |
| 58      | Hummocks de la avalancha del Hualca Hualca.                          | 71°51'8.68"W  | 15°37'29.28"S | Geodinámico                     | Científico, didáctico-educativo | Internacional |
| 59      | Cascadas de Juan Pablo II.   | 72°12'21.13"W | 15°40'50.05"S | Geomorfológico-paisajístico     | Turístico                       | Internacional |
| 60      | Fuente termal Canco.   | 72°12'44.42"W | 15°41'2.34"S  | Hidrogeológico                  | Turístico                       | Local         |
| 61      | Volcán-nevado Hualca Hualca.   | 71°53'18.56"W | 15°43'11.64"S | Geomorfológico-volcánico        | Científico; turístico           | Internacional |
| 62      | Volcán-nevado Mismi.   | 71°39'48.48"W | 13°42'48.30"S | Geomorfológico-volcánico        | Científico; turístico           | Internacional |
| 63      | Valle fluvial trenzado río LLapa/Pulpera.                            | 71°26'39.34"W | 15°30'8.80"S  | Geomorfológico                  | Didáctico-educativo             | Local         |
| 64      | Falla activa Madrigal.   | 71°47'51.26"W | 15°36'13.63"S | Neotectónico-geodinámico        | Científico                      | Local         |
| 65      | Falla activa Yanque.   | 71°41'3.87"W  | 15°37'55.64"S | Neotectónico-geodinámico        | Científico                      | Local         |
| 66      | Sismitas Achoma.   | 71°42'25.88"W | 15°39'25.29"S | Neotectónico-geodinámico        | Científico                      | Nacional      |

continuación...

| Geosito | Coordenadas  |               | Interés geológico principal | Uso recomendado            | Tipo de sitio                   |               |
|---------|--|---------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------|
|         |  | Longitud      |                             |                            |                                 |               |
| 67      | Sismitas Tuti.                                     | 71°32'18.51"W | 15°32'4.78"S                | Neotectónico-geodinámico   | Científico, didáctico educativo |               |
| 68      | Centro volcánico Luceria                           | 72°17'0.53"W  | 15°55'49.73"S               | Geomorfológico-volcánico   | Científico                      | Nacional      |
| 69      | Catarata Huaruro / Phure                           | 71°59'11.65"W | 15°32'23"S                  | Geomorfológico-volcánico / | Turístico                       | Nacional      |
| 70      | Falla activa Huayuray                              | 71°51'11.64"W | 15°38'47.37"S               | Neotectónico-geodinámico   | Científico                      | Local         |
| 71      | Trinchera de exploración neotectónica falla Trigal | 72°01'38.92"W | 15°38'23.87"S               | Tectónico-estructural      | Científico, Didáctico-educativo | Internacional |

Fuente: Elaboración propia. La data se señala en coordenadas geográficas debido a que Unesco solicita la información en este sistema de coordenadas<sup>44</sup>

Asimismo, en el Anexo 2 se presenta el formulario de inventario utilizado para la toma de información y valoración de patrimonio

geológico y minero. Esta ficha ha sido adaptada a nuestro país tomando diferentes metodologías empleadas en España, Italia, Portugal, Brasil<sup>45</sup>.

<sup>44</sup> La descripción geológica de cada uno de estos sitios de interés geológico se presenta en el Anexo 1, ilustrados con fotografías.

<sup>45</sup> Las diferentes metodologías de inventario y catalogación del patrimonio geológico ha sido desarrollada por el Instituto Geológico y Minero de España, así como otros inventarios realizados por diferentes comunidades autónomas; Servicio Geológico Italiano o portugués. Estas metodologías han sido adoptadas por diferentes países de Latinoamérica como Brasil, Argentina, Uruguay, Chile, Perú, Ecuador y Colombia.





## **CAPÍTULO X**

### **USO DE LA PIEDRA COMO RECURSO GEOLÓGICO EN EL COLCA**



# CAPÍTULO X

## USO DE LA PIEDRA COMO RECURSO GEOLÓGICO EN EL COLCA

Desde la antigüedad las rocas han sido utilizadas como materiales de construcción por el hombre. Este legado está representado en las diferentes construcciones prehispánicas como ciudadelas o complejos arqueológicos, andenerías, chullpas, recintos de piedra, sitios de control. No solo se ha usado en la parte ornamental en los interiores de los edificios, sino también en las fachadas y en la estructura de importantes monumentos históricos-artísticos de todas las épocas y estilos correspondientes a diferentes culturas, prehispánicas e hispánica. En el sur de Perú, existe un gran número de rocas originadas a partir de flujos piroclásticos que cubren grandes extensiones del flanco occidental andino. Se les conoce bajo el nombre de *sillar* o *piedra sillar*, que es una denominación local para la ignimbrita, siendo empleada extensamente como material de construcción no solo en las grandes urbes como la ciudad de Arequipa, sino en muchas de las localidades del Colca; la tradición constructiva como uso de mayor tallado se adquiere durante la colonia española.

### 10.1 USO DE LA PIEDRA EN LA EPOCA PREHISPÁNICA

Sin embargo, el uso de la piedra se remonta a la época prehispánica en la construcción de maquetas, recintos de viviendas o ciudadelas, apachetas, sitios de adoración, caminos, andenes, chullpas y graneros, etc. Y no solo de piedra *sillar*, una roca piroclástica de color predominantemente blanco a grisáceo de granulosidad homogénea (soldada o parcialmente soldada), sino también de las rocas que tenían a la mano sean estas volcánicas (lávicas y escoriáceas de diferentes coloraciones) o sedimentarias (areniscas principalmente), sean estas areniscas cuarzosas o variedad de estas. Algunos ejemplos de estos son las ciudadelas Uyo Uyo (Yanque), Uscallacta (Chivay), Ñaupallacta (Tuti) y la Fortaleza Chimpa (Madrigal); Colcas Shininia, Choquetico y Pumunuta; andenes en anfiteatro Ocolle; fortaleza Hayaquima, Muralla Huapullja y muralla de Tambo (Huambo), entre los principales (fotografías 10.1 al 10.7).



**Fotografía 10.1** Una de las diferentes maquetas en piedra encontradas en el valle del Colca; sector Chimpa. Representan el diseño de andenerías y sistema de drenaje concebidos por los antiguos peruanos, con lo que ganaban mas tierras de cultivo.



**Fotografía 10.2** Paredes, muros, puertas y dinteles y algunas figuras encontradas en la ciudadela Uyo Uyo, donde se resalta el uso de roca volcánica. Algunos sectores muestran paredes originales y en otros sitios restaurados, diferenciándose, además, un mejor tallado realizado en los bloques de roca en algunos sectores y las escalinatas en los desniveles de muros (piedras salientes llamadas «takilpo» que unen unos andenes con otros» (fotografía inferior derecha).

La construcción de andenes en el valle del Colca posiblemente se remonta a la época de la cultura Collagua, aunque algunos se construyeron antes y otros durante el Período Inca. Este sistema de terrazas permitió al hombre andino controlar la erosión de los suelos, dominar mejor las aguas y manejar adecuadamente los sistemas de cultivos.

La técnica empleada en la construcción de andenes fue la de levantar muros de piedras pircadas unidas entre sí por una mezcla de barro. El declive era rellenado con piedras menudas, cascajo y tierra de cultivo que muchas veces era trasladada de

otras zonas. En las partes laterales de los andenes (cabecera y culata) existen estructuras líticas muy bien definidas para cumplir la función de canales, con los que se efectuaba la distribución adecuada de las aguas. Se observa la existencia de diversos tipos de andenes. Hay andenes para canales, de estructura sólida, en su mayor parte formada por lajas de piedra, con un ancho que fluctúa entre 1.5 y 2 metros; existen los andenes agrícolas, de superficies variables desde 2 a 3 metros hasta más de 1000 metros cuadrados, soportados por muros de construcción de piedras y barro, con sistemas de riego y drenaje.



**Fotografía 10.3** Andenes en los bordes de la ciudadela Uyo Uyo. La vista derecha muestra un drenaje en el piso que servía para el riego de las tierras en los andenes circundantes utilizados hasta la actualidad. Generalmente, el uso de la piedra, en los muros de los andenes, es material removido del depósito de vertiente del lugar y en parte del substrato rocoso volcánico expuesto en la ladera superior.



**Fotografía 10.4** Muestras de las Colcas en un tramo del río Colca en Chininia (izquierda) y Colcas Pumunuta en una ladera volcánica lávica (Volcánicos Barroso). En ambos sectores, se trata de sitios especiales para la conservación (refrigeración y ventilación) de semillas de maíz, quinua y papa utilizados según los estudios arqueológicos como germoplasma por la cultura de los collaguas.



**Fotografía 10.5** Chullpas cercanas a la localidad de Chivay y detalle de los bloques de rocas volcánicas lávicas (basáltica-andesíticas) del Grupo Andagua utilizados en estas construcciones.



**Fotografía 10.6** Fortaleza de Chimpa, sitio de vigilancia o control en el cañón del Colca. Recintos de piedra con utilización de lavas del Grupo Tacaza en la margen derecha del cañón del Colca

La mayor disponibilidad de afloramientos de rocas sedimentarias en el sector oeste del cañón del Colca predispuso la utilización de este tipo de roca como recurso para sus construcciones; la disposición en estratos facilita una mayor disposición por comportarse en forma de lascas o bloques paralelepípedos que requieren de un menor trabajo en el tallado.

En los alrededores del distrito Huambo, se presentan algunos ejemplos de utilización de areniscas (formaciones Puente y Labra) en lugares elevados o de control circundados por murallas de piedra y albergues de vigilancia que topográficamente por ubicarse en lugares elevados cumplían esta función. Asimismo, el uso de la piedra se ha empleado en muchos de los tramos del camino (muros inferiores y plataforma) Huambo – Canco, camino utilizado hasta la actualidad (Fotografía 10.7).



**Fotografía 10.7** Utilización de areniscas de la Fm. Puente en la muralla Tambo (A) y areniscas de la Fm. Labra en la fortaleza Hayaquima (B y C). Bloques de roca poco trabajados usados por su disposición de uso horizontal separados de los estratos. En las vistas inferiores (D y E), se muestra un tramo de camino empedrado Huambo-Canco construido con utilización también de material predominantemente sedimentario.

El uso de la piedra continuó durante la época colonial modificándose o incorporando algunas técnicas constructivas no usadas por los Collagua e Incas. Empleando el material

rocoso disponible circundante, volcánico, como puede apreciarse en el sector de Ñaupallacta (Tuti), donde se emplean estructuras en arco (Fotografía 10.8).



**Fotografía 10.8** Vista panorámica y detalles de las construcciones en piedra en Ñaupallacta (Tuti A). Se puede distinguir el ancho empleado en los muros o paredes, el uso de material volcánico utilizando preferentemente material en laja para su disposición horizontal, así como la incorporación de técnicas en arco en los portales (B,C,D,E).



## 10.2 USO DE LA PIEDRA EN LA ÉPOCA HISPÁNICA

Además, de la trama urbana tradicional típica en los pueblos de la sierra, sobresalen en su arquitectura urbana las iglesias coloniales. Sin desmerecer la importancia de la historia de los pueblos basada en su identidad y características (vestimenta, danzas y comidas) es a través de las iglesias que llama la atención la magnitud e importancia de este patrimonio cultural, reflejo en esta parte de la historia peruana en particular en el valle del Colca. Las iglesias son, por lo general, las construcciones importantes en todo pueblo andino, debido al afán de los evangelizadores españoles por demostrar la superioridad de la religión católica, sobre la cultura Inca. En el valle del Colca fue impuesta por los religiosos franciscanos (1540-1560) destruyendo las creencias y religiosidad indígena. Los pueblos principales del Colca, de este a oeste son Sibayo, Callalli, Tuti, Chivay, Yanque, Coporaque, Achoma, Lari, Maca, Madrigal, Pinchollo, Cabanaconde, Tapay, Choco y Huambo.

A lo largo del Colca se encuentran varias iglesias cuya construcción se remonta desde mediados de los siglos XVI al XVIII, en su totalidad construidas en sillar; se mezcla una excelente fusión entre el arte europeo y el barroco mestizo, en la cual expresiones indígenas introdujeron aspectos de la naturaleza, símbolos y cosmovisiones andinas. En 1989, la comisión peruana del Quinto Centenario, la fundación del valle del Colca y el Instituto Nacional de Cultura solicitaron a la Cooperación Española el apoyo para poner en marcha un proyecto de recuperación del patrimonio en el valle del Colca. En 1990, se hace una visita al valle para identificar y evaluar la propuesta; en 1995 la OTC elabora un perfil para el desarrollo integral del valle del Colca. En 1996 se formula el *Proyecto de Desarrollo Integral del Valle del Colca* (PDI-Colca), cuya componente principal es la conservación del patrimonio cultural. En consecuencia, el programa de patrimonio con el proyecto de conservación de los templos en el valle inicia sus acciones en julio de 1997. Una descripción de los principales templos existentes en el Colca se muestra en el Cuadro 10.1; asimismo ejemplos de algunos de ellos en la Fotografía 10.9.

**Cuadro 10.1**  
**Iglesias coloniales en el Colca**

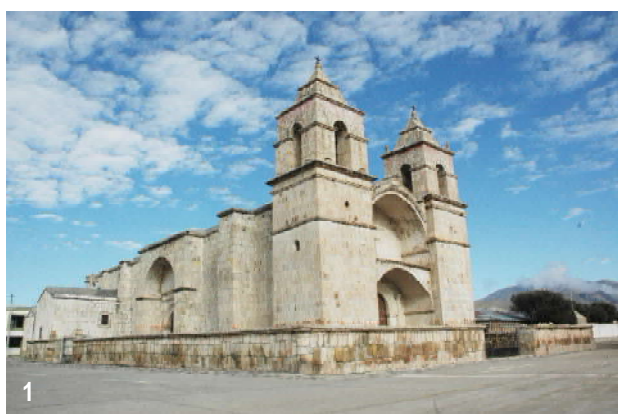
|   | <u>Descripción</u>  |
|---|---|
| 1 | <b>Templo de la Purísima Concepción (Lari):</b> Templo colonial edificado durante la segunda mitad del siglo XVIII en la cual su fachada es una de las más singulares del valle, única entre todas las edificaciones mestizas del virreinato peruano. Es denominado la "Catedral del Colca". Se encuentra en buen estado de conservación y fue el primero en restaurar por la Agencia Española de Cooperación Internacional de Desarrollo (AECID). En 1784 fue afectado por un terremoto causando daños en los muros laterales. Estos fueron reforzados con grandes contrafuertes, para contrarrestar los empujes laterales, así como sus torres, reforzadas con arcos ubicados en su primer cuerpo. El templo se encontraba en avanzado estado de deterioro y con importantes daños estructurales, como resultado de la acción de los sismos, con daños graves en las bóvedas, la cúpula y los muros; asentamientos diferenciales en muros y contrafuertes. Su restauración integral fue iniciada en 1997, con trabajos de apuntalamiento de emergencia y cimbrado en las bóvedas. |
| 2 | <b>Templo de San Santiago (Madrigal):</b> Ubicado longitudinal al oeste de la plaza del pueblo, es uno de los más antiguos del valle, su fábrica actual data de principios del XVII. Está constituido sobre una curiosa mezcla de materiales: portada y torre de sillar, muros de piedra basta, machones de piedra tallada y axial del testero de adobe. Se construyó a fines del siglo XVI y comienzos del XVII. Se encuentra en buen estado, ya que ha sido restaurada por AECID.   |
| 3 | <b>Iglesia Los Santos Reyes Magos y Nuestra Señora de Belén (Achoma):</b> Ubicada longitudinalmente a la plaza principal de Achoma y separada de esta por un muro de piedra rústica y arcos de sillar. El templo fue construido en el siglo XVI. Se encuentra en buen estado de conservación y forma parte de la refacción de templos realizada por AECI. Su primer templo fue destruido por el terremoto de 1784 y reemplazado por el actual. Tiene planta rectangular alargada y cubierta de bóveda de cañón, construido con muros de piedra y reforzado con contrafuertes. Su interior está decorado con retablos de estilo neoclásico, construidos con piedra y estuco.   |
| 4 | <b>Iglesia Inmaculada Concepción (Yanque):</b> Su construcción se inició en 1560; cien años después fue destruida por un sismo y reconstruida en el siglo XVI. Es un edificio con influencia barroca mestiza, hecha en piedra volcánica (tobas blancas). El templo se encontraba en buen estado de conservación gracias al mantenimiento de la comunidad religiosa que permanece en el convento. No obstante, presentaba algunos daños estructurales, efecto de los sismos. El sismo de junio de 2001 agravó los daños en los muros y las bóvedas de cubierta, produciendo el colapso parcial de la portada lateral y la fractura de la torre del evangelio. La intervención integral del templo, iniciada en el 2004, permitió consolidar la bóveda, los muros y la torre del campanario mediante la sustitución del mortero de agarre disgregado y la restitución de los sillares fracturados o faltantes. Actualmente, se encuentra en buen estado de conservación.  |

|    | <u>Descripción</u>   |
|----|--|
| 5  | <b>Templo Virgen de la Asunción (Chivay):</b> Data de la segunda mitad del siglo XVIII. Las modificaciones sufridas se relacionan a la actividad sísmica (1784, 1868). Su construcción tiene un sistema de base en piedra (tufo volcánico y piedra negra canteada, dispuesta en doble hilera con relleno de ripio, tierra y rajadas de piedra. El terremoto del 2001 produjo el colapso parcial de las torres, así como agrietamientos en la bóveda y los muros; la intervención de emergencia posterior permitió consolidar las estructuras dañadas, reemplazando los morteros disgregados y restituyendo las piezas líticas faltantes o deterioradas. Posteriormente, se realizaron trabajos de conservación integral del templo, entre ellos, la calzadura de los muros del baptisterio y la conservación de la cubierta.   |
| 6  | <b>Templo Santiago Apóstol (Coporaque):</b> Restaurado por AECI. Se encuentra a un costado y encima de la plaza principal de Coporaque al cual se asciende por doce peldaños. Los pisos combinan elementos de piedra y tufo volcánico, levantados sobre un antiguo oratorio indígena de mampostería de piedra que data de 1569 a 1590. Fue construido con muros de piedra y mortero de barro, y cubierta de par y nudillo. Su fachada, de influencia renacentista, está rematada con una capilla abierta. Tras los daños producidos por el terremoto de 1868, se adicionaron los contrafuertes laterales y en el altar mayor se construyó un nuevo retablo de estilo neoclásico. Durante el siglo XX, el templo estuvo en situación de abandono y de destrucción por efecto de los sismos. El colapso de la cubierta original condicionó su reemplazo por otra provisional de calamina, que eliminó el arriostramiento de los muros laterales. Esto determinó que en el terremoto de junio de 2001 los muros sufrieran importantes daños y quedaran en situación de riesgo, al igual que la torre del evangelio.   |
| 7  | <b>Templo San Antonio de Padua (Callalli):</b> El templo es una reconstrucción que fuera hecha a finales del siglo XVIII, aunque también ha pasado por algunas modificaciones. Estructuralmente, se encuentra hecho gracias al uso de sillar blanco. Esta presenta una base en forma de cruz latina, que se ve conformada por una sola nave considerablemente alargada y capillas en las zonas de los cruceros. Respecto a las capillas, aquellas se caracterizan por presentar la mitad de la altura que la nave central del edificio. Al entender de Gutiérrez y colaboradores (1986: 123), este templo es probablemente uno de los que tiene hoy mayor unidad constructiva, quizás por haber estado menos afectada por terremotos o probablemente por su realización unitaria y a tardía a fines del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX.   |
| 8  | <b>Templo San Lorenzo (Huambo):</b> Su construcción a mediados del siglo XVII, siguiendo modelos de arquitectura popular, está hecha a base de piedra, adobe y sillar. El techo es de calamina y destaca por la ausencia de ornamentación. La precariedad constructiva del templo, con muros de adobe, lo hizo especialmente vulnerable a los sismos, siendo objeto de numerosas reconstrucciones parciales y reparaciones. En 1785 fueron incorporados a los muros laterales del templo los actuales contrafuertes, y entre 1810 y 1863 se construyeron, con piedra y estuco, los retablos que decoran el interior del templo. En la década de 1950 fue reemplazada la cubierta original por otra provisional de calamina. El sismo del 2001 provocó daños estructurales de gran magnitud en el templo, quedando en riesgo de colapso la torre y algunos sectores del muro perimetral.  |
| 9  | <b>Iglesia parroquial católica Santa Cruz (Tuti):</b> Construida entre el segundo y último tercio del siglo XVIII en estilo barroco mestizo, edificio de menores dimensiones del valle del Colca.  |
| 10 | <b>Templo Santa Ana (Maca):</b> El actual templo reemplazó al templo primitivo, destruido en 1759 por un incendio. La segunda torre del templo fue construida en 1769, con el objetivo de arriostrar la fachada tras las grietas estructurales aparecidas en el coro y la portada. En 1991, un terremoto asociado con la neotectónica del valle provocó la destrucción parcial del templo. Se desprendió un sector de la torre y el campanario de la epístola, y colapsó la bóveda de la nave, destruyendo en su caída los retablos, lienzos y esculturas del interior. Ese mismo año, el Programa P>D apoyó los trabajos de apuntalamiento de emergencia de las torres y cimbrado de la bóveda. En 1999, se dio inicio a la intervención integral del templo, que permitió consolidar la torre de la epístola, reconstruir el campanario, reconstruir la bóveda, consolidar los muros y la portada, y consolidar la torre y el campanario del evangelio.  |
| 11 | <b>Templo San Pedro de Alcántara (Cabanaconde):</b> El primer templo fue construido en el siglo XVI y destruido por el terremoto de 1784. Su reconstrucción fue lenta y se prolongó hasta mediados del siglo XIX, siendo uno de los templos más tardíos del Colca. El templo sufrió importantes daños a raíz del terremoto de 1991. Las linternas de la cubierta colapsaron y se produjeron agrietamientos en ambas torres y campanarios, así como en algunos tramos de la bóveda. Estos últimos ocasionaron filtraciones de agua de lluvia, que fueron el origen de los daños en el interior del templo y del deterioro de sus bienes muebles. Los trabajos de conservación del templo, iniciados en 1999, permitieron consolidar estructuralmente las dos torres y sus campanarios, así como la bóveda. Se reconstruyeron todas las linternas y se efectuaron trabajos de calzadura y consolidación de los muros exteriores. También se repusieron los pisos del templo. Los recientes sismos ocurridos entre Huambo y Cabanaconde, asociados a fallas geológicas locales, han afectado el templo. Se encuentra actualmente apuntalado al interior del templo y en restauración. |

continuación...

|    | <u>Descripción</u>   |
|----|--|
| 12 | <b>Templo de San Sebastián (Pinchollo):</b> Templo menor colonial construido a fines del siglo XVIII. Presenta daños localizados en muros y cubierta. Su construcción fue iniciada en los primeros años del siglo XVII y culminó en 1624 con la colocación de sus cuatro campanas. Su pobre construcción, de piedra y mortero de barro, lo expuso permanentemente a la acción de los terremotos, por lo que fue objeto de frecuentes reparaciones. El terremoto de 1868 produjo daños severos en el templo y destruyó sus retablos barrocos originales, que fueron reconstruidos posteriormente con piedra y estuco. En 1897, fue retirado el revestimiento original de la cubierta, que era de ichu, y reemplazado por láminas de calamina que desvirtuaban su unidad y el equilibrio del templo con su entorno inmediato. A partir de la década de 1960, se inició un proceso gradual de abandono y deterioro del templo. El terremoto del 2001 agravó las fallas estructurales existentes en los muros y la torre, y dejó al templo en situación de riesgo. |
| 13 | <b>Templo Santiago Apóstol (Canocota):</b> Su actual templo fue construido en la segunda mitad del siglo XVIII. El templo presentaba problemas estructurales, resultado de su prolongado abandono. A raíz del terremoto del 2001, se acentuaron los daños en las torres y la bóveda, y la construcción quedó al borde del colapso.   |
| 14 | <b>Templo San Juan Bautista (Ichupampa):</b> Su primer templo, destruido por el terremoto de 1784, fue reemplazado por el actual, construido con fábrica de sillar labrado entre 1796 y 1848. El abandono y la acción destructiva de los sismos produjeron importantes daños estructurales y el deterioro generalizado del templo. El sismo del 2001 agravó los daños en la bóveda de cubierta, los muros y los contrafuertes, que quedaron en riesgo de colapso. La intervención integral del templo fue iniciada el 2002 con trabajos de apuntalamiento de emergencia y cimbrado de la bóveda. Posteriormente, se ejecutó la consolidación de la bóveda, los muros, los contrafuertes y las torres, garantizando la estabilidad del templo. La etapa final consideró la restitución de la carpintería y los pisos originales del templo.   |
| 15 | <b>Templo de San Lorenzo (Tapay):</b> Fue construido a mediados del siglo XVII. Posee planta rectangular y cubierta de par y nudillo. Cuenta con una torre campanario y una portada de influencia renacentista, rematada por un tímpano rectangular. En 1827, el templo sufrió un incendio que destruyó su cubierta y los retablos barrocos originales, que fueron reemplazados por otros de estilo neoclásico, construidos con piedra y estuco. A raíz del terremoto de junio del 2001, el templo sufrió daños estructurales generalizados, por debilitamiento y pérdida del mortero de agarre utilizado en los muros de mampostería. La intervención integral del templo, iniciada en el 2005, contempló la consolidación estructural de los muros, la restitución de la cubierta original de par y nudillo, y la restauración del conjunto de bienes muebles.   |
| 16 | <b>Iglesia San Juan Bautista (Sibayo):</b> Data de 1692. Si bien parece indicar que buena parte del templo fue construido a mitad del siglo XVIII. Sobresale la articulación entre el espacio abierto (la plaza) y la configuración del atrio de la iglesia con sus arcos y los canchones adyacentes (cementerio), que indican un manejo de la escala muy peculiar. La majestuosidad constructiva de la iglesia se complementa con la decoración interior, en donde sobresale el altar mayor con retablos y fina imaginería que datan de los mediados del siglo XVIII. Al parecer de la misma época es la portada principal de la iglesia.   |

Fuente: Elaboración propia con datos de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el desarrollo (AECID) 2012.





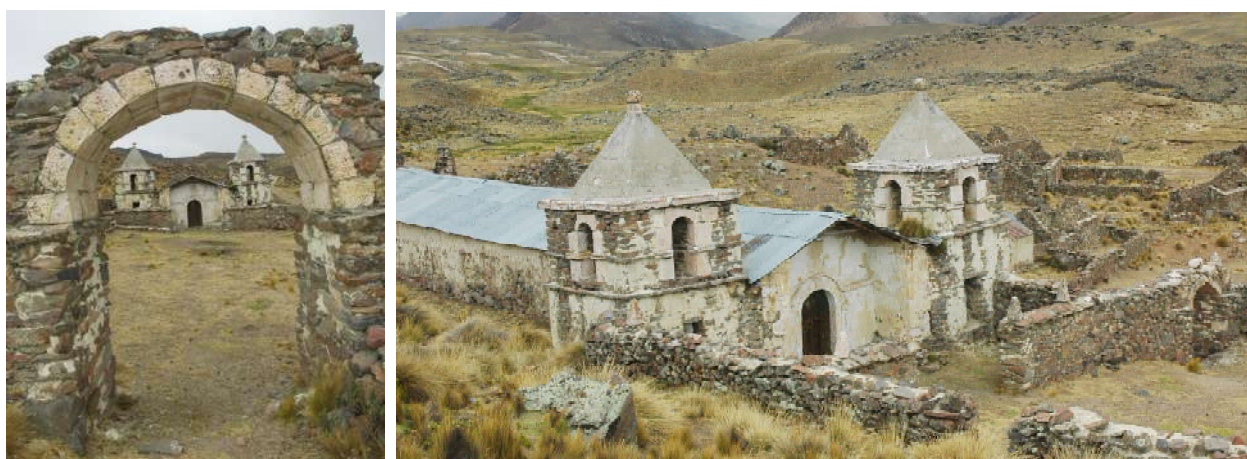
**Fotografía 10.9** Iglesias en el Colca: 1) Templo de San Antonio de Padua (Callalli); 2) Inmaculada Concepción de Yanque; 3) Santiago Apostol de Coporaque; 4) Purísima Concepción de Lari; 5) Iglesia Los Santos Reyes y Nuestra Señora de Belén (Achoma); 6) San Lorenzo de Huambo; 7) Templo San Pedro de Alcántara (Cabanaconde) y 8) Templo Santa Ana (Maca)

Algunas otras estructuras arquitectónicas coloniales, probablemente, también sobreimpuestas a construcciones incas o collaguas, han hecho uso de la piedra volcánica en la zona. Ejemplo de ello son los puentes en el río Colca (sectores Chivay<sup>46</sup> y baños termales Chacapi; Fotografía 10.10). Ambas estructuras en arco tienen una base y mampostería en piedra volcánica, y han sido

restauradas. Otro se encuentra en el río Huambo, el cual se encuentra afectado. Otros ejemplos interesantes del uso de piedra volcánica, combinando tobas y lavas, se pueden apreciar en Ran Ran (Fotografía 10.11), en la carretera que accede al mismo; las estructuras en arco y de templo son notables. La construcción en arco en los portales de ingreso a los diferentes pueblos del Colca es una característica típica desarrollada empleando la piedra sillar.



**Fotografía 10.10** Puente El Inca, Chivay (izquierda) y puente Yanque en el sector Chacapi (derecha)



**Fotografía 10.11** Ran Ran, construcción antigua utilizando ignimbritas y lavas. En los alrededores, predomina una roca lávica que suena al golpe del martillo, de ahí el nombre de «Ran Ran».

<sup>46</sup> El antiguo puente El Inca (Chivay) medía 15-20 metros, con base en piedra y barro con estribos en roca en ambos lados. El puente colonial utiliza en su base piedra y barro. Encima de esta construcción se realizaron modificaciones utilizando el cemento, dándole el acabado actual.

Algunos templos aún se encuentran en proceso de restauración, considerándose principalmente aspectos estructurales ya afectados por la antigüedad de los mismos, así como por los procesos geológicos principalmente sísmicos, que han sido el común

denominador en su afectación. Se aprecia el apuntalamiento al interior del templo en Cabanaconde (Fotografía 10.12), así como el deterioro en las paredes exteriores debido a la humedad y la presencia de musgos o líquenes en la piedra sillar.



**Fotografía 10.12** Exteriores e interiores del templo San Pedro de Alcántara de Cabanaconde. Se aprecia el deterioro por la humedad en las paredes exteriores, así como los daños en el techo interior y su apuntalamiento, trabajos iniciados en el 2015.



## CAPÍTULO XI

### TURISMO EN EL COLCA: ANÁLISIS Y PROPUESTAS





# CAPÍTULO XI

## GEOTURISMO EN EL COLCA: ANÁLISIS Y PROPUESTAS PARA INSERCIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO

### 11.1 VISITA DE TURISTAS AL COLCA

Actualmente, el valle del Colca se ha convertido indudablemente en uno de los principales atractivos turísticos de nuestro país. Su participación como destino turístico de visitantes extranjeros era para el año 2004 un 42 % del total para la región Arequipa. A pesar de ubicarse a más de 100 km de la capital, y teniendo en cuenta su difícil acceso, no ha limitado el creciente interés de los visitantes hacia este atractivo. Las estadísticas realizadas por

Autocolca indican que en los últimos 10 años el arribo de turistas se ha duplicado de 103 858 visitas en el 2005 a 205 184 turistas (entre nacionales y extranjeros).

Se puede ver, igualmente, un incremento importante del turismo nacional al Colca de 20 527 turistas el 2005 a 72 910 en el 2015 (figuras 11.1 y 11.2). Igualmente, existe un importante incremento de las visitas realizadas por estudiantes con 12 725 visitas el 2005 a 26 942, el cual se ha duplicado analizando los datos existentes.



Figura 11.1 Crecimiento anual del turismo en el Colca 2005-2015 (Fuente: Elaboración propia con datos, proporcionados por Autocolca).



Figura 11.2 Turistas nacionales y extranjeros que visitaron el Colca entre el 2005-2015 (Fuente: Elaboración propia con datos de Autocolca, 2016)

La actividad turística, como en muchos lugares del país, es estacional teniendo dos temporadas en el año, alta y baja. La estacionalidad alta del arribo de turistas se da entre los meses de julio y setiembre, meses en los cuales se aglutina una mayor cantidad de visitas; la estacionalidad baja ocurre en los meses de enero, febrero y marzo, con poca afluencia del turismo, principalmente, por la presencia de fuertes lluvias. Esto genera problemas en la oferta de servicios que no tienen constantes niveles de permanencia, mientras que en los meses de sobre demanda crea congestión de turistas y no hay abastecimiento suficiente. Este problema de la estacionalidad está asociado al periodo de vacaciones de visitantes extranjeros, que son generalmente de Europa y Estados Unidos. En esta perspectiva, dada la tendencia del crecimiento del turismo en el Colca, es muy probable que continúe aumentando la llegada de turistas durante los próximos años.

### 11.2 MANEJO Y ADMINISTRACIÓN DEL TERRITORIO Y LA ACTIVIDAD TURÍSTICA EN EL COLCA

En el valle del Colca, atractivo turístico de gran importancia en nuestro país, se han generado diversas formas de organizaciones para la promoción del turismo, como la Autoridad Autónoma del Colca (Autocolca) creada el 31 de mayo de 1986 mediante ley N° 24521, la Mesa Temática de Turismo del Consejo de Desarrollo de la provincia de Caylloma (CDPC) de 1995 y la filial de la

Asociación de Hoteles, Restaurantes y Afines (AHORA) conformada en 2006. Se ha tenido también la participación de diferentes proyectos de entes privados como DESCO, GRUPO GEA, CID AQP, Sierra Sur, Coordinadora Rural, etc. con la finalidad de impulsar el turismo.

El año 2006, MINCETUR implementó el programa TRC (Turismo Rural Comunitario) a nivel nacional. Este programa de organización, asistencia técnica y otros trabajos relacionados a la articulación entre gestores privados y locales de turismo se inició en el valle del Colca el 2010; priorizándose cuatro zonas para el desarrollo del turismo rural: Sibayo, Yanque, Tapay y Coporaque.

Algunos de los mapas apreciados en las páginas de internet publicados por Autocolca (figuras 11.3 y 11.4) asocian directamente el turismo, desde Arequipa, quien cuenta con aeropuerto y vías de acceso hacia este destino turístico: El Colca generalmente, está relacionado también la reserva nacional Salinas Aguada Blanca, que se encuentra en la ruta, así como los volcanes Ampato y Sabancaya, a pesar de no ubicarse geográficamente dentro de la subcuenca del Colca; se promueve la ruta a través de Huanca Lluta e incluso el sector Tisco, que no han sido evaluados en esta investigación. Sin embargo, en los últimos años, se está impulsando el corredor Colca – valle de los volcanes de Andagua, hacia la provincia de Castilla.



Figura 11.3 Ruta Turística del Valle del Colca (Fuente: Autocolca).



Figura 11.4 Vista de la ruta turística y accesos al valle del Colca (Fuente: Autocolca).

Actualmente, Autocolca define el ordenamiento y planificación del turismo, la gestión y regulación de las actividades turísticas que se desarrollan en el valle del Colca, la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca y el valle de los volcanes. Los fondos que recauda, provenientes del boleto turístico, son invertidos en la restauración de lugares arqueológicos y monumentales, asfaltado de carreteras locales, mejora y acondicionamiento de la infraestructura, promoción y difusión de productos turísticos, para los diferentes distritos que ocupan este territorio.

Los proyectos de entidades privadas que tuvieron participación activa en el ámbito del Colca, trabajaron con aporte de la cooperación internacional como la Cooperación Alemana al Desarrollo, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) quien trabaja hasta la actualidad, el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) y organismos no gubernamentales de desarrollo, como el caso de DESCO. Ha sido muy importante por sus intervenciones a partir del patrimonio

cultural y natural, buscando una articulación efectiva y eficaz de los recursos públicos y privados, que permitan una inversión a favor del desarrollo sostenible del turismo en el valle. Asimismo que se potencie la igualdad de oportunidades, la generación de empleo, la competitividad local, la conservación y gestión del patrimonio natural y cultural, la conectividad y la articulación comercial con la economía de la provincia.

Los impactos creados en torno a su desarrollo comprometen a los sectores públicos y privados, que van tras la adopción de políticas locales intentando organizar y conducir de mejor manera la actividad turística. Una de ellas es incorporar paulatinamente a la población local del valle y resolver limitaciones actuales, quienes pagan el costo de un turismo no inclusivo, donde:

- la población local tiene escasa vinculación económica, social y cultural con la actividad turística desarrollada en el Colca, de igual manera con las ganancias producto de esta actividad,

- la producción agropecuaria local tiene una mínima articulación al mercado generado por el turismo,
- deficiencia en la calidad y generación de los servicios turísticos locales.
- falta de motivación y fortalecimiento de las capacidades locales - emprendimiento para la actividad turística,
- falta de diversificación de la oferta turística en la zona, y
- ausencia de políticas de gestión turística específicos al valle del Colca.

El Plan de Acondicionamiento Territorial del valle del Colca (PAT-COLCA) 2012-2021, elaborado en convenio por el Gobierno Regional de Arequipa, la Municipalidad Provincial de Caylloma y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo tiene como objetivo general, estructurar el territorio que conforma la subcuenca del río Colca; que garantice su desarrollo sostenible, valore su patrimonio cultural y natural, rehabilite las condiciones habitacionales y laborales y permita el mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores, en el marco de lucha contra la pobreza.

Entre sus objetivos específicos resaltan los siguientes:

- Reorganizar la infraestructura y las áreas edificadas con nuevos modelos de usos de suelo compatibles con el paisaje y la preservación de los valores culturales y naturales en ambas márgenes del río Colca.
- Constituir al PAT-COLCA, un instrumento técnico legal que garantice un manejo planificado y sostenible de las inversiones y de las actividades, principalmente del turismo.
- Contribuir a la preservación y difusión del patrimonio cultural y natural, mediante la incorporación de estos recursos y las potencialidades del sitio en el PAT, que permitan su reconocimiento mundial por Unesco.
- Mejorar la recuperación y valoración del paisaje para consolidar su identidad cultural.
- Incorporar a las instituciones locales y a la sociedad civil para mejorar la gestión pública.
- Mejorar la infraestructura vial y la de servicios públicos.
- Incorporar a la población en la implementación del PAT-COLCA y asegurar su participación en la protección del valle del Colca.

- Contribuir a la preservación de los ecosistemas vulnerables y su manejo bajo un plan de prevención de desastres.
- Mejorar el sistema de centros poblados, otorgándoles roles y funciones para lograr un equilibrio armónico y horizontal.
- Dotar a la Municipalidad Provincial de Caylloma de una herramienta eficaz para el planeamiento y gestión del valle del Colca, que permita mejorar las condiciones y calidad de vida de su población, a través de una gestión democrática y participativa.
- Detener, estabilizar y reorientar los procesos de intervención espontánea y crecimiento urbano descontrolado, ordenando las áreas actualmente ocupadas por las poblaciones.
- Prevenir el riesgo de desastres, teniendo en cuenta las amenazas y vulnerabilidades naturales, así como los provenientes de las actividades humanas.

## 11.3 SISTEMA TURISTICO VALLE DEL COLCA

### 11.3.1 Superestructura

Conjunto de organizaciones públicas y privadas que permiten organizar tanto la producción y venta de servicios, regulando, fomentando y/o coordinando la actividad turística y las relaciones resaltantes de la práctica del turismo. En el valle del Colca, como ya se mencionó, se tiene la presencia de instituciones públicas como privadas que vienen trabajando en la actividad turística que se desarrolla en la zona. Autocolca es el ente público que regula la actividad turística cuyo fin es encargarse de asegurar la restauración, protección, desarrollo, explotación y la promoción de recursos naturales, arqueológicos, históricos y económicos del circuito turístico. Autocolca está integrada por representantes de distintos organismos públicos y privados, teniendo como presidente del directorio al alcalde de la provincia de Caylloma. Integran su comité representantes del MINCETUR, cuerpo directivo de Caylloma, Corporación Departamental de Desarrollo Arequipa, la Autoridad Autónoma de Majes, la Cámara de Comercio e Industria Arequipa e Instituto Nacional de Cultura Arequipa. Autocolca tiene oficinas en Arequipa (gerencia y administración) y en Chivay; en este último, con puntos de control del boletaje turístico al llegar a Chivay y antes de ingresar al Mirador El Cóndor, principal atractivo turístico del cañón (fotografías 11.1 al 11.3)<sup>47</sup>.

<sup>47</sup> El contenido del expediente (dossier) de postulación de un territorio como geoparque Unesco contempla en su punto D: Actividad económica y planes de negocios, dentro de los cuales el turismo es un factor fundamental, sobre todo el análisis de su potencial geoturístico y su relación con la economía local. Nota de los autores.



Fotografía 11.1 Lugar de información turística de Autocolca en Chivay y Centro de Interpretación Chivay - Colca.



Fotografía 11.2 Oficinas de Autocolca en Arequipa e instalaciones de la oficina del proyecto Geoparque Colca y Volcanes de Andagua, implementada el 2017 con asesoría de Ingemmet.



Fotografía 11.3 Punto de control de ingreso al Colca en la entrada a la localidad de Chivay (izq.) y control de ingreso en Pinchollo hacia el mirador El Cóndor (der.)

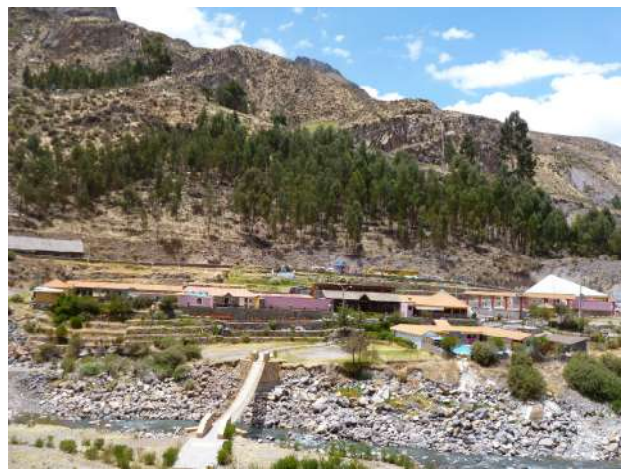
### 11.3.2 Estructura (Planta Turística)

Son los recursos que se desarrollan sobre la infraestructura, dedicados a la prestación de los servicios turísticos y comprende el equipamiento e instalaciones que hacen posible la permanencia de turistas en una localidad. Está compuesta por los servicios de hospedaje, alimentación, recreación, empresas de transporte, etc.

La estructura turística del valle del Colca se centra en el distrito de Chivay capital de la provincia de Caylloma, eje fundamental de la actividad turística desarrollada en esta zona. Chivay cuenta con establecimientos de hospedaje, alimentación y transporte debido a que hasta este llegan y se concentran los visitantes, desde donde realizan los diferentes tours que se tienen en la zona. En menor porcentaje en Cabanaconde, Yanque, Coporaque, en ese orden.

Estos servicios también se encuentran en otros distritos y anexos de la provincia (Lari, Pinchollo, Tapay, Huambo, Callalli, Tuti), pero de forma muy restringida con hospedajes, casas hospedaje y casas vivenciales como los casos de Sibayo y Coporaque.

**Hospedaje:** Los establecimientos de hospedaje son lugares que brindan el servicio de alojamiento no permanente, para que sus huéspedes pernocten en él, con la posibilidad de incluir otros servicios complementarios. Los establecimientos de hospedaje en el Colca se encuentran categorizados de acuerdo al reglamento de establecimientos de hospedaje del MINCETUR, en el cual se establecen las disposiciones, para la clasificación, categorización, funcionamiento y supervisión de los establecimientos de hospedaje. Debido a su categorización estos cuentan con servicios y costos acordes a su categoría (fotografías 11.5, 11.6 y 11.7).



**Fotografía 11.4** Infraestructura hotelera, construida en las márgenes del valle del Colca entre Chivay y Yanque; tratando de mantener la armonía con el paisaje natural circundante.



Fotografía 11.5 Casa Mamayacchi en la salida de Coporaque que conduce hacia Colca Lodge



Fotografía 11.6 Establecimiento de Turismo vivencial en el distrito de Sibayo<sup>48</sup>.

<sup>48</sup> La participación de las comunidades locales, en muestra de su identidad cultural a través de sus costumbres, gastronomía, etc. Son un aspecto fundamental que inter-relacionan al hombre con la naturaleza («pachamama»); objetivo de un geoparque.

**Alimentación:** El servicio de alimentación es brindado por establecimientos dedicados a este, los cuales pueden ser permanentes o de temporada (Fotografía 11.7). En el Colca los restaurantes, en su mayoría, se encuentran categorizados de acuerdo al Reglamento de Restaurantes del MINCETUR, el cual establece los requisitos y

procedimientos para autorizar la prestación de este servicio. El conocimiento de la categoría de estos puede proporcionar información a los visitantes para saber qué esperar recibir del lugar. Se encuentran restaurantes, restaurant-bar, con comida local, internacional, fusión, así como restaurantes con servicio de comida bufé.



**Fotografía 11.7** Restaurante Turístico - Chivay (fotografías superiores) y en una casa vivencial en Sibayo (inferior)

**Transporte:** El transporte también constituye un medio de vital importancia para el desarrollo del turismo, permitiendo el desplazamiento de los visitantes y haciendo que estos puedan involucrarse con las poblaciones locales. En el Colca el servicio de transporte es bueno y frecuente, existen varias empresas que prestan el servicio en la zona teniendo buena afluencia de este. Las empresas que brindan este servicio se encuentran concentradas en el terminal terrestre de Chivay (Fotografía 11.8).

El transporte es el medio que permite al visitante acceder a los diferentes destinos; este componente es una red vial eficiente de vital importancia debido a que es la conexión entre las rutas de transporte terrestre, acuático y aéreo que permiten estructurar circuitos o corredores turísticos para el desplazamiento de los visitantes a través de ellos e involucrando a varias localidades.





Fotografía 11.8 Terminal Terrestre en Chivay: Vistas externa e interna

**Servicios complementarios:** Los visitantes o turistas que llegan a un determinado lugar requieren de servicios complementarios, los cuales no son fundamentales en la planta turística, pero es importante contar con estos porque complementan muchas de las actividades turísticas. Estos servicios normalmente son requeridos por la población local y, en muchos casos, por los turistas (fotografías 11.9 y 11.10).

En el Colca se cuenta con servicios complementarios diversos, dentro de los cuales se pueden encontrar tiendas de venta de productos artesanales, cabinas de internet, tiendas de venta de productos de abarrotes y minimarket, venta de productos locales en los mercados de abastos, cafeterías, farmacias, etc.



Fotografía 11.9 Tienda de productos artesanales en el Boulevard de Chivay



**Fotografía 11.10** Taller artesanal y venta de souvenir en Coporaque

**Infraestructura:** La infraestructura la integran las vías de acceso que se tiene en cada zona, sean estas aéreas, acuáticas y terrestres. Constituye un elemento de vital importancia dentro de la planta turística, las vías de acceso y la mejora de las vías urbanas, generalmente, obras básicas de acción estatal, regional y local (fotografías 11.11 al 11.13). La provincia Caylloma cuenta con vías de acceso terrestre los cuales se encuentran en buen estado en algunos tramos y en estado regular en otros. En los lugares más alejados de la capital de la provincia, se cuenta con trochas carrozales o caminos de herradura los cuales, en mucho de los casos, no se encuentran en estado óptimo para su uso, pero que; sin embargo, se convierten en el único medio para llegar a la zona.

Un factor muy importante, que en muchas ocasiones se convierte en un problema, son las lluvias estacionales las cuales

ocasionan daños en las vías de acceso que en mucho de los casos perjudican considerablemente la actividad turística impidiendo la llegada de los turistas al atractivo turístico. Asimismo, los sismos de subducción (como el 2001) o los asociados a la actividad neotectónica del área bloquean las vías de acceso por caída de rocas y derrumbes (2016, 2015), o la reactivación de deslizamientos activos, como el caso de Maca.

El acceso actual al valle del Colca y sus circuitos turísticos es ayudado, además, por los trabajos de infraestructura para el proyecto Majes, más específicamente la derivación de aguas del río Colca, lo cual incluyó la construcción de vías de comunicación dentro del valle, conectando vía carretera Arequipa – Chivay – Cabanaconde – Huambo – Pedregal (Majes) – Panamericana Sur.



**Fotografía 11.11** Localidad de Chivay, capital de la provincia de Caylloma



Fotografía 11.12 Acceso vial al Valle del Colca



Fotografía 11.13 Caminos empedrados que acceden a lugares turísticos y puente El Inca, cerca de Chivay. Resaltan el uso del recurso natural con que se cuenta: rocas volcánicas.

### 11.3.3 Desarrollo del turismo termal en el Colca

Desde la época preinca e inca, las fuentes de agua han significado el elemento purificador y ritual de nuestros ancestros. Ellos conocían sus bondades medicinales, por ello, construían tambos en lugares próximos a las fuentes termales, las que aprovechaban en sus viajes como un tratamiento termal con fines medicinales e higiénicos. Considerando el gran número de fuentes termales que se ubican a lo largo y ancho de Perú; estas debidamente aprovechadas de manera sostenible, pueden convertirse en fuentes de riqueza, desarrollo e inclusión social. El valle del Colca constituye un espacio geográfico de gran importancia en nuestro país por albergar varias fuentes de aguas termales, que se encuentran desde Callalli hasta Canco, con géiseres en Pinchollo, Cabanaconde y Tapay, lo que indica la presencia de focos volcánicos que provocan las elevadas temperaturas del agua subterránea cuando afloran a la superficie.

**Usos de las fuentes termales:** Se tienen dos grandes enfoques de uso de estas aguas en el valle del Colca

**Uso curativo:** Aprovechando las atribuciones de propiedades curativas de las aguas minero-medicinales, existe un porcentaje alto de visitantes que llegan al Colca motivados y orientados fundamentalmente por la cura o alivio de diferentes enfermedades.

**Uso recreativo:** Se tiene en el valle del Colca distintos establecimientos de hospedaje que cuentan con centros recreativos, que sin desconocer las propiedades curativas de las aguas minero-medicinales, orientan sus servicios

principalmente hacia la recreación y el esparcimiento, ofreciendo sus servicios a clientes sin ningún tipo de patología médica, que buscan fundamentalmente el beneficio relajante y antiestresante del agua minero medicinal, del propio establecimiento y su entorno.

**Principales lugares de uso termal en el Colca:** Entre las principales fuentes termales utilizadas en el valle del Colca se tienen las aguas termales La Calera y Chacapi, algunas de las cuales cuentan con certificación de aguas termomedicinales por haber iniciado su uso después del 2006<sup>49</sup>:

**Complejo de Baños Termales La Calera-Chivay:** Se encuentra en Chivay, a poco más de tres kilómetros del centro de esta localidad, accediendo por una carretera asfaltada. Sus propiedades curativas son conocidas para enfermedades de los huesos como la artritis y otros. La infraestructura de La Calera está compuesta por cinco piscinas termomedicinales que reciben aguas termales desde una fuente adosada a la margen izquierda del río Colca, mediante un integrado sistema de refrigeración que hacen que pasen de los 80 grados de temperatura originales a temperaturas alrededor de 35-38 grados (fotografías 11.14 al 11.16). Las populares y contrastadas propiedades curativas de las aguas de La Calera se basan, principalmente, en la composición del agua, que posee un porcentaje de calcio, zinc, hierro. Esta infraestructura cuenta, además, con un pequeño museo arqueológico natural del Colca, en el cual se muestra aspectos representativos de elementos culturales de esta zona.



**Fotografía 11.14** Vistas de cuatro piscinas de agua termal en los Baños La Calera, Chivay

<sup>49</sup> Certificación de clasificación y composición físico Química de fuentes de agua termominerales. Ley de recursos hídricos y su reglamento N° 29338, que faculta a Ingemmet a realizar esta actividad.



Fotografía 11.15 Vista externa del complejo de baños termales La Calera, en la margen izquierda del Colca



Fotografía 11.16 Toma en la fuente natural (izquierda) y distribución de las aguas termales en La Calera (derecha)

**Baños termales Chacapi-Yanque:** Se encuentra en el distrito Yanque, en la margen izquierda del río Colca. La composición química de estas aguas indica la composición del sistema de aguas de roca en profundidad. Las aguas termales alcanzan temperaturas máximas de hasta 50 °C y muestran un Ph neutro. La infraestructura

comprende dos piscinas cuya temperatura máxima es de 45 °C, comprende también 13 vestidores, el manantial está del otro lado del río. Este afloramiento termal forma parte de los recursos termomedicinales del valle del Colca (Fotografía 11.17).



**Fotografía 11.17** Baños Termales de Chacapi – Yanque, margen izquierda del Colca. En el lado derecho panel interpretativo de la fuente termal elaborado por Ingemmet.

Uno de los baños termales que tiene uso ya más de dos décadas es los Baños El Inca, frente a Sibayo-Callalli. Su uso es local y su infraestructura requiere de mejoras (Fotografía 11.18). Sin embargo, en los últimos años ha habido un impulso por el desarrollo del turismo termal en el Colca, con baños, pozas artesanales, complejos termales y hoteles que hacen uso de este recurso hídrico como oferta de sus

instalaciones. Sobresalen las aguas captadas por el hotel Colca Lodge, Umarm, Sallihua, El Tambo (Yanque), Pacla, Sangalle, entre otras que han invertido en la construcción de infraestructura con piscinas y pozas individuales. Muchas de ellas se encuentran dentro de la oferta turística en el Colca o incluidas dentro de algunos paquetes turísticos (fotografías 11.18 al 11.23).



**Fotografía 11.18** Vistas de los baños termales El Inca, sector Callalli, margen izquierda del río Colca



**Fotografía 11.19** Oasis en Sangalle, Cabanaconde. Piscinas de aguas templadas en la margen izquierda del Colca



**Fotografía 11.20** Infraestructura termal en construcción, sector Umaro (2012); vista actual desarrollada (2018).



**Fotografía 11.21** Infraestructura hotelera con acondicionamiento y construcción de baños termales en la margen derecha del río Colca, propiedad del hotel Colca Lodge



**Fotografía 11.22** Baños termales en la margen derecha del río Colca, aguas abajo de Cabanaconde; a un lado de la carretera Cabanaconde-Tapay



**Fotografía 11.23** Aguas termales El Tambo, que se acceden por un puente colgante desde Yanque

#### **11.4 EL PATRIMONIO GEOLÓGICO COMO PROPUESTA PARA EL DESARROLLO GEOTURÍSTICO EN EL COLCA**

La preocupación en la sociedad por el patrimonio natural ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años; sin embargo, existe aún una falta de percepción en la población por el patrimonio geológico, como la verdadera base fundamental de la biosfera y como algo interesante en sí mismo, que fácilmente puede

ser integrado en las guías y «paquetes turísticos» (Moreira *et al.*, 2007). Normalmente, el geoturismo se dirige preferentemente hacia elementos caracterizados por la espectacularidad paisajística (cañones fluviales, volcanes, glaciares, cadenas montañosas, bosques de rocas, etc.), así como la atención del público hacia la paleontología (yacimientos paleontológicos de vertebrados: dinosaurios o invertebrados; invertebrados; piezas y elementos museísticos, huellas de pisadas); minerales y piedras preciosas y su asociación a minas, etc.



Existen diferentes conceptos que hoy se encuentran en la literatura sobre geoturismo. Hose, (1995) define el geoturismo como «un conjunto de servicios y equipamientos interpretativos que permitan a los turistas la comprensión y adquisición de conocimientos de un sitio geológico y geomorfológico más que su apreciación estética». El año 2000 este mismo autor consideró al geoturismo como «hacer que los servicios disponibles y los medios interpretativos para promover el valor y los beneficios de sitios sociales con interés geológico y geomorfológico, asegurando su conservación, para el uso de estudiantes, turistas y otras personas con interés recreativo o de placer». Hose (2000) señala que «el geoturismo es la incorporación del patrimonio geológico a la oferta turística de una determinada región o país; su desarrollo conlleva a la provisión de facilidades interpretativas y servicios, para promocionar el valor y los beneficios que los lugares y materiales geológicos (geomorfológicos, paleontológicos, etc.) poseen, asegurando su conservación, para el uso de estudiantes (de todos los niveles), turistas y otras personas con interés recreativo y de ocio, así como para la investigación científica en particular».

En la página web del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), se define el geoturismo como «aquellas ofertas turísticas que tienen en la geología o en un elemento geológico su motivo de atracción principal. El patrimonio geológico y minero tiene un alto potencial para la creación de este tipo de iniciativas». Ursula Ruchkys; en su tesis doctoral sobre patrimonio geológico y geoconservación del Cuadrilátero Ferrífero, Minas Gerais para la creación de un geoparque de Unesco define el geoturismo como «segmento de la actividad turística que tiene al patrimonio geológico como principal atractivo y busca la protección por medio de la conservación de sus recursos y de la sensibilización del turista, utilizando la interpretación para volver este patrimonio accesible al público lego y promover la divulgación y desarrollo de las Ciencias de la Tierra». Asimismo, en la página web del geoparque español Villuercas lo señala como un «Concepto nuevo que hace referencia a un tipo de turismo sostenible y cuyo objetivo se centra en destacar el patrimonio geológico, la geodiversidad y la biodiversidad de un determinado territorio, además de sus especificidades estéticas y la sostenibilidad económica de los ciudadanos que viven en él»<sup>50</sup>.

En estos conceptos se observa que existe un realce del patrimonio geológico (**geopatrimonio**) como principal atractivo, de la necesidad de protección de estos recursos (**geoconservación**) y de hacerlo accesible al público la divulgación de las ciencias de la Tierra (**geoeducación**); por último, la figura de un geoparque incluye no solo a la geodiversidad sino a la biodiversidad y otros valores a través de un turismo sostenible en beneficio de la población local; es decir, estos nuevos conceptos que no tienen más de tres décadas en la literatura geológica son parte integral de esta actividad: **EL GEOTURISMO**. Sin embargo, es importante comprender que el geoturismo es visto todavía como una actividad propia dentro de la oferta turística, sin darle un verdadero valor al patrimonio geológico. El geoturismo usa la divulgación como herramienta para promocionar los lugares de interés geológico, proporcionando nuevas oportunidades al medio rural, que pueden tener éxito (Carcavilla *et al.*, 2011). En muchos casos, el personal que gestiona y dirige estas ofertas carece de formación geológica suficiente, que se traduce en que el público reciba información geológica errónea o que ni siquiera se mencionen los aspectos geológicos que son protagonistas del lugar (Carcavilla, 2011).

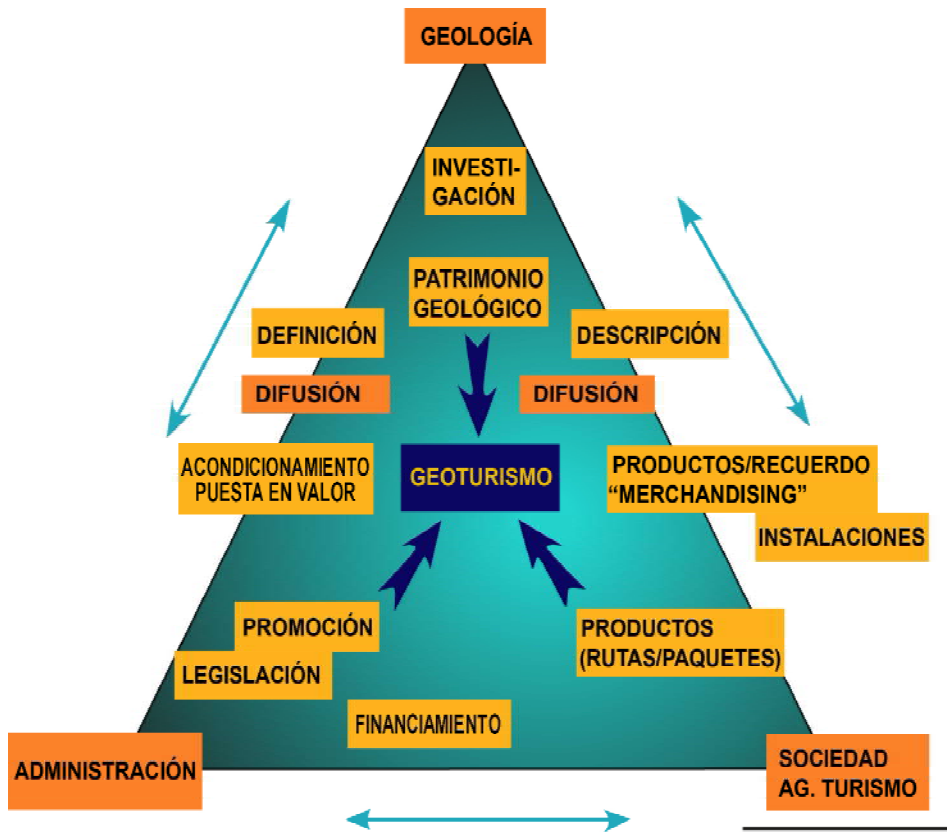
Esto trae acotación a lo señalado por Moreira *et al.*, 2009: *Geoturismo: ¿Explicación de la geología al público o la Geología como foco de atracción turística?* Ella señala que existen tres grupos de factores independientes que deben interactuar para el desarrollo de una propuesta geoturística entendiendo al patrimonio geológico, como el elemento principal:

- (1) Actores de carácter científico de la comunidad geológica en un país (geólogos quienes realizan un inventario, sistematización, descripción y definición del patrimonio geológico).
- (2) Actores de carácter político, entes administrativos del gobierno, donde está ausente una legislación y regulación adecuada ni figuras legales específicas, que conlleven a la promoción, protección y gestión adecuada del patrimonio geológico.
- (3) Actores de carácter social y turístico, integrantes de las comunidades locales, empresas o iniciativas privadas, agencias y operadores turísticos y los sectores de hoteles, transporte, gastronomía, marketing, comercialización y productos de recuerdo.

<sup>50</sup> Durante el Congreso Internacional de Geoturismo; Geoparque Arouca-Portugal, (2011) apuntan a que el geoturismo debe ser definido como «un turismo que sustenta y mejora la identidad de un territorio, considerando su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y bienestar de sus residentes». Visto así, implica la actuación de diferentes especialidades de las ciencias de La Tierra y las ciencias sociales. Es decir no solo de la geología; sin embargo, señalan en uno de los enunciados de la Declaratoria de Arouca, que el «turismo geológico» es uno de los diversos componentes del geoturismo. Animan, además, a los territorios a desarrollar el geoturismo, enfocado no solo al medio ambiente y al patrimonio geológico sino también a los valores culturales, históricos o escénicos. En este sentido, recomiendan que la población local y los visitantes se involucren de un modo eficaz y no se limiten al simple papel de espectadores, contribuyendo así a construir una identidad local, promoviendo los valores auténticos y únicos del territorio. De este modo, conseguiremos que el territorio y sus habitantes alcancen integridad medioambiental, justicia social y desarrollo económico sostenible. Arouca (Arouca Geopark, Portugal), 12 de noviembre de 2011.

Esto se puede mostrar en el siguiente diagrama triangular (Figura 11.5) que sobresale los tres factores que condicionan el geoturismo

en una interacción dinámica y mutua (flechas simples de doble sentido) y no solamente de proximidad o posición. (Meléndez *et al.*, 2007), donde se deja entrever:



**Figura 11.5** Diagrama triangular: Factores condicionantes del geoturismo donde la geología es el pilar del conocimiento geológico a través del patrimonio geológico (Modificado de Meléndez *et al.*, 2007).

- La geología (un servicio geológico como Ingemmet) investiga, define, describe y; sobre todo, difunde el conocimiento del patrimonio geológico de un territorio, como pilar fundamental para impulsar y promover el desarrollo del geoturismo<sup>51</sup>.
- La administración nacional, regional o local en cualquier región o país es quien regula, legisla, financia y promueve una nueva oferta turística (el geoturismo) permitiendo el acondicionamiento básico de los lugares definidos por la geología, para desarrollar esta actividad de manera sostenible.
- La sociedad civil y las empresas de turismo (empresa privada, municipal o de comunidades) apuestan por el geoturismo, generan nuevos productos turísticos, georutas, paquetes, invierte en instalaciones de servicios y geoproductos (*merchandising*) a través del patrimonio geológico descrito por la geología

Otro aspecto relevante que falta aún desarrollar está a cargo del esfuerzo en los entes de investigación por difundir la geología entre el gran público, de manera didáctica. Esto puede alcanzarse mediante:

- 1) Instalación de museos o centros de interpretación geológica.
- 2) Acondicionamiento de algún yacimiento paleontológico en particular; incluyendo su restauración.
- 3) Elaboración de paneles interpretativos y explicativos de la geología de los lugares de interés geológico, de manera ilustrativa y didáctica.
- 4) Elaboración de material didáctico (folletos destinados a los turistas mediante trípticos, guías, etc.), estrechamente relacionado a lo existente en el terreno.

<sup>51</sup> Chen *et al.* (2014) señala que el geoturismo se interpreta como un turismo geológico efocado en la geología y su interacción con la ecología y cultura.

- 5) Capacitación de guías de turismo en temas de geología básica y geoconservación, para que puedan informar correctamente a los turistas.
- 6) Integrar el geoturismo en el turismo rural mediante la capacitación de promotores turísticos locales con participación activa de las comunidades.
- 6) Creación de geoparques nacionales en un corto plazo y su desarrollo, implementación y gestión adecuada del geoturismo, geoconservación y educación, para su futura postulación a Unesco en la lista mundial de geoparques.

## 11.5 GEOTURISMO EN EL COLCA

El gran potencial de patrimonio natural (geológico) y cultural con que cuenta el Colca propicia el desarrollo del geoturismo, promoviendo la integración de lugares de interés geológico en los circuitos turísticos convencionales u otros desconocidos por los turistas.

En el Colca, el manejo de infraestructura turística, promoción, desarrollo, restauración, cuidado, protección y explotación de los recursos naturales, arqueológicos, históricos y económicos está a cargo de la organización Autocolca, creada por ley en junio de 2009. Una de las funciones principales, expresa en el artículo 4: *Cuidar el patrimonio natural; cultural e histórico del «Circuito Turístico Cañón del Colca»; Salinas; Aguada Blanca y Valle de los Volcanes» impidiendo la ruptura del ecosistema preservando el medio ambiente, su riqueza arquitectónica, artesanal, cultural, costumbrista y paisajista.* Sin embargo, no se menciona explícitamente el patrimonio geológico como tal.

Recientemente, se han mejorado algunos miradores en el tramo del cañón entre Pinchollo y Cabanaconde y algunos sitios puntuales en ambos márgenes del valle del Colca. La infraestructura de zonas termales como en los baños en La Calera, la señalización es mayor, pero insuficiente desde el punto de vista didáctico-geológico. El contexto geológico interpretativo está siendo explicado paulatinamente tratando de resolver al turista que visita estas zonas, llevándose muchas dudas del origen de estas formas, muchas veces mal explicadas y descritas por los guías turísticos locales. La señalética es pobre aún; la que se ha colocado explica una evolución geológica u origen del cañón, ícono principal del Colca y de otros geositos importantes. Un buen panel que resalte la geología del cañón mediante un perfil geológico permitirá al turista entender la evolución geológica del lugar.

La población, en su mayoría, no tiene conocimiento cabal de los recursos geológicos que se encuentran ubicados en su localidad. Esto motiva a realizar trabajos de educación geológica

dirigida a la población (principalmente estudiantes de colegios primarios y secundarios).

No se pudo observar un desarrollo turístico planificado distrital que aproveche las potencialidades de los recursos naturales y culturales con los que cuenta cada municipio.

La disponibilidad de hoteles y restaurantes es mayor en la cuenca, y para diferentes niveles económicos. Esta ha logrado gran desarrollo e impulso en la última década en las áreas urbanas y alrededores de los distritos de Chivay, Cabanaconde, Coporaque, Yanque, principalmente. Igualmente, la infraestructura de los baños termales ha sido mejorada, tanto en Chivay (La Calera), en los sectores de Yanque, Sangalle; no obstante, faltan aún algunos por mejorar como en el sector de Huambo y Cabanaconde. Sin embargo, es imprescindible normar técnicamente mediante ordenanzas municipales o a través de Autocolca, las características constructivas de este tipo de infraestructuras a fin de no impactar el paisaje urbano y rural con el paisaje, así como mantener la identidad cultural en todas las poblaciones del Colca.

Algunos ejemplos relevantes de desarrollo turístico local que merecen replicarse y mejorarse son los siguientes:

- 1) **Turismo vivencial desarrollado en Sibayo con participación de la comunidad:** debe mejorarse la señalización hacia los lugares de interés natural promocionados y que se encuentran hacia aguas arriba del río Colca. Resaltan mucho las construcciones en piedra en los albergues familiares y hostales, y la restauración de sus iglesias por AECID. En el 2014, el distrito de Sibayo fue presentado como un nuevo producto turístico de la región Arequipa, creado dentro del marco del programa «De mi tierra, un producto» del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo – MINCETUR, el monto de ejecución del proyecto tuvo un presupuesto de cinco millones de soles; las acciones más resaltantes desarrolladas fueron la remodelación de la plaza de armas con la instalación de una pileta con fuente de agua y cuatro esculturas, mejoramiento del entorno de la plaza con la restauración de 24 viviendas con material de la zona y la construcción de dos arcos uno al ingreso y otro a la salida del pueblo, a cargo del MINCETUR, a través del Plan COPESCO.
- 2) En el 2013, se realizó la «Puesta en valor turístico del conjunto arqueológico Uyo Uyo», distrito Yanque, valle del Colca, provincia Caylloma ejecutado por el Plan COPESCO nacional del MINCETUR, mediante el cual se realizó la implementación de servicios higiénicos, estacionamiento vehicular y centro de interpretación, además del mejoramiento de caminos, miradores turísticos e ingresos y señalización de los circuitos peatonales; con un monto total de inversión de S/. 1 754 145.49.

- 3) «Restauración del templo San Juan Bautista del Distrito Sibayo», desarrollado en el marco del proyecto Escuela Taller Valle del Colca de AECID, mediante el programa de Cooperación Hispano 2007 – 2011, ejecutado con el apoyo de la Municipalidad Provincial de Caylloma, Gobierno Regional de Arequipa, Autocolca, Municipalidades distritales del valle del Colca, con el objetivo de contribuir al desarrollo social y económico del valle del Colca y mejorar las condiciones y calidad de vida de su población. A través de la capacitación e inserción laboral de jóvenes, hombres y mujeres de escasos recursos en oficios relacionados con la conservación, puesta en valor y gestión sostenible del patrimonio cultural, el sector turismo y el sector agrícola, se da prioridad de la lucha contra la pobreza. La escuela taller del valle del Colca comenzó a funcionar desde el 14 de setiembre de 2009 en Achoma; actualmente, es una institución educativa oficialmente reconocida por el Ministerio de Educación, mediante Resolución de Administración N° 0626 emitida el 15 de noviembre de 2010 por la Gerencia Regional de Educación Arequipa.
- 4) Algunos intentos de infraestructura hotelera con uso de material local (ignimbritas) en el distrito de Callalli y el sector de Torre Blanca, pero con falta de integración hacia paquetes turísticos de la región que promuevan su desarrollo y despegue, así como competencia con otros paquetes turísticos. La zona de Callalli, presenta en este inventario varios lugares de interés natural y cultural que podrían potenciarse.
- 5) Interés de la pequeña comunidad de Canco (Huambo) en integrarse al desarrollo turístico local, cuyo eje está considerado en la futura carretera que unirá Huambo-Canco-Ayo, hacia el valle de los volcanes de Andagua, otra mega área de interés natural y patrimonio geológico particular por su origen, espectacularidad con un gran número de geositos también.
- 6) Caso similar de desarrollo en el fondo del cañón corresponde al sector Sangalle (Cabanaconde), al cual se llega a pie y se conecta igualmente hacia el distrito de Tapay.
- 7) Señalización de rutas a pie en el sector de Tuti que conducen tanto hacia el complejo arqueológico Ñaupallacta Tuti y a las cuevas de Pumunuta.
- 8) La construcción de nuevas carreteras está generando impactos en el paisaje del cañón del Colca, como lo son las carreteras Huambo-Canco, Cabanaconde-Tapay. El mejoramiento de la carretera (asfaltado) entre Chivay y Sibayo; en esta última se ha encontrado un tramo entre Canocota y Tuti, fuertemente afectado por un deslizamiento potencial en proceso, que compromete la carpeta asfáltica (400 a 500 metros de largo).

- 9) Construcción de infraestructura en Cabanaconde el 2013, contemplado para destinarlo como museo para exponer a la «*Dama de Ampato o Momia Juanita*», al encontrarse sin equipamiento podría aprovecharse para implementar diferentes salas temáticas distinguiendo la historia y cultura, la geología, la biodiversidad, etc. como un centro de interpretación en vez de un museo.

## 11.6 GEORUTAS PROPUESTAS EN EL COLCA

A partir del inventario de recursos geoturísticos identificados en el Colca, se podría recomendar la promoción de diferentes rutas, tanto a pie como en carretera. Algunos aspectos importantes como señalización, colocación de información didáctica, centro de interpretación geológica del Colca, capacitación de guías turísticos (profesionales y estudiantes de la región) y promotores turísticos locales (población en general) vienen siendo desarrollados como parte del proyecto geoparque Colca y Volcanes de Andagua con aporte significativo de Ingemmet. Entre las rutas geoturísticas propuestas tenemos (mapa 3):

### 11.6.1 Potenciación de paradas y miradores en la ruta principal al cañón del Colca en el aspecto geológico

La ruta convencional por carretera que accede al ícono principal que es el cañón del Colca se encuentra en gran parte asfaltada (Arequipa-Chivay-Yanque-Achoma-Maca-Pinchollo-Mirador del Cóndor-Cabanaconde-Huambo). Esta ruta atraviesa parte de la reserva nacional Salinas Aguada Blanca, donde se encuentra en primer lugar el Centro de Interpretación de la reserva en el sector Toccra. Como esta reserva ocupa en gran parte un área volcánica y zonas altoandinas, expone una riqueza biológica, cultural que resalta, en parte, la presencia de los volcanes expuestos en la región. Aprovechando la infraestructura existente y la disponibilidad de salas de exposición, estas podrían utilizarse para mostrar la geología y evolución histórica del cañón del Colca mediante paneles, mapas, maquetas y material didáctico. Toccra se considera la puerta de ingreso al Colca (Fotografía 11.24).

Parte de la zona de amortiguamiento de la reserva colinda con la subcuenca Colca. Usualmente, se detienen los buses turísticos en el sector Patapampa o «mirador de los volcanes». La señalización de los principales volcanes de la Cordillera Volcánica, cuenta con un panel explicativo (inglés y español) donde se describe de una manera más detallada y didáctica la edad de los edificios o conos volcánicos, estratovolcanes o complejos volcánicos que existen. (Fotografía 11.24).



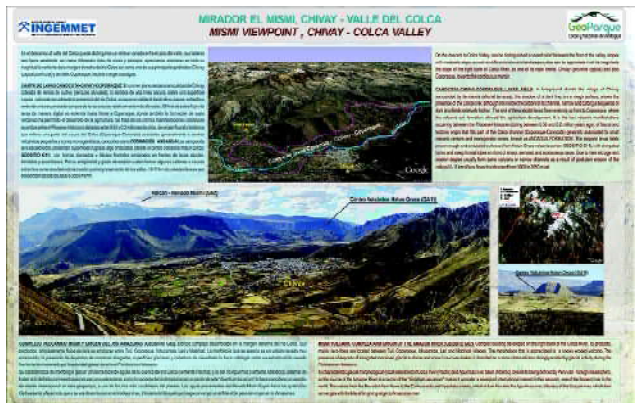
**Fotografía 11.24** Imágenes del centro de interpretación Toccocha del Sernanp – Reserva Nacional Salinas Aguada Blanca. Destacan los diferentes aspectos de la biodiversidad, aspectos culturales. En la parte inferior derecha una sala vacía donde Autocolca tiene proyectada una sala temática eminentemente geológica que describa las características del Colca.



**Fotografía 11.25** Sector Mirador de Los Andes; resalta la indicación y dirección de los principales volcanes en la vista panorámica (superior). En las vistas inferiores señalización del mirador del geoparque y un panel explicativo (elaborado por Ingemmet en inglés y español) con descripción geológica del lugar.

Al descender hacia Chivay, existen también varios miradores después, donde también usualmente se detienen los buses turísticos o particulares. Además del sector de Patapampa o "mirador de los volcanes", existen otros en el descenso por la carretera hacia Chivay como el mirador del Mismi y mirador de Chivay (Fotografía 11.26). Los otros dos miradores, por ser un lugar de inicio de vistas panorámicas de aspectos geológicos importantes, también

están proyectados paneles con información geológica-didáctica y educativa. De acuerdo al inventario del patrimonio geológico, los atractivos geológicos que pueden apreciarse y explicar desde estos miradores son el complejo volcánico Mismi, nacientes del Amazonas y vertientes con flujos de lavas hacia Coporaque, así como el campo de lavas Canocota-Chivay-Coporaque que rellenan el valle del Colca.



**Fotografía 11.26** Mirador del Mismi, vista de Chivay y el valle del Colca, apreciándose los campos de lava que descenden desde el sector Canocota. En la vista derecha el panel elaborado por Ingemmet para este mirador.

Al llegar a Chivay, la vía principal hacia el cañón del Colca, transcurre por la margen izquierda. La carretera atraviesa en su recorrido aspectos naturales y culturales, algunos de los cuales, no están integrados aún al circuito turístico. En ellos, está previsto implementar miradores (Ej: aguas termales de Umari) el substrato volcánico en donde afloran los manantiales (Fotografía 11.27), la lava de hace 600 mil años en Achoma del Hualca con estructuras

columnares que sobreyacen a los depósitos lacustres de la Formación Colca (Fotografía 11.28), *humocks* de la avalancha de rocas de la quebrada Japo y las diatomitas Maca relacionadas a la formación de un pequeño embalse lateral o laguna (Fotografía 11.29); así como el deslizamiento activo de Maca mostrando su evolución, las características de los suelos, su dinámica y riesgo con que se convive en el Colca.



**Fotografía 11.27** Sector donde se aprecian los baños termales de Umari y está proyectado un mirador y panel geológico explicativo del origen de las aguas termales.



**Fotografía 11.28** Sector Mirador Achoma. Lavas de 0.6 millones de años sobre depósitos lacustres del Colca un importante evento geológico cuaternario. Para evitar el peligro que representa la ocurrencia de caída de rocas para los visitantes o turistas el panel explicativo ha sido ubicado al frente (vista derecha).



**Fotografía 11.29** Sector Mirador el Molino-Maca; se aprecia en el lado izquierdo la colina de humocks que circunda el poblado de Maca; en el lado derecho los depósitos de Diatomitas Maca y el hito de señalética de geositos.

Para los miradores o paradas ya establecidas por el turismo convencional con miradores ubicados hacia el borde de la carretera que mira al valle como en Achoma, El Molino-Maca, Choquetico, Antahuilque, Wayrac Punku, deben incorporarse y resaltarse progresiva y espacialmente los siguientes aspectos geológicos mediante paneles<sup>52</sup>:

- la formación de terrazas aluviales por encima del cauce del río Colca como etapas de incisión o profundización del valle;
- el desarrollo de las andenerías como aprovechamiento de tierras y el uso de esta técnica empleada para la estabilización de las laderas en materiales susceptibles a deslizarse (resaltar los deslizamientos de Lari y Madrigal apreciados claramente desde esta margen; Fotografía 11.30);

- diferenciar las características de los terrenos que constituyen la Formación Colca testigos de un paleolago originado por una gran avalancha volcánica que descendió del volcán Hualca Hualca (señalar el depósito en el sector que asciende hacia Pinchollo y los materiales de otra coloración que se distribuyen hacia la zona de Madrigal); mostrar en Choquetico los aspectos culturales de las colcas encontradas, resaltando el tipo de rocas volcánicas piroclásticas expuestas desde el túnel de Maca (Fotografía 11.31), así como las características particulares de formas de «taffonis» oquedades aprovechadas para la ubicación de «colcas o zonas de entierro funerario» en este sector.

<sup>52</sup> La idea no es llenar de paneles interpretativos en un geoparque; es hacerlo en los principales lugares o geositos. El objetivo de este tipo de divulgación es alcanzar la sensibilización en la población para la conservación del patrimonio geológico, y a la vez educarla.



En este mismo sector se encuentran las maquetas de andenerías. A las paradas se debería agregar las variaciones de los tipos de

roca encontrados, tanto de ignimbritas y las secuencias sedimentarias expuestas y que son expuestas en los cortes de carretera, así como en el fondo del cauce del Colca.



**Fotografía 11.30** Valle del Colca desde el mirador Wayrac Punku vista aguas arriba, donde resaltan las escarpas y cuerpos de deslizamientos de Madrigal y Lari; las terrazas o andenerías desarrolladas sobre terrenos lacustres de la Formación Colca.



**Fotografía 11.31** Sector Mirador Choquetico: Colcas y maqueta en piedra.

Al ascender hacia Pinchollo se marca una diferencia importante en la topografía y cambio notable en el tipo de roca. Estamos sobre las lavas del Hualca Hualca y en parte sobre depósitos de la avalancha



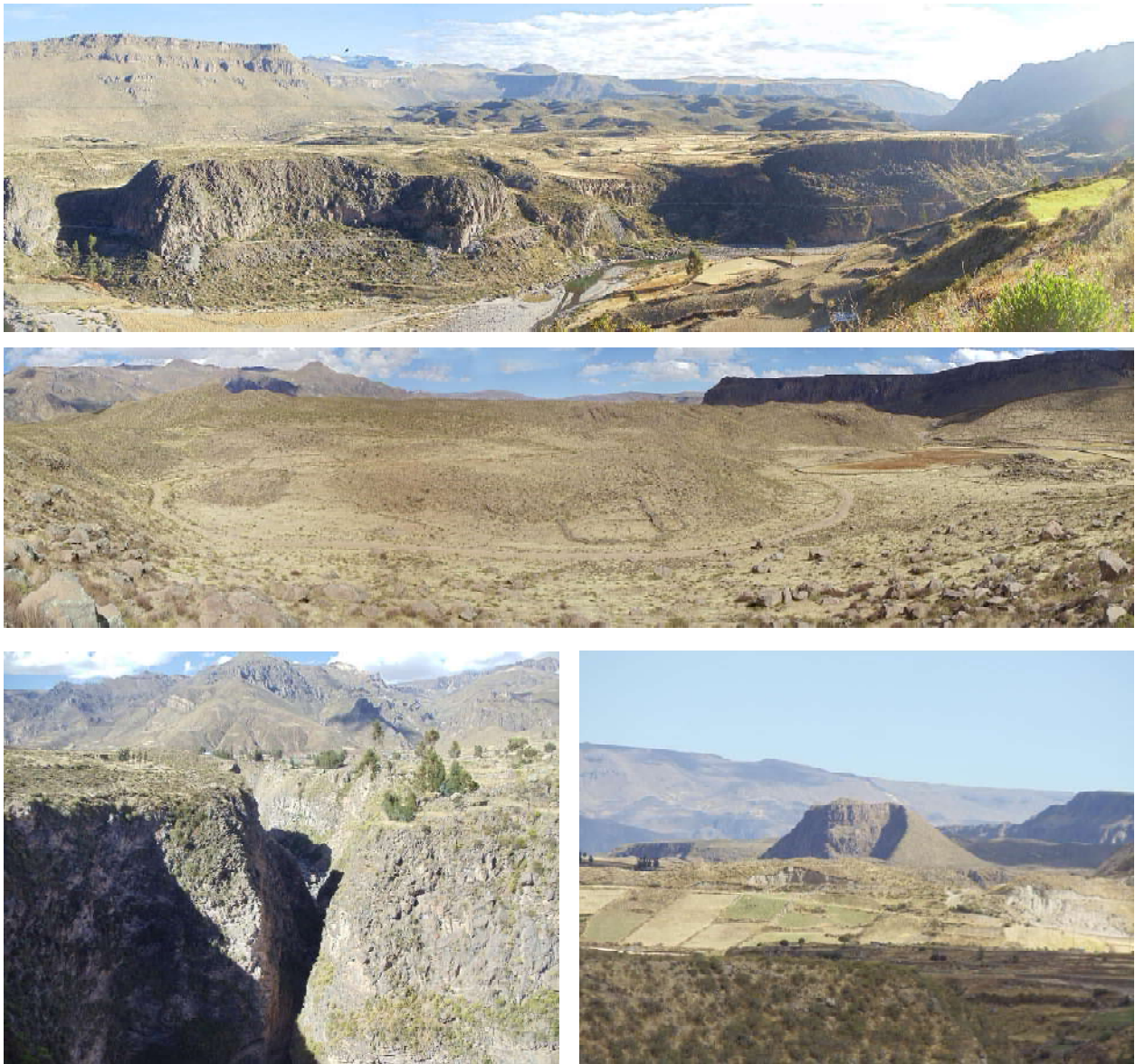
**Fotografía 11.32** Aspectos geológicos y turísticos antes de llegar al mirador El Cóndor, zona del Cañón del Colca. Las vistas superiores muestran una depresión intralávica y laguna (hito del geosito en el geoparque), así como parte del depósito de avalancha del Hualca Hualca en el sector del cañón. La vista inferior el panel interpretativo que explica el origen del cañón del Colca.

de este volcán. Algunas depresiones intralávicas con lagunas y una zona particularmente de meseta que se prolonga hasta el borde del cañón, con presencia de algunas áreas de cultivo (Fotografía 11.32).

### 11.6.2 Georuta Coporaque-Chivay-La Calera-Tuti

Esta georuta muestra aspectos volcánicos importantes que incluyen recorridos por carretera con visitas cortas o paradas a aspectos geológicos o geositos puntuales. Se diferencian morfologías volcánicas con características paisajísticas diferentes, tipos de rocas del basamento mesozoico (jurásico-cretácico) sobreimpuesto discordantemente por secuencias volcánicas más jóvenes (del Mioceno, Pliopleistoceno y Holoceno); sobre ellas el desarrollo

cultural y ocupación humana. La ruta en carretera por la margen derecha del Colca hacia Tuti, o el camino de herradura por la margen izquierda (hacia Canocota) permiten apreciar aspectos paisajísticos de esta zona de emplazamiento de lavas que rellenan el valle del Colca. Aspectos puntuales con pequeños cañones labrados por el río, centros volcánicos de emisión de lavas y estructuras sin-sedimentarias en depósitos lacustres y fuentes termales (La Calera) y estructuras sedimentarias en los depósitos lacustres son algunos de los aspectos geoturísticos de la ruta (11.33 y 11.34).



**Fotografía 11.33** Limite de distribución del campo de lavas en el lado oeste (vista superior); sector central con flujos extendidos hacia las márgenes del valle; cañón del río Lunta, aguas arriba desde un centro de emisión volcánica (fotografía inferior derecha).



**Fotografía 11.34** Depósitos lacustres aguas arriba de Canocota con estructuras sinsedimentarias; manantial termal y sinter y secuencia sedimentaria en el sector La Calera.

El mirador del cañón de Lunta está a un costado de la carretera en el desvío a Canocota, así como el que está en la salida de Tuti hacia Chivay. Ambos miradores deberían acondicionarse con paneles explicativos didácticos de la geología del lugar, así como

del emplazamiento de las lavas Andagua que represaron el valle. Algunos sitios arqueológicos incluyendo tramos de camino inca se emplazan en este sector (Fotografía 11.35).



**Fotografía 11.35** Chullpas en las cercanías de Chivay que se emplazan sobre una planicie volcánica lávica (lavas del Grupo Andagua). La vista derecha un detalle del trabajo en piedra en una chullpa circular.

### 11.6.3 Georuta cultural-geológica Tuti-Ñaupallacta-Pumunuta

El distrito Tuti contiene aspectos naturales y culturales que ofrecer para el desarrollo del geoturismo. Por una parte, tiene al complejo arqueológico Ñaupallacta emplazado sobre secuencias volcánicas lávicas del Barroso, con aspectos geomorfológicos de origen erosivo, glaciar (circo o anfiteatro y gran superficie de pendiente favorable para su ubicación), donde el uso principal de la piedra como recurso existente en el sitio favoreció las construcciones existentes. En segundo lugar, la visita a las cuevas Pumunuta, expresión arqueológica de aprovechamiento en los abrigos

rocosos en rocas volcánicas (Grupo Tacaza) en función de los pisos bioclimáticos del área son para el uso de almacenes y conservación de productos o alimentos. Una pequeña mejora de la señalización en la ruta a ambos lugares, que se encuentra en su mayoría empedrada, articulando además algunos geositos existentes en la ruta (aspectos volcánicos), el establecimiento de un mirador paisajístico de la campiña de Tuti y del valle del Colca en este tramo y la capacidad de carga al ingreso de las cuevas que permitan su conservación son aspectos que se tendrían que considerar. Las distancias a ambos lugares son de 3.5 y 2.8 km a pie a Pumunuta y Ñaupallacta, respectivamente. Su dificultad es moderada (fotografías 11.36, 11.37 y 11.38)



**Fotografía 11.36** Lavas con estructura columnar: geosito que caracteriza a lavas del Grupo Barroso en el camino que conduce a la cueva de Pumunuta; se trata de un tramo empedrado que accede a Pumunuta y Ñaupallacta – Tuti.



**Fotografía 11.37** Cuevas de Pumunuta en la vista superior; señalización de la ruta indicando distancias y vista panorámica de la ciudadela Naupallacta en la vista inferior, emplazada en un amplio anfiteatro glaciar labrado sobre rocas volcánicas del complejo Volcánico Mismi.



**Fotografía 11.38** Vista panorámica aguas arriba de la campiña de Tuti, desde las cuevas de Pumunuta; detalle al interior de las cuevas de los almacenes, utilizando fragmentos de andesitas que afloran en este lugar.

#### 11.6.4 Georuta Pinchollo-Géyser de Pinchollo-flanco del Hualca Hualca

Tratando de individualizar y promocionar aspectos en cada distrito, esta georuta contempla aspectos importantes de carácter geomorfológico, volcánico, geodinámico, hidrotermal, que pueden realizarse a partir de Pinchollo, lugar de inicio del cañón del Colca (Fotografía 11.39). Además de apreciar las formas originadas por la avalancha volcánica del Hualca Hualca (cicatriz de escarpa y

*hummoks* en el depósito originado), se tiene el géiser de Pinchollo y otros sitios termales (fotografías 11.40 y 11.41). La vertiente del Hualca Hualca muestra geoformas desarrolladas sobre flujos de lavas de este importante estratovolcán y complejo volcánico y sobre el depósito de avalancha volcánica. Los recursos paisajísticos de origen glaciofluvial y volcánico existentes en el flanco oeste del Hualca Hualca constituyen elementos que se pueden divulgar en la ruta de Trekking ya establecida, de ascenso a este macizo volcánico.



**Fotografía 11.39** Vista panorámica, tomada desde Chimpa donde se aprecia el sector de Pinchollo, el inicio del cañón del Colca y la amplitud de la vertiente del Hualca Hualca con una forma en herradura abierta hacia el río Colca a la cual se asocia la avalancha volcánica que produjo el represamiento y paleolago del Colca.



**Fotografía 11.40** Quebrada Huayuray, camino al géyser de Pinchollo. Depósitos en el cauce y albardones o levé de flujos de lahares que descendieron del Hualca Hualca en la década de los 90' por la actividad volcánica del Sabancaya.





**Fotografía 11.41** Morfología de la quebrada Huayuray donde resaltan marmitas de gigante y flujos de material en el cauce y depósitos glaciofluviales o morrenas en las márgenes de la quebrada. Resaltan el panel explicativo al inicio de la ruta al géiser y la señalización en el geosito propuestos por Ingemmet en esta georuta.

La trocha carrozable que accede a esta ruta ha sido mejorada por el municipio local hasta un pequeño mirador, donde se aprecia el

geyser. Así mismo, cuentan con una señalización al inicio de la ruta y un panel explicativo elaborado por Ingemmet.

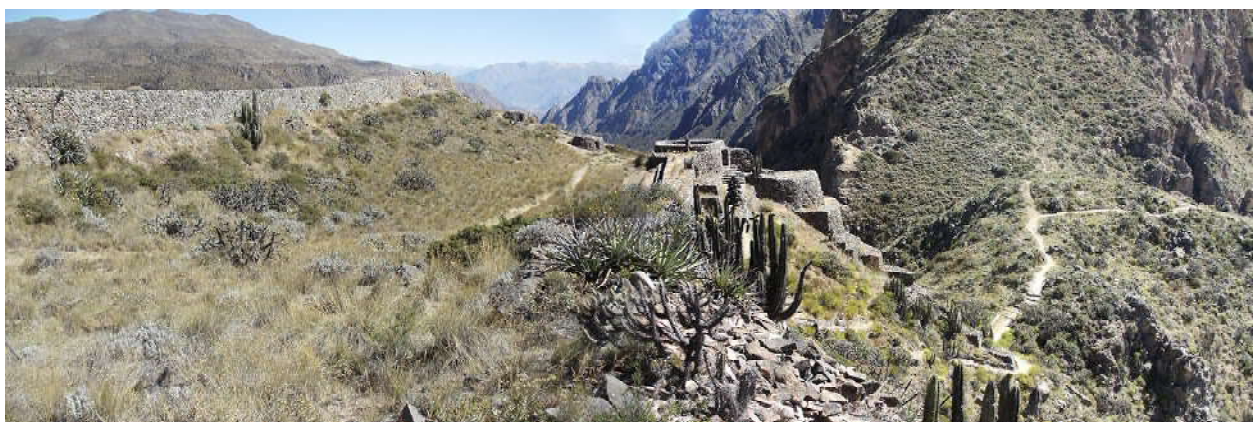
### 11.6.5 Georuta Madrigal-Mina Madrigal-Fortaleza Chimpa

Esta ruta aún no es muy visitada; sin embargo, se ha incrementado el número de visitas en los últimos años debido a la recuperación de la zona arqueológica de Chimpa. Se llega por una carretera afirmada siguiendo por la margen derecha pasando el poblado de Madrigal, hasta llegar a la mina Madrigal; bordeando el límite de la unidad minera que bordea el depósito de pasivos ambientales llegando hasta una quebrada donde se tiene una zona de parqueo continuando luego a pie. Al cruzar una quebrada, por un pequeño puente de madera, el camino está señalizado y continúa paulatinamente ascendiendo por una ladera con moderada dificultad, haciéndose el tramo superior más empinado y a través de un camino empedrado de la fortaleza de Chimpa (fotografías 11.42 y 11.43).

La ruta muestra aspectos geológicos y arqueológicos importantes en el Colca. El solo ascenso permite acceder al complejo arqueológico o fortaleza de Chimpa, zigzagueando una ladera volcánica, con flujos de lava, aspectos erosivos (ventana de Chimpa), «silla del inca» y maquetas interpretativas impresionantes de las andenerías del valle. Tener una importante vista del cañón del Colca, diferente a la usualmente vista desde los miradores ubicados en la margen izquierda del cañón, es valor suficiente para emprender una caminata y apreciar de manera impresionante la profundidad del cañón y las diferentes capas de material volcánico depositados por el volcán Hualca Hualca. Desde la ventana de Chimpa aguas arriba, se aprecia el valle y los materiales lacustres en las extensas terrazas agrícolas de Madrigal. También se aprecia el depósito de relaves antiguos de la actividad de la mina Madrigal, así como la zona de campamentos de esta mina.



**Fotografía 11.42** Camino de acceso a la fortaleza Chimpa; «Ventana de Chimpa» labrada en rocas volcánicas del Grupo Tacaza con vista hacia el valle en Madrigal

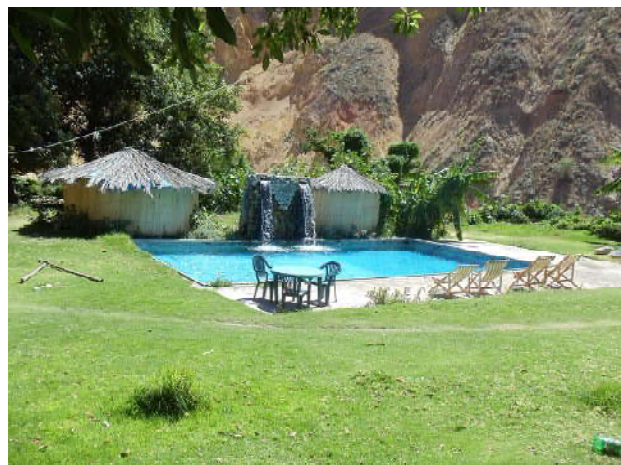


**Fotografía 11.43** Maqueta de andenes y la «silla del mandatario» (vista superior); tramo final con escalinatas de ascenso a la fortaleza Chimpa en las dos vistas inferiores, margen derecha del cañón del Colca

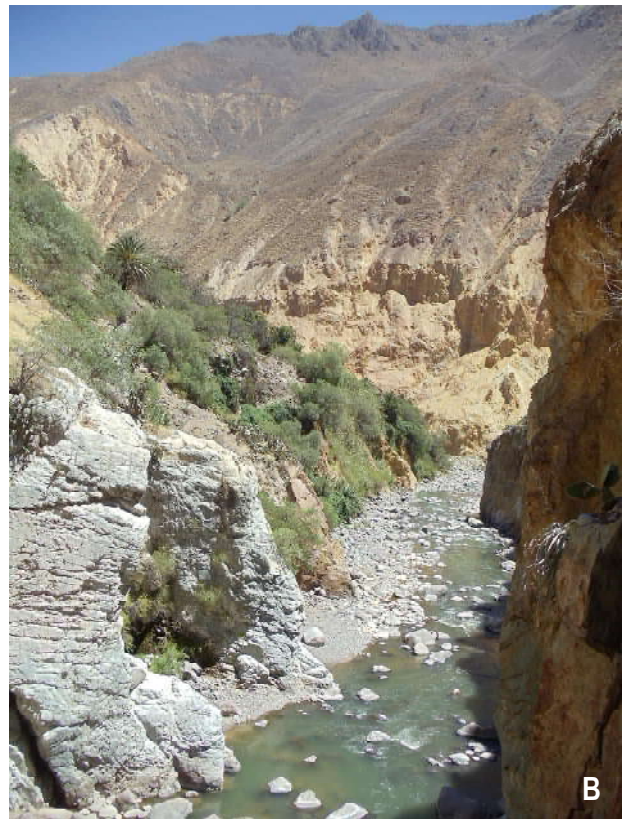
### 11.6.6 Georuta en Cabanaconde-Sangalle y alrededores

El poblado de Cabanaconde tiene también sus atractivos turísticos y ofrece también una buena estadia y servicios turísticos, mejorados en los últimos años. Su carretera es asfaltada en el tramo Cabanaconde-Mirador del Cóndor y un porcentaje importante de visita de turistas prefiere pernoctar en este distrito y poder realizar varios circuitos turísticos (después de Chivay-

Coporaque-Yanque) y desplazarse hacia el mirador «El Condor» desde muy temprano. Sin embargo, desde Cabanaconde existen varios circuitos de trekking, siendo los más utilizados: Cabanaconde-Sangalle-Tapay y Cabanaconde-Cañón (Pacla)-Catarata de Fure; Cabanaconde-Choco-Chachas-valle de los volcanes de Andagua. Estas tres rutas tienen importantes recursos paisajísticos, geositos de interés didáctico que pueden señalizarse promoviendo el geoturismo (fotografías 11.44 al 11.46).



**Fotografía 11.44** Descenso hacia el cañón del Colca a la zona de Sangalle; el camino atraviesa secuencias lávicas del Hualca Hualca con típicas estructuras columnares en varios tramos del camino. En Sangalle se cuenta con piscinas de agua termal y alojamiento.



**Fotografía 11.45** Fondo del cañón del Colca en Sangalle. Puente que continúa hacia la localidad de Tapay, afloramiento de rocas volcánicas del grupo Tacaza. Los depósitos superficiales de color amarillento se atribuyen a acumulación de avalancha de rocas del Hualca Hualca (A, B, C).



**Fotografía 11.46** Zona termal de Paclla en la ruta Cabanaconde-Tapay (A); catarata de Phuré (B) y vista panorámica de Cabanaconde donde el mirador local.

### 11.6.7 Georuta Huambo-Canco: Valle estructural hacia la profundidad el cañón del Colca

Existen varias formas de llegar desde Huambo por carretera y a pie hacia el cañón. Una de ellas nos conduce inicialmente por una vía carrozable y luego por un tramo importante de camino prehispánico, aparentemente mejorado y muy utilizado durante la colonia. Transcurre por el valle de Huambo, un valle estructural plegado, que muestra aspectos de su paisaje y relieve relacionados a las características geológico-estructurales que presentan plegamientos y diferentes secuencias sedimentarias jurásico-cretácicas, coronadas por lavas en su parte superior (lavas Andagua). Al descender se tiene un valle abierto con laderas suaves desarrollado sobre travertinos al pie del poblado de Huambo, que se transforma paulatinamente a un valle fluvial con

perfil en V, y pendiente pronunciada con rápidos y pequeñas caídas de agua en su cauce principal. Un camino angosto con plataforma y muros de piedra, parcialmente conservado, accede al poblado de Canco, oasis de un pequeño valle en el fondo del cañón, con árboles frutales, restos arqueológicos, depósitos lacustrinos de un antiguo represamiento en el cañón del Colca y un manantial de aguas termales usado como baños. En un sector de Canco, aparentemente de calma, suelen desarrollarse actividades de canotaje, descendiendo por el río Colca hacia Majes. Aguas arriba, muy cerca de Canco, se encuentran también las conocidas cascadas de Juan Pablo II (fotografías 11.47 al 11.50).

Esta ruta se une mediante un Huaro que es necesario reparar que permite conectar hacia el valle de los volcanes de Andagua, por las pampas de Ayo y la laguna de Mamacocha.



**Fotografía 11.47** Oquedades y formas observadas en los travertinos, así como un cauce angosto que forma rápidos y caídas de agua cortando un substrato sedimentario plegado.



**Fotografía 11.48** Camino pedestre conservado que conduce hacia Canco. Vistas A y B muestra con laderas controladas por la estratificación y un detalle de la plataforma del camino utilizando rocas sedimentarias (Fm. Puente) En la vista C, zona agrícola en Canco; al fondo con coloración oscura, depósitos volcánicos del Grupo Andagua.



**Fotografía 11.49** Aspectos estructurales plegamientos) en el valle de Huambo, que controlan el curso del río Huambo, general «recodos» así como rápidos o cascadas en su cauce.





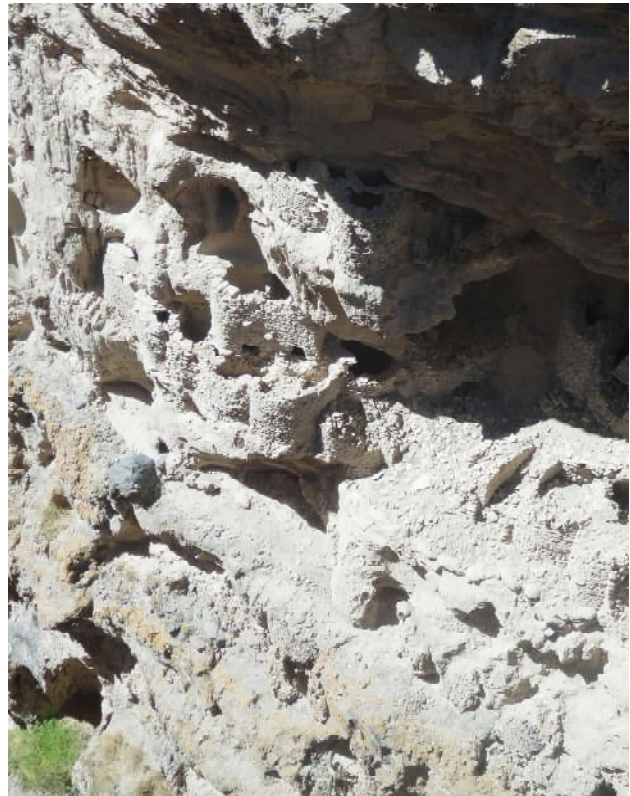
**Fotografía 11.50** Depósitos lacustres como resultado de embalse producido por lavas del volcanismo Andagua y deporte de canotaje en la zona (vista superior) con calizas del Socosani en las paredes el cañón. Zona arqueológica en Canco (vista central). Productos frutales que crecen en este piso ecológico en Canco a 1450 m.snm.

### 11.6.8 Circuito Chivay-Coporaque-Ichupampa-Yanque-Chivay

Una alternativa que combina un recorrido por la margen derecha del Colca en carretera con tramos cortos y con poca dificultad permite apreciar aspectos geológicos y culturales del valle. Entre el volcanismo que se extiende desde Canocota hacia frente de Coporaque y Yanque, y los depósitos lacustres del paleolago Pinchollo-Yanque, se presentan varios sitios arqueológicos importantes donde destacan las colcas de Shininia, el anfiteatro de Oscolle, la ciudadela de Uyo Uyo, entre otros menores.

La morfología de emplazamiento de las lavas ha originado algunos espacios cerrados de acumulación natural de agua

presentando pequeños oasis en la margen derecha del Colca, como el conocido Chocpayo o estrechos cañones como frente a Chivay (Puente Inca); mientras que los depósitos lacustres, además de presentar estructuras singulares originadas por la paleosismicidad en el Colca (sismitas), muestran un desarrollo importante de andenerías o terrazas agrícolas prehispánicas. Incrementa el potencial geoturístico en este corto tramo del Colca, la presencia de varias fuentes de aguas termales (Umaro, Sallihua, Chacapi), algunas de las cuales están siendo aprovechadas por la empresa privada y comunidades (ej. Colca Lodge y otros), así como el emplazamiento de hoteles importantes en ambas márgenes del valle (fotografías 11.51 al 11.54 y Figura 11.6).



**Fotografía 11.51** Colcas de Chininia y estructuras de sismitas en sedimentos de la Formación Colca; sector encañonado del río Colca entre Chivay y Yanque.



Fotografía 11.52 Anfiteatro de Oscolle, andenerías en el sector de Coporaque – Yanque. Al fondo el poblado de Yanque.

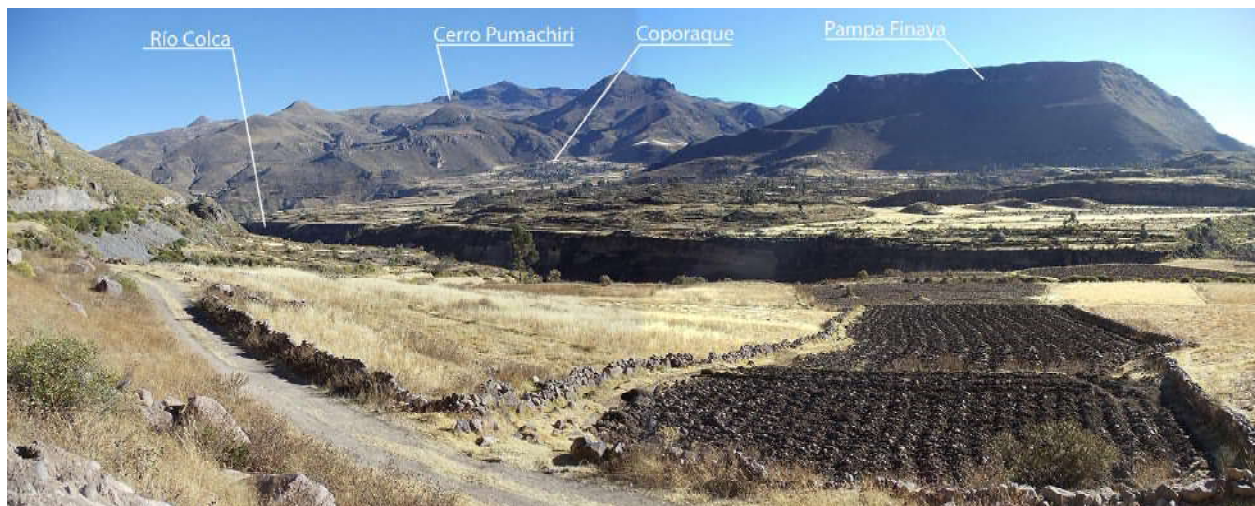


Figura 11.6 Sector Coporaque vista al noroeste que muestra tres eventos volcánicos en diferentes tiempos geológicos. Vertiente aluvial cubierta por flujos de lavas Andagua del Pleistoceno (en líneas punteadas) que rellenan el piso de valle. A lado norte de Coporaque lavas andesíticas y tobas del Grupo Tacaza del Mioceno (C° Pumachiri) y flujos andesíticos del complejo volcánico Mismi del Plioceno (pampa Finaya).



Fotografía 11.53 Ciudadela de Uyo, Uyo, centro arqueológico en piedra volcánica.



Fotografía 11.54 Baños termales Chacapi (Yanque); piscinas y pozas termales en ambas márgenes del río Colca.

### 11.6.9 Georuta entre Yanque y Madrigal: Andenerías prehispánicas sobre un relleno sedimentario lacustre y deslizamientos activos

La zona del valle del Colca, inmediata al sector de inicio del cañón, difiere de este último por presentar una gran acumulación de depósitos cuaternarios originados en un gran paleolago (y de la misma avalancha que lo originó), descrito en ítems anteriores que se extiende hasta Yanque, bajo la forma de terrazas y abanicos aluviales. Sobre estos terrenos, que se levantan a ambos márgenes del cauce actual, varios niveles de andenerías han sido desarrollados por nuestros

antepasados para la agricultura. Los andenes representan una técnica adecuada de control de erosión de tierras y; sobre todo, de estabilización de laderas sobre una secuencia sedimentaria aluviolacustre con material incompetente. Nuestros antepasados convivieron con la misma situación geológica, tanto de actividad volcánica (Sabancaya) como de los procesos geodinámicos superficiales (deslizamientos, derrumbes, huaicos, etc.) a los cuales tuvieron que contrarrestar, por ello sus sistemas de andenes en la agricultura sobre estos sedimentos cuaternarios susceptibles a procesos de movimientos en masa. Grandes geoformas que caracterizan a los deslizamientos (escarpas semicirculares, terrenos

escalonados, superficies agrietadas, lagunas y bofedales, etc.) se aprecian en las zonas de Madrigal, Lari, Maca, derrumbes en Ichupampa y frente a Achoma, con ejemplos típicos muy ilustrativos y didácticos para estudiantes de geología y para explicar a la

población de los peligros geológicos con los cuales conviven. El reciente trabajo de estudio y monitoreo del deslizamiento de Maca han resaltado esta parte del valle como un laboratorio geológico natural en aspectos de geodinámica (fotografías 11.55 al 11.56).



**Fotografía 11.55** Terrazas y andenerías afectadas por deslizamientos entre Lari, Madrigal y Mina Madrigal, margen derecha del Colca (vista aguas arriba).



**Fotografía 11.56** Deslizamientos de Maca (derecha) y Lari (izquierda), vista aguas arriba.

### 11.6.10 Circuito geoturístico Huambo-Cabanaconde

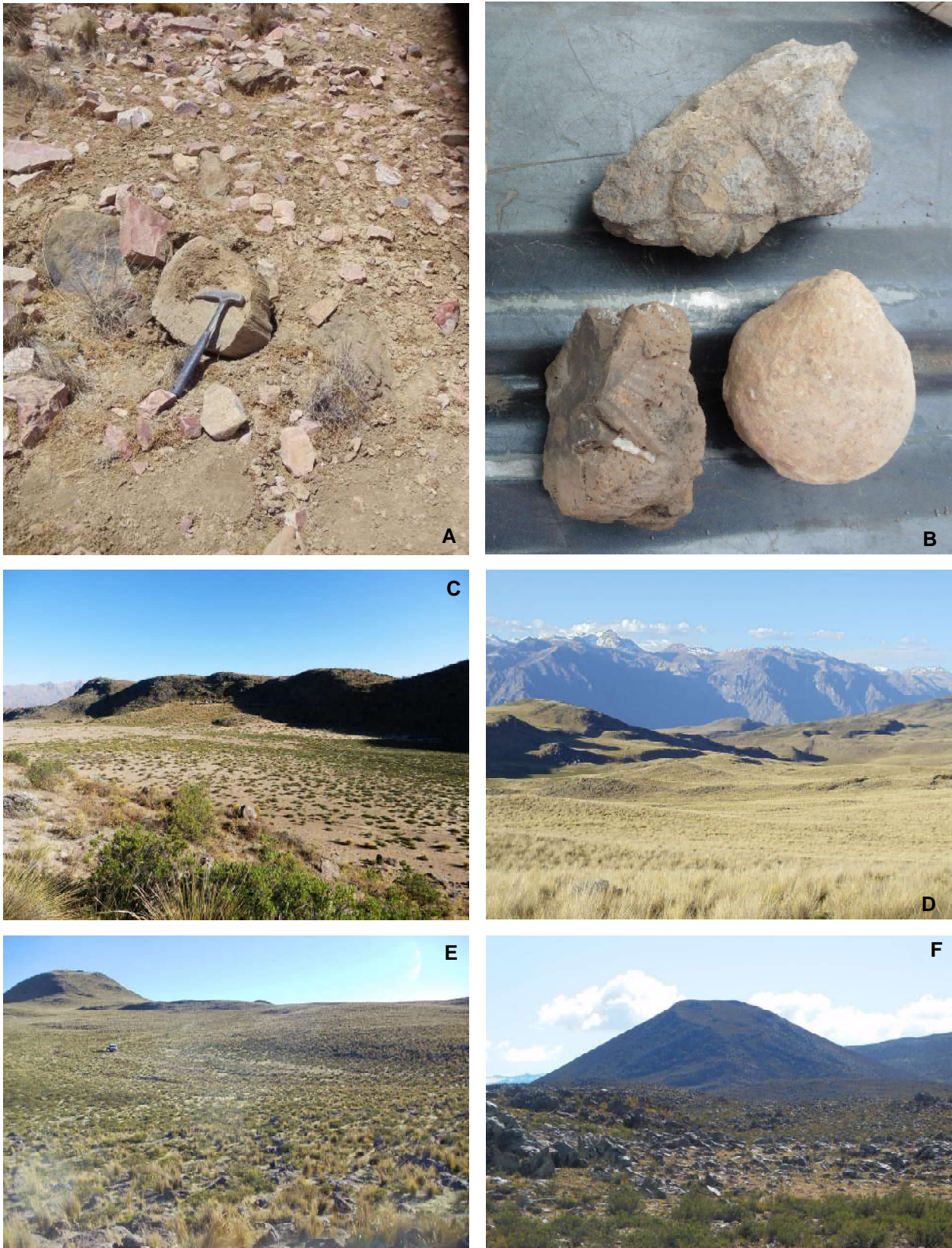
La localidad de Huambo está ubicada entre Cabanaconde y Pedregal (Majes), y es también una puerta de ingreso importante hacia el valle del Colca. Su acceso por carretera se vio favorecido durante la ejecución del proyecto de irrigación Majes en la década de los 80'. Es a lo largo de esta vía, desde el ingreso a la subcuenca Colca, donde se pueden apreciar aspectos del relieve importantes que ayuden a entender parte de la historia geológica del área.

Se muestran aspectos geológicos con tipos de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas (rocas del jurásico, cretácico y paleógeno-neógeno); estructuras geológicas (pliegues y fallas); zonas paleontológicas (fósiles marinos, troncos fosilizados); aspectos geomorfológicos (áreas volcánicas con conos monogenéticos, flujos de lavas; lagunas, valles fluviales y glaciares; montañas glaciares que dominan las partes más elevadas; zonas ocupadas por la agricultura con andenes y sitios arqueológicos, etc.). Desde Huambo, un poblado pequeño donde resalta su iglesia, se puede acceder a su campiña agrícola sobre una zona de travertinos, y a la de Chinini con dirección a Cabanaconde desarrollada sobre las lavas Andagua. Se puede ascender al cerro Hayakima y apreciar

sus construcciones en piedra arenisca y admirar el paisaje geológico hacia Huambo y Chinini, este último, presenta la sobreimposición de flujos de lavas recientes que cubren una superficie o relieve más antiguo. Se llega también hacia Mojonpampa y se accede por una trocha carrozable hacia la laguna Mucurca donde se puede apreciar en el camino parte del sistema de fallas geológicas activas de Solarpampa, centros volcánicos en Mojonpampa, y parte del flanco suroeste del Hualca Hualca.

Con dirección a la costa, se tiene como recursos geoturísticos el valle de volcanes de Huambo en el sector Llajuapampa y Uchapampa. Destacan los conos volcánicos monogenéticos Marbas Grande y Marbas Chico. Este volcanismo se desarrolla pendiente abajo hacia la zona de Glorihuasi y Jarán, con dirección hacia el cañón del Colca. Más hacia el oeste se accede por una trocha al cerro Tururunca, donde se impone un bosque de puyas de Raimondi, afloramientos sedimentarios con restos de troncos fosilizados y plegamientos en las secuencias sedimentarias jurásico-cretácicas.

Cerca de la laguna Mucurca también se puede diferenciar un tramo conservado de camino prehispánico que aparentemente se utilizaba para acceder al nevado Ampato (fotografías 11.57 al 11.59),



**Fotografía 11.57** Troncos fosilizados en la Fm. Hualhuani y restos de fósiles marinos en la Fm – Arcurquina (A y B); Fallas geológicas activas El Trigo y Solarpampa (C y D); centros volcánicos Mojonpampa y Keyoc, que extienden sus lavas hacia Chinini y la laguna Mucurca respectivamente (E y F).



**Fotografía 11.58** Camino prehispánico en dirección hacia la laguna Mucurca que bordea la laguna y aparentemente se dirigía hacia el nevado Ampato, sitio de sacrificios. En la parte inferior uno de los volcanes monogenéticos que se aprecian en la ruta Huambo – Pedregal.



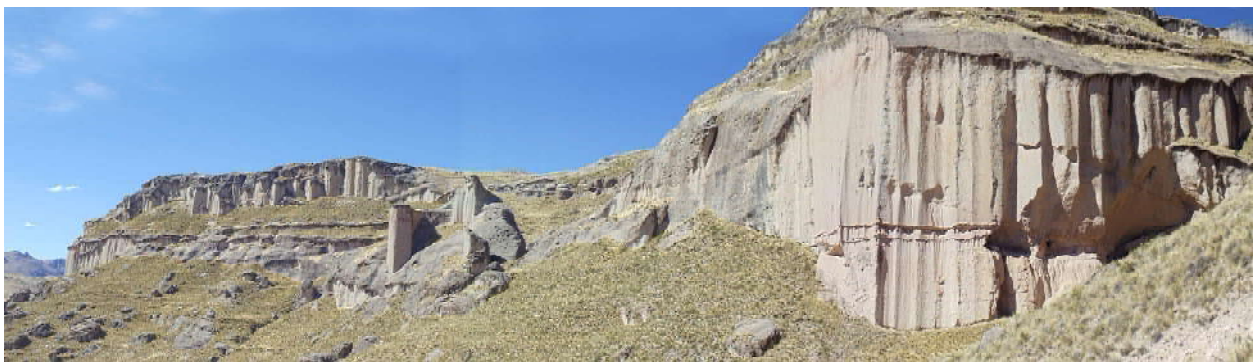
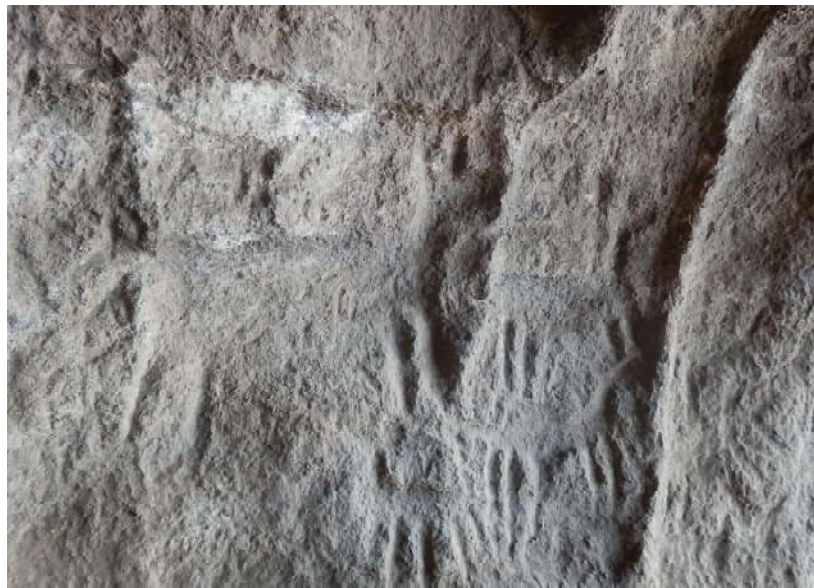
**Fotografía 11.59** Laguna temporal Llajuapampa y cono volcánico del mismo nombre; vicuñas descienden a este sector por agua. Ruta a Pedregal (Majes).

### 11.6.11 Georuta turística en Callalli: Castillos de Callalli y Mollepunco

Como en todos los poblados del Colca, Callalli también impone su iglesia construida en piedra volcánica tipo sillar. Desde el pueblo en dirección este se puede apreciar una meseta ignimbrítica imponente con paredes verticales. Si queremos apreciar de cerca las formaciones rocosas originadas por la erosión y meteorización en las ignimbritas se puede hacer un circuito por carretera hasta el

cruce con la vía que conduce hacia la represa de Condorama, desde donde se pueden tomar vistas del denominado «Castillo de Callalli» y «Torre Blanca». Podemos internarnos y ascender a la meseta volcánica y apreciar aspectos paisajísticos y formaciones singulares rocosas en las ignimbritas de la zona y también sitios del patrimonio cultural y retornar a pie hacia el poblado de Callalli. Cercana a los castillos se encuentra la cueva Mollepunco con figuras rupestres excepcionales (Fotografía 11.60).





**Fotografía 11.60** Cuevas de Mollepunco con figuras rupestres de camélidos sudamericanos; promontorios aislados y torreones denominados «Castillos de Callalli», desarrollados sobre una meseta de ignimbritas erosionada. Se distingue también estructura columnar en las ignimbritas que favorece la erosión vertical.

### 11.6.12 Circuito Sibayo: Construcciones en piedra y otros aspectos turísticos

El pueblo de Sibayo antiguo, adyacente al sitio de paso ubicado en puente Sibayo (carretera hacia Cailloma), destaca por sus construcciones en piedra en sus viviendas y por el turismo rural o vivencial desarrollado por sus pobladores. Su iglesia en proceso de restauración y sus calles empedradas alrededor de la plaza

principal resaltan en este «pueblo de piedra o Rumillaqta» donde se promociona uno de los pocos poblados con desarrollo del turismo rural comunitario (Fotografía 11.61). Desde Sibayo se accede a través de un camino o trocha, por la margen de recha del río Colca con dirección aguas arriba. El camino nos conduce a apreciar unos restos de colcas y una momia de un niño, a la que los pobladores le denominan «Momia Juanito».



**Fotografía 11.61** Sibayo, población con viviendas construidas en piedra con techos a dos aguas (A, B, C); templo local restaurado (D). Vista inferior (E) con cuevas estructurales y pliegues disarmónicos en las calizas Arcarquina (en el lado derecho geoforma localmente conocida como «El Lagarto»).

### 11.6.13 Georuta hacia el volcán Mismi

Entre Tuti y Sibayo existe una trocha en regular estado que ingresa por el valle del río Challacone que conduce hacia el flanco norte del estrato volcán Mismi (a 26 km). En el trayecto se transcurre íntegramente sobre rocas volcánicas y sobre terrenos de un ambiente morfológico glaciofluvial con presencia de depósitos de morrenas, sitios con humedales o bofedales y lagunas. Ascendemos por

cotas entre 4000 y más de 5000 m, desarrollándose principalmente actividades de crianza de camélidos. En el km 10 de esta carretera, encontramos una estancia con recintos construidos de piedra volcánica (lavas e ignimbritas de colores grises y rosados). El área está rodeada de abundantes afloramientos de rocas volcánicas lávicas conocida como Ran Ran. Las construcciones tienen un estilo colonial (Fotografías 11.62 y 11.63).



**Fotografía 11.62** Vertiente superior del Mismi, divisoria de aguas del río Colca (A), detalle de lavas en lajas en este sector (B); trayecto con presencia de bofedales y lagunas.



**Fotografía 11.63** Vertiente superior del Mismi; planicie antes de llegar al Mismi con vicuñas en la ruta. Poblado y templo de Ran Ran construido en piedra (sillar y lavas).

## CONCLUSIONES

1. El área del valle y cañón del Colca (entre Sibayo y Huambo) muestran elementos y procesos geológicos de relevancia, algunos de los cuales merecen ser conservados y resaltados en los itinerarios geoturísticos. Destacan en su origen elementos y procesos de origen: **Geomorfológico-volcánico**: 1) Lavas fisurales y relleno del valle del Colca entre Canocota y Coporaque; 2) Volcanes monogenéticos de Huambo; 3) Coladas de lavas en bloques de origen fisural y domo-lavas en Solarpampa-Lejepampa Chinini-Huambo; **Volcánico-gravitacional**: 4) Avalancha de rocas del Hualca Hualca; 5) Deslizamientos de Maca, Lari, Madrigal y otros. **Geomorfológico-paisajístico**: 6) Cañón del Colca, 7) Valle de represamiento del Colca entre Pinchollo y Sibayo y desarrollo de andenerías; 8) Castillos encantados de Callalli y Torre Blanca; 9) Cañón de Llunta y otros; 10) Pequeños bosques de rocas; **Hidrogeológico-vulcanológico**: 11) Zonas termales con infraestructura turística: La Calera, El Inca, Colca Lodge, Chacapi, Sangalle, Pacla y presencia de géysers, entre otros; 12) Valles fluviales, valles glaciares, valles colgados, rápidos cascadas y cataratas; 13) Lagunas de origen glaciar y origen volcánico (Chocpayo); 14) Estratovolcanes con cobertura glaciar (Hualca Hualca, Ampato, Sabancaya, Mismi, Bomboya, Quehuisha, entre otros); **Tectónico-estructural** (discordancias, pliegues y contactos geológicos): 15) Sistema de fallas neotectónicas Trigal-Filos Unca y Solarpampa; 16) Pliegues sinclinales o anticlinales en secuencias Jurásico-Cretácicas; **Sedimentológico**: 17) Estructuras sedimentarias (sismitas); **Litológico**: 18) Diversidad de rocas de origen sedimentario (calizas, areniscas, conglomerados, lutitas, lutitas carbonosas, lodolitas, capas rojas, capas de yeso, diatomitas, travertinos y sinters), volcánico (lavas andesíticas y basálticas, lavas en bloques y de tipo AA, ignimbritas y tobas poco soldadas, aglomerados volcánicos y brechas, caídas de cenizas, lapillis y

pómez; flujos pirocláticos), *stocks* intrusivos terciarios e intrusivos de anatexia y rocas metamórficas.

2. En la subcuenca del Colca se ha encontrado, además, como elementos de interés geológico:

- **Elementos fósiles**: Restos de troncos fósiles en secuencias del Grupo Yura (Sector Tururunca); fragmentos de fósiles marinos en secuencias de la Formación Arcurquina y huellas de registro de pisadas (icnitas).

- **Desarrollo termal**: Importante desarrollo turístico en el sector de Sangalle (Cabanaconde), con albergues y piscinas de aguas termales, en el fondo del valle del Colca; gran afluencia de turistas que realizan trekking entre Cabanaconde-Sangalle-Tapay.

- **Restos arqueológicos**: En la zona de Ran Ran (vía de encuentro al nevado Mismi), así como en los alrededores de Huambo, con ciudadelas de piedra hecha con rocas de los alrededores (volcánica y sedimentaria, respectivamente) y otras zonas arqueológicas como Uscallacta, Uyo Uyo, Chimpa, entre otras.

- **Dominio volcánico**: Lavas basalto-andesíticas entre Uncapampa, Solarpampa y el valle de Huambo-Chinini, asociadas al sistema de fallas de El Trigal-Solarpampa, así como la zona de Canocota-Chivay-Coporaque. Esto contrasta con el desarrollo agrícola sobre una superficie de travertinos en el sector de Huambo y su campiña, que se extiende desde la parte superior del pueblo en el sector de pampa Mulapampa, y explotación de travertino para producción de cal, cerca al poblado de Huambo.

- **Falla neotectónica**: Escarpa topográfica, relacionada a una probable falla neotectónica, ubicada en la vertiente media del Mismi, frente al poblado de Coporaque.

- **Biodiversidad:** Rodal de *Puyas de Raymondii* en las laderas del cerro Tururunca, importante mirador natural en el extremo oeste del valle del Colca; bosques de cactáceas en muchos sectores del valle, además de bosques de queñuales.

3. De forma similar se pueden indicar como elementos relevantes encontrados en el área del valle y cañón del Colca:

- **Castillo de Callalli:** Meseta ignimbrítica con torreones o farallones, figuras pétreas caprichosas de aspecto humano, cañones y un recinto de adoración en la parte superior.

- **Elementos culturales principales en Tuti:** «Ñaupallacta», ciudadela preinca, hecha de piedra volcánica ubicada en un anfiteatro glaciar, así como las «Cuevas de Pumunuta», sitios de almacenamiento de alimentos, enclavados en lavas volcánicas con estructuras columnares típicas.

- **Ruta Huambo-Canco, hacia la parte más profunda del cañón del Colca:** Valle fluvial del río Huambo; valle estructural cuya alternancia de capas de areniscas cuarzosas y paquetes de lutitas negras del Grupo Yura, fuertemente plegadas (anticlinales, sinclinales; pliegues en chevrón y fallas), controlan la sinuosidad del curso y su escalonamiento o perfil longitudinal (rápidos, cascadas y cataratas). El fondo del cañón con una terraza aluvial y aluvial/lacustre con especies agrícolas y frutales. Aguas termales en ambas márgenes del valle afloran en capas de calizas negras de la Formación Socosani. Depósitos lacustres a media ladera de Canco como evidencia de represamiento del río Colca por el emplazamiento de lavas que descienden del valle de los volcanes de Andahua, a pocos km aguas abajo.

- **Zonas termales a lo largo del valle y cañón del Colca:** La Calera, Sangalle, Géiser de Pinchollo, Pacla, Umaro, etc.

4. La educación es la principal herramienta para conseguir que el patrimonio geológico, que alberga el valle y cañón del Colca, forme parte integral del patrimonio natural en el país, tal y como ocurre en otros países del mundo. Esta publicación al igual que otras propuestas, pretenden despertar la conciencia y el interés de autoridades y pobladores por preservar nuestro patrimonio natural, del que forma parte inseparable el patrimonio geológico como un legado para las futuras generaciones.

• El reciente conocimiento por las autoridades de Autocolca y el Gobierno Regional de Arequipa en el trabajo efectuado por Ingemmet, nos ha llevado a difundir y establecer coordinaciones directas, presentaciones de este tipo en diferentes ámbitos para el desarrollo geoturístico en Arequipa y en particular del Colca y acercamiento con los municipios locales. A partir de este acercamiento se presentó a Unesco la propuesta del primer geoparque en nuestro país que incluye dentro de su ámbito territorial

la subcuenca del Colca evaluada en este trabajo conjuntamente con el valle de los volcanes de Andagua, zona colindante y con características geológicas, geomorfológicas y de evolución coetáneas.

5. La difusión del patrimonio geológico, como recurso geológico y el geoturismo como alternativa de actividad económica con desarrollo sostenible, es un impulso que debe ser aprovechado adicionalmente al turismo convencional existente en el cañón del Colca. La explicación de su origen y la importancia que representa como patrimonio natural son mal entendidos por falta de conocimiento de la terminología actual en temas de geodiversidad, geoparques, la falta de capacitación de guías de turismo en temas geológicos y la voluntad política de desarrollar una propuesta moderna de geoconservación de los principales sitios de interés geológico o geositos identificados. A través de la asistencia técnica de Ingemmet se elaboraron paneles interpretativos en 10 geositos y entregando información geológica para los centros de interpretación de Pinchollo y Chivay.

6. Las características geológicas que están relacionadas a procesos de movimientos en masa, actividad volcánica y neotectónica activas conllevan a la convivencia del riesgo de poblaciones, infraestructuras viales, agrícolas, urbanas y turísticas; zonas del patrimonio arqueológico prehispánico e hispánico (zonas arqueológicas e iglesias coloniales) en este espacio geográfico. Esto califica al Colca como un verdadero libro abierto para un adecuado trabajo de educación y sensibilización en este territorio propuesto como geoparque para la prevención de desastres, no solo para la población local, sino de índole regional y nacional. Geositos como el deslizamiento de Maca o la trinchera neotectónica en Cabanaconde, son verdaderos sitios didáctico-educativos alternativos e incluidos en los circuitos turísticos propuestos.

7. El uso de la piedra se remonta a la época prehispánica en la construcción de maquetas, recintos de viviendas o ciudadelas, apachetas, sitios de adoración, caminos, andenes, chullpas y graneros, etc., y no solo de sillar, sino también de las rocas que tenían a la mano sean estas volcánicas (lávicas y escoriáceas de diferentes coloraciones) o sedimentarias (areniscas principalmente), cuarzosas o variedad de estas. Algunos ejemplos de estos son las ciudadelas Uyo Uyo (Yanque), Uscallacta (Chivay), Ñaupallacta (Tuti) y la fortaleza Chimpa (Madrigal); Colcas Shininia, Choquetico y Pumunuta; andenes en anfiteatro Oscolle; fortaleza Hayaquima, muralla Huapullja y muralla de Tambo (Huambo), entre los principales. En la época hispánica y actual, sobresalen las construcciones de templos o iglesias en la arquitectura urbana cuya construcción se remonta desde mediados de los siglos XVI al XVIII, construidas en su totalidad de sillar.

8. El patrimonio geológico para el desarrollo del geoturismo en el Colca es una de las propuestas que acompañan al presente estudio. La necesidad de protección de estos recursos (geoconservación) y de hacerlo accesible al público a través de la divulgación de las ciencias de la Tierra (geoeducación), de un territorio donde, además de la geodiversidad descrita, ostentan una importante biodiversidad y valores culturales materiales e inmateriales, permiten postularla al reconocimiento internacional como un geoparque a la Unesco. Con el inventario de recursos geoturísticos identificados en el Colca y desarrollando adecuada puesta en valor y aprovechamiento turístico (señalización, colocación de información didáctica, centros de interpretación geológica del Colca, capacitación de guías turísticos profesionales y estudiantes de la región y promotores turísticos locales, se proponen con el presente estudio 13 georutas: 1) Potenciación de paradas y miradores en la ruta turística principal convencional al cañón del Colca, resaltando los aspectos geológicos; 2) Georuta Coporaque-Chivay-La Calera-Tuti; 3) Georuta cultural-geológica Tuti-Ñaupallacta-Pumunuta; 4) Georuta Pinchollo-Géyser de Pinchollo-flanco del Hualca Hualca; 5) Georuta Madrigal-Mina Madrigal-Chimpa; 6) Georuta en Cabanaconde y alrededores; 7) Georuta Huambo-Canco: valle estructural hacia la

profundidad el cañón del Colca; 8) Circuito Chivay-Coporaque-Ichupampa-Yanque-Chivay; 9) Georuta entre Yanque y Madrigal: andenerías prehispánicas sobre un relleno sedimentario lacustre y deslizamientos activos; 10) Circuito geoturístico Huambo-Cabanaconde; 11) Georuta turística en Callalli; 12) Circuito Sibayo: construcciones en piedra y otros aspectos turísticos; y 13) Georuta hacia el volcán Mismi.

9. La construcción y asfaltado de la reciente carretera Huambo – Canco – Ayo integra dos zonas conocidas por su espectacularidad geológica en Arequipa: cañón del Colca y el valle de los Volcanes de Andagua (postulado como geoparque). Esta interconexión abre a su vez un abanico de posibilidades de integración al cañón Cotahuasi (reserva paisajística), Tres Cañones – Suyckutambo (Espinar, Cusco), e incluso su conexión hacia la costa, hacia otras provincias de Arequipa o regiones vecinas, dinamizando el turismo en el sur del país y especialmente el geoturismo.

10. El potencial geoturístico del Colca, a partir de su geodiversidad y patrimonio geológico identificados, constituyen elementos para desarrollar nuevos productos turísticos en este territorio: turismo termal, turismo educativo (paquetes escolares), turismo geológico especializado (neotectónica, volcanes y deslizamientos).





## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J. & Huanacuni, D. (2008) – Informe sobre la relación del volcanismo Mio-Plioceno con la franja de depósitos epitermales de Au-Ag en la Cordillera Occidental del sur del Perú (Arequipa-Puno), informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, 22 p. Proyecto GR-13: Estudio de los volcánicos cenozoicos del sur del Perú y su relación con la metalogenia. (Archivo Ingemmet A6472)
- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (2012) – *Programa Patrimonio para el desarrollo: Proyecto de desarrollo integral del Colca* (en línea). Lima: AECID Perú. (consulta: enero 2013). Disponible en: <[http://www.programapd.pe/pdi/pdi\\_colca/](http://www.programapd.pe/pdi/pdi_colca/)>
- Agencia Nacional de Hidrocarburos (2009) - *Conceptos básicos de geología y geofísica* (en línea). Bogotá: ANH, 50 p. (consulta: abril 2015). Disponible en <[http://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Metodos-de-Visualizacion/CONCEPTOS%20BASICOS%20GEOLOGIA%20Y%20GEOFISICA/CARTILLA\\_geologia\\_geofisica\\_c4.pdf](http://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Metodos-de-Visualizacion/CONCEPTOS%20BASICOS%20GEOLOGIA%20Y%20GEOFISICA/CARTILLA_geologia_geofisica_c4.pdf)>
- Autoridad Autónoma del Colca y Anexos - Autocolca (2006a) - *Plan maestro para el desarrollo y gestión sostenible del turismo en el valle del Colca, la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca y el Valle de los Volcanes: Diagnóstico ambiental de Caylloma, Castilla y la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca*, informe inédito. Arequipa: Autocolca, 145 p. Convenio Universidad Nacional San Agustín, Gobierno Regional de Arequipa y Copasa
- Autoridad Autónoma del Colca y Anexos - Autocolca (2006b) - *Inventario de recursos turísticos del plan maestro para el desarrollo y gestión sostenible del turismo. Tomo I: «recursos turísticos naturales: geomorfológicos y bióticos»*, informe inédito. Arequipa; Autocolca, 204 p.
- Autoridad Autónoma del Colca y Anexos - Autocolca (2006c) - *Plan maestro para el desarrollo y gestión sostenible del turismo: Valle del Colca - Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca -I Valle de los Volcanes: Diagnóstico del patrimonio geológico turístico de Caylloma, Castilla y la RNSAB*, informe inédito. Arequipa: Autocolca 118 p.
- Benavente, C.; Delgado, F. & Audin, L. (2012) - Estratigrafía de las cuencas lacustres Colca y Omate: ejemplos de paleosismicidad y tectónica activa del arco volcánico cuaternario y actual de los Andes centrales del sur del Perú (cd-rom). En: Congreso Peruano de Geología, 16, Lima, 2012. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Benavente, C.; Delgado, G.; García, B.; Aguirre, E & Audin, L. (2017) - Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en La región Arequipa. *Ingemmet. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 64, 390 p.
- Caldas, J. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 46, 62 p.
- Carcavilla, L.; López, J. & Durán J. (2007) – *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 374 p., Cuadernos del Museo Geominero, 7.
- Carcavilla, L. (2011) - Perspectivas en el estudio del patrimonio geológico. En: Schilling, M. & Toro, K., eds. *Actas del Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile, 13-16 abril de 2011, Melipeuco, Región de la Araucanía*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, p. 11-14.
- Carcavilla, L.; Belmonte, A.; Durán, J. & Hilario, A. (2011) – Geoturismo: Concepto y perspectivas en España. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra* (en línea), 19(1): 81-94. (consulta: octubre 2016). Disponible en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4043019>>

- Cendrero, A. (1996) – El patrimonio geológico. Ideas para su protección conservación y utilización. En: España. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. *El patrimonio geológico: Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Madrid: MOPTMA, p. 17-38.
- Chen, A.; Lu, Y. & Ng, Y.C.Y. (2015) - *The principles of geotourism*. Berlin: Springer, 264 p.
- Cruz, V. & Matsuda, K. (2012) – Caracterización geoquímica de las manifestaciones geotermales en el valle del Colca, Chivay, Arequipa. En: Congreso Peruano de Geología, 16, Lima, 2012. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 5 p.
- Cuba, F. & Ita, N. (2010) - Guía climática turística (en línea). Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 216 p. (consulta: marzo 2015). Disponible en: <<http://senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-20.pdf>>
- De Silva, S.L. & Francis, P.W. (1991) - *Volcanoes of the Central Andes*. Berlin: Springer-Verlag, 216 p.
- Delacour, A.; Gerbe, M.-C.; Thouret, J.-C.; Wörner, G. & Paquereau, P. (2007) - Magma evolution of Quaternary minor volcanic centres in southern Peru, Central Andes. *Bulletin of Volcanology*, 69(6): 581-608.
- Denevan, W.M., ed. (1986) – *The cultural ecology, archaeology and history of terracing and terrace abandonment in the Colca valley of southern Peru*. Technical report to the National Science Foundation and the National Geographic Society. Madison: University of Wisconsin, vol. 1, 238 p.
- Elizaga, E. & Palacio, J. (1996) – Valoración de puntos y/o lugares de interés geológico. En: España. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. *El patrimonio geológico: Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Madrid: MOPTMA, p. 61-78.
- Fernández, J. & Guirado, J. (2001) - Geodiversidad y patrimonio geológico en Andalucía. *MA Medio Ambiente*, 37: 24-33. Consejería de Medio Ambiente, Sevilla.
- Ga³ace, A. (2008) - Zasięgi budowli wulkaniczne grupy Andahua — Extent and volcanic's constructions of Andahua group. En: Paulo, A. & Galás, A., eds. *Polskie badania w Kanionie Colca i Dolinie Wulkanów*. Kwartalnik AGH, Geologia, 34(2/1): 107-136.
- Ga³ace, A. (2011) - The extent and volcanic structures of the Quaternary Andahua Group, Andes, southern Peru. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 81(1): 1-19.
- Guillet, D. (1990) - *Andenes y riego en Lari, valle del Colca*. Arequipa: Centro de Apoyo y Promoción al Desarrollo Agrario – CAPRODA, 55 p.
- Hose, T.A. (1995) – Selling the story of Britain's stone. *Environmental Interpretation*, 10(2): 16-17.
- Hose, T.A. (2000) - «Geoturismo» europeo. Interpretación geológica y promoción de la conservación geológica para turistas. En: Baretino, D.; Wimbledon, W.A.P. & Gallego, E., eds. *Patrimonio geológico: conservación y gestión*. Madrid: Instituto Tecnológico GeoMinero de España, p. 137-159.
- Klinck, B.A.; Ellison, R.A. & Hawkins, M.P. (1986) - *The geology of the Cordillera Occidental and Altiplano west of Lake Titicaca Southern Peru*. Lima: British Geological Survey & Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 353 p.
- Lago, M.; Arranz, E.; García, J.; Martínez, R. & Valenzuela, J. (1997) – Componentes del patrimonio geológico: algunas consecuencias para el avance en los estudios geológicos. *Zubía*, (15): 91-94.
- Málaga, A. (1986) - Los andenes en la agricultura Collagua. En: De la Torre, C. & Burga, M., eds. *Andenes y camellones en el Perú andino: historia, presente y futuro*. Lima, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, p. 127-132.
- Malpass, M. & De La Vera, P. (1988) - Ceramic sequence from Chijra, Coporaque. En: Denevan, W.M., ed. *The cultural ecology, archaeology and history of terracing and terrace abandonment in the Colca valley of southern Peru*. Technical report to the National Science Foundation and the National Geographic Society. Madison: University of Wisconsin, vol. II, p. 204-233.
- Malpass, M. & De La Vera, P. (1990) - Cronología y secuencia de la cerámica de Chijra, valle del Colca. *Gaceta Arqueológica Andina*, 5(18/19): 41-57.
- Mariño, J. & Zavala, B. (2010) - Cartografiado geológico del valle de los volcanes de Andahua-Orcopampa. En: Congreso Peruano de Geología, 15, Cusco 2010. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 858-861.
- Meléndez, G.; Moreira, J.C. & Soria, M. (2007) – El Geoturismo como vía de difusión del Patrimonio geológico y paleontológico: Visión comparativa de los programas de Geoturismo en Brasil (Estado Paraná) y España (Comunidad Autónoma de Aragón). En: Jornadas de la Sociedad española de Paleontología, Caravaca de la Cruz, 2007. *Libro de Resúmenes*. Granada: IGME y Universidad de Granada, p. 137-138.

- Moreira, J.; Meléndez, G. & Soria, M. (2009) - *Geoturismo: ¿Explicación de la geología al público o la geología como foco de atracción turística? Ejemplos del desarrollo del geoturismo en Brasil (Estado de Paraná) y España (Comunidad Autónoma de Aragón)* (en línea). Encuentro Paranaense de Investigadores em Hotelaria e Turismo. VII FITUR, Irati, 29-30 de maio de 2009. 11 p. (consulta: noviembre 2012). Disponible en: <[https://www.academia.edu/472938/Geoturismo\\_Explicad%C3%B3n\\_de\\_la\\_Geolg%C3%ADa\\_al\\_p%C3%BAblico\\_o\\_la\\_Geolg%C3%ADa\\_como\\_foco\\_de\\_atraci%C3%B3n\\_tur%C3%ADstica\\_Ejemplos\\_del\\_desarrollo\\_del\\_Geoturismo\\_en\\_Brasil\\_Estado\\_de\\_Paran%C3%A1\\_y\\_Espa%C3%B1a\\_la\\_Comunidad\\_Aut%C3%B3noma\\_de\\_Arag%C3%B3n](https://www.academia.edu/472938/Geoturismo_Explicad%C3%B3n_de_la_Geolg%C3%ADa_al_p%C3%BAblico_o_la_Geolg%C3%ADa_como_foco_de_atraci%C3%B3n_tur%C3%ADstica_Ejemplos_del_desarrollo_del_Geoturismo_en_Brasil_Estado_de_Paran%C3%A1_y_Espa%C3%B1a_la_Comunidad_Aut%C3%B3noma_de_Arag%C3%B3n)>
- Nieto, L.M. (2001) – Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, 112(2): 3-12.
- Peña, F.; Vásquez, S.; Carpio, J. & Sulca, P. (2010) – Características hidrogeológicas del Valle del Colca, entre Chivay y Maca. En: Congreso Peruano de Geología, 15, Cusco 2010. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 132-135.
- Rivera, M.; Mariño, J.; Samaniego, P.; Delgado, R. & Manrique, N. (2016) – Geología y evaluación de peligros del Complejo Volcánico Ampato-Sabancaya. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 61, 122 p.
- Romero, D. & Ticona, P. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huambo (32-r)*, escala 1:50 000, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 28 p.
- Ruchkys, U. (2007) – *Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO*. Tese de Doutorado, Universidade Federale de Minas Gerais; Belo Horizonte, 228 p.
- Schildgen, T.F.; Ehlers, T.A.; Whipp, D.M., Jr.; van Soest, M.C.; Whipple, K.X. & Hodges, K.V. (2009) - Quantifying canyon incision and Andean Plateau surface uplift, southwest Peru: a thermochronometer and numerical modeling approach. *Journal of Geophysical Research, Earth Surface*, 114(F4): 22 p.
- Sébrier, M.; Mercier, J.L.; Mégard, F.; Laubacher, G. & Carey-Gailhardis, E. (1985) - Quaternary normal and reverse faulting and state of stress in the Central Andes of South Perú. *Tectonics*, 4(7): 739-780.
- Steinmüller, K. & Zavala, B. (1997) - Hidrotermalismo en el Sur del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie D: Estudios Regionales*, 18, 79 p.
- Thouret, J.-C.; Wörner, G.; Gunnell, Y.; Singer, B.S., Zhang, X., & Souriot, T. (2007) - Geochronologic and stratigraphic constraints on canyon incision and Miocene uplift of the Central Andes in Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, 263(3-4): 151-166.
- Vidal, C. (2012) – Exploración geológico-minera en Sudamérica y principales descubrimientos auríferos durante la década 2000-2010. En: Congreso Peruano de Geología, 16, Lima, 2012. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 3 p.
- Villalobos, M. (2001) - Estrategias en la protección del patrimonio geológico andaluz. *MA Medio Ambiente*, 37: 36-39. Consejería de Medio Ambiente, Sevilla.
- Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Voth, A. (2008) – Los geoparques y el geoturismo: nuevos conceptos de valorización de recursos patrimoniales y desarrollo regional. En: Coloquio Ibérico de Geografía, 11, Alcalá de Henares, 2008. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá, 15 p.
- Zavala, B.; Navarro, P.; Varela, F. & Bermúdez, S. (2007) – Marcahuasi, geoparque nacional: guía geoturística. *INGEMMET, Boletín, Serie I: patrimonio y Geoturismo*, 2, 85 p.
- Zavala, B.; Mariño, J. & Varela, F. (2009) – Reserva Nacional de Paracas: Guía geoturística. *INGEMMET, Boletín, Serie I: Patrimonio y Geoturismo*, 3, 370 p.
- Zavala, B.; Mariño, J. & Varela, F. (2016) – Valle de los volcanes de Andahuá: Guía geoturística. *INGEMMET, Boletín, Serie I: Patrimonio y Geoturismo*, 6, 423 p.
- Zavala, B.; Varela, F. & Churata, D. (2016) – Santuario nacional bosque de rocas de Huayllay: Guía geoturística. *INGEMMET, Boletín, Serie I: Patrimonio y Geoturismo*, 7, 446 p.
- Zavala, B.; Churata, D. & Varela, F. (2018) – Cañón de Tinajani: Guía geoturística. *INGEMMET, Boletín, Serie I: Patrimonio y Geoturismo*, 8, 261 p.
- Zvietcovich, G. (1986) - Terrazas agrícolas y agricultura tradicional en el valle del Colca-Coporaque. En: De la Torre, C. & Burga, M., eds. *Andenes y camellones en el Perú andino: Historia, presente y futuro*. Lima: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, p. 171-179.






## **ANEXOS**

**Anexo I:** Lugares de interés geológico en la subcuenca del Colca entre Sibayo-Callalli y Andamayo.



**ANEXO 1: LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO EN LA SUBCUENCA DEL COLCA ENTRE SIBAYO-CALLALLI Y ANDAMAYO**

| Geositio  |   | Coordenadas   |                | Interés geológico principal                            | Uso recomendado                   | Tipo de sitio |
|---|---|---------------|----------------|--|-----------------------------------|---------------|
|   |   |               | Longitud       |  |                                   |               |
| 1   | Cañón del Colca                         | 71°54'22.71"W | 15°36'29.23" S | Geomorfológico-<br>Volcánico-<br>Estructural/tectónico | Turístico, científico             | Internacional |
| <p>100 km de valle encañonado y más de 3000 metros de profundidad que se extiende entre Pinchollo y Andamayo. Incluye vertientes rocosas volcánicas con fuerte declive, depósitos coluviales y depósitos residuales adyacentes, así como mesetas volcánicas en el lado sur, donde se asientan poblaciones rurales. Destacan las localidades de Tapay, Cabanaconde, Conishua, Llanca, Acopalca y Choco, donde pueden verse andenerías o terrazas utilizadas por la agricultura, que devienen de los "collaguas". Se concentran aspectos geológico-estructurales, hidrotermales y de movimientos en masa que evidencian la actividad tectónica y volcano-tectónica, que resumen procesos geológicos importantes que devienen principalmente del Paleógeno-Reciente, influenciando grandemente en la formación del cañón del Colca; sin embargo, el origen del cañón se atribuye a la reactivación de estructuras geológicas mucho más antiguas. Tiene como mirador principal el Mirador del Cóndor; aunque también se puede apreciar desde el sector de Chimpa.</p> |   |               |                |  |                                   |               |
|    |   |               |                |  |                                   |               |
| 2   | Valle estructural y cascadas río Huambo | 72°9'50.44"W  | 15°41'46.70"S  | Estructural-<br>geomorfológico                         | Turístico-didáctico-<br>educativo | Nacional      |
| <p>El río Huambo, afluente del Colca por la margen izquierda, desciende bruscamente desde la localidad de Huambo atravesando una secuencia de areniscas y lutitas de la Formación Puente (expuestas en el fondo del valle y sobrepuestas en la margen derecha por flujos de lavas del Hualca Hualca y Andahua y las formaciones Cachíos y Labra (margen izquierda). El río sigue un cauce principal con dirección noroeste en el primer tramo hasta la altura de Anasalla y luego en dirección oeste hacia el cañón (sector Canco). Estructuras plegadas cortan el valle diagonalmente (anticlinales, sinclinales y pliegues volcados con dirección preferencial noroeste-sureste), tornándose el cauce de forma sinuosa y con saltos o escalones formando cascadas en varios tramos del río principal. Se puede apreciar a lo largo de un camino a pie o por la carretera recién construida Huambo-Canco.</p>  |   |               |                |  |                                   |               |

|  |                         |               |               |                          |                                 |          |
|--|-------------------------|---------------|---------------|--------------------------|---------------------------------|----------|
|    |                         |               |               |                          |                                 |          |
| 3  | Falla activa El Trigal  | 72°03'24.28"W | 15°41'41.59"S | Tectónico-geomorfológico | Científico, didáctico educativo | Nacional |
| <p>Excelente exposición de planos y escarpas de fallas geológicas activas sobre rocas volcánicas en el país. Estas estructuras corresponden al sistema de fallas Cabanaconde, que se exponen en un tramo de la carretera Cabanaconde-Huambo y en una trocha que conduce hacia la laguna Mucurca. La orientación, plano y escarpa de falla pueden ser diferenciados fácilmente en las imágenes de satélite y en el terreno pueden apreciarse hasta tres planos de fallas, casi paralelos y al este del cañón del Colca. Presenta un escarpe de falla con una longitud aproximada de 20 km y desnivel mayor de 50 m, afecta al vulcanismo cuaternario más reciente (Holoceno). El escarpe de falla afecta la topografía actual, esto más la perturbación del drenaje con formación de charcas de colapso por falla (<i>sagpond</i>), específicamente, en los alrededores de la intersección de la falla Trigal con el cerro Tocosasi y de saltos durante el Holoceno, de aproximadamente 5 m en la quebrada Trigal. Asimismo, en los depósitos de avalancha de escombros del flanco norte del estratovolcán Hualca Hualca, se han determinado desplazamientos con movimiento de tipo normal, teniendo el escarpe principal 8 m de desnivel. Esta estructura también estaría relacionada con el géiser de Pinchollo.</p>  |                         |               |               |                          |                                 |          |
|   |                         |               |               |                          |                                 |          |
| 4  | Falla activa Solarpampa | 72°02'1.45"W  | 15°39'36.58"S | Tectónico-geomorfológico | Científico, didáctico educativo | Nacional |
| <p>Presenta un escarpe o desnivel topográfico que se extiende por 18 km de longitud, afectando el vulcanismo Cuaternario (Holoceno), así como también depósitos aluviales recientes. Los escarpes tienen alturas entre 5-40 m, que originan perturbaciones en el drenaje local, con la consecuente formación de "<i>sagpond</i>" a lo largo de la traza de la falla.</p>   |                         |               |               |                          |                                 |          |
|    |                         |               |               |                          |                                 |          |
| 5  | Deslizamiento de Maca   | 71°46'20.09"W | 15°37'34.35"S | Geodinámico              | Científico, didáctico educativo | Nacional |
| <p>Deslizamiento rotacional antiguo, de aproximadamente 3.7 km de longitud de escarpa, cuyo cuerpo principal se ha reactivado en nuevos deslizamientos, con avance retrogresivo-progresivo. Las principales reactivaciones se produjeron en 1991, con el sismo de Maca. Se vienen produciendo pérdida de áreas de cultivo (andenes) y pastizales en Maca-Chacaña que afectan varios tramos de la carretera Maca-Cabanaconde y canales de irrigación. Su inestabilidad se relaciona con la incompetencia del material lacustre afectado (lodolitas, arenas, arcillitas blandas, medianamente blandas a densas), alternado con depósitos proluviales (gravas, cantos y bloques, en matriz arenoarcillosa, medianamente consolidados) y con la napa freática superficial existente (oconales y filtraciones). En su avance retrogresivo, deja una masa importante alterada y movida con muchas superficies de deslizamiento. La masa movida y alterada facilita la infiltración de las aguas de precipitaciones o de irrigación (algunos terrenos de cultivo cercanos al deslizamiento se riegan por inundación y/o secano), provocando la pérdida de la resistencia al corte del material, que finalmente acaba deslizándose en su conjunto. Al oeste de Maca el deslizamiento es de gran magnitud, observándose grandes agrietamientos en la parte superior que afectan un importante tramo de la carretera Maca – Cabanaconde, terrenos de cultivo, camino de herradura, etc. El deslizamiento muestra un proceso de remoción complejo con escarpas rectas a irregulares, desplazamientos verticales importantes y empuje del material hacia el río, con movimientos al NNO. El movimiento del deslizamiento que involucra a Maca y campiña, se registra hacia el este con movimientos extremadamente lentos a lentos.</p> |                         |               |               |                          |                                 |          |





|   |                       |               |               |             |                                 |          |
|---|-----------------------|---------------|---------------|-------------|---------------------------------|----------|
| 6 | Deslizamiento de Lari | 71°46'20.83"W | 15°37'31.34"S | Geodinámico | Científico, didáctico educativo | Nacional |
|---|-----------------------|---------------|---------------|-------------|---------------------------------|----------|



Deslizamiento en la margen derecha del Colca. Escarpa principal semicircular al pie del poblado de madrigal con 2.7 km de longitud, depósito con escarpas semicirculares muy notorias, cuerpos desplazados en forma rotacional y presencia de lagunas o bofedales. Reactivaciones en el sector del cerro Quehuisa, Lari en 1963, 1983 y 2008. El desplazamiento de una gran masa de suelo se da en forma lenta. Zavala *et al.*, 2008, describen en el sector de Juanca-Lari un deslizamiento rotacional con desplazamiento de una sola masa, presentando basculamientos y agrietamientos en el terreno desplazada; se diferenciaron dos sectores con características particulares. Una escarpa principal oeste es un salto de 2.50 a 3.00 m, mientras que en el lado este alcanza un salto de hasta 30 m de altura. Se puede apreciar en su conjunto su magnitud desde Maca y antes de ingresar al túnel que conduce hacia el Mirador del Cóndor.









|   |                           |              |               |             |                                 |          |
|---|---------------------------|--------------|---------------|-------------|---------------------------------|----------|
| 7 | Deslizamiento de Madrigal | 71°48'39.57W | 15°36'39.09"S | Geodinámico | Científico, didáctico educativo | Nacional |
|---|---------------------------|--------------|---------------|-------------|---------------------------------|----------|








Deslizamiento antiguo con una corona de más de 2 km con un salto vertical promedio de 20-25 m de altura, donde se producen grietas de contorno y derrumbes. Entre el pie y corona del deslizamiento reconoce algunos hundimientos y agrietamientos. Las depresiones formadas acumulan aguas de filtraciones y aguas pluviales en diferentes dimensiones y volúmenes. Las características similares de terreno con depresiones, humedales y zonas expuestas a riego indiscriminado originan movimientos locales del terreno.






|  |  |               |               |                           |                                 |          |
|--|--|---------------|---------------|---------------------------|---------------------------------|----------|
| 8  | Escarpa de la avalancha de rocas Hualca Hualca | 71°51'11.81"W | 15°42'12.71"S | Geodinámico-volcánico     | Científico, didáctico educativo | Nacional |
| <p>Los depósitos de avalanchas de escombros afloran al oeste de Maca, a más de 3 km de distancia, entre Madrigal y Pinchollo. El depósito está constituido por fragmentos heterogéneos de rocas no consolidadas o pobremente consolidadas, en su mayoría, bastante hidrotermalizadas y que están incluidos dentro de una matriz limoarenosa, y fragmentos de roca angulosos a subangulosos, de un amplio rango de tamaños (centimétricos a más de 2.5 m de diámetro). En los depósitos de avalanchas de escombros se han encontrado en mayor medida las facies de matriz, y en algunas zonas restringidas también facies de bloques. Los afloramientos poseen coloración amarillo-ocre, rojiza y gris-blancuecina. Estos depósitos provienen del flanco norte del complejo volcánico Hualca Hualca, debido a que se tiene un anfiteatro en forma de herradura, abierto hacia el norte, además, que estos depósitos afloran en el cañón y valle del Colca, cerca del anfiteatro antes mencionado. El depósito se puede apreciar desde la quebrada Malata, Pinchollo hasta cerca del control de Autocolca.</p> |  |               |               |                           |                                 |          |
|    |  |               |               |                           |                                 |          |
| 9  | Depósitos lacustres Paleolago Colca            | 71°48'10.25"W | 15°37'32.52"S | Sedimentológico-tectónico | Científico, didáctico educativo | Nacional |
| <p>Relleno aluvioproluvial y lagunar, por encima del cauce actual del río Colca. Sobre estos depósitos se desarrollan poblaciones y zonas agrícolas, con amplios sistemas de andenerías y carreteras principales. En campo mediante análisis estratigráficos se determina que el lago fue formado por represamiento del río Colca, causado por una avalancha de escombros originada en el flanco noreste del volcán Hualca Hualca, cuyos depósitos afloran aguas arriba de Pinchollo, Chiriviejo, Pujro en la margen izquierda del río Colca y Madrigal en la margen derecha. Una vez formado el dique por la avalancha, el río se represó formando un lago profundo (~150 m), dando lugar a la depositación de depósitos finos con laminación paralela en la base de la cuenca (secuencia I), al mismo tiempo el lago recibe depósitos fluviales y proluviales provenientes de las quebradas adyacentes al lago (secuencia II), formando una zona de transición restringida hacia las márgenes del lago. Puede apreciarse desde Yanque, Ichupampa, Maca, Lari y Madrigal.</p>                               |  |               |               |                           |                                 |          |
|    |  |               |               |                           |                                 |          |
| 10   | Depósitos lacustres Paleolago Canocota-Sibayo  | 71°33'38.29"W | 15°33'6.26"S  | Sedimentológico-tectónico | Científico, didáctico educativo | Nacional |
| <p>Cerrada del valle del Colca en el sector de Canocota originado por la efusión de lavas fisurales generó, aguas arriba, la formación de un paleolago. A partir de los depósitos lacustres y aluviolacustres expuestos se estiman en 80-100 m de espesor de depósitos extendidos hasta el sector de Sibayo. Estructuras sedimentarias con sismitas en los depósitos lacustrinos marcan el carácter tectónico en la cuenca. Depósitos lacustres de este paleolago pueden apreciarse cerca de Tuti, a un costado de la carretera, como en el sector de Canocota, así como aguas arriba.</p>   |  |               |               |                           |                                 |          |
|    |  |               |               |                           |                                 |          |




|   |   |               |               |                                      |                                 |          |
|---|---|---------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 11  | Centro de emisión Atun Orcco y coladas de lavas Andagua | 71°35'8.50"W  | 15°34'53.82"S | Volcánico-geomorfológico             | Científico, didáctico educativo | Nacional |
| <p>Manifestaciones de lavas volcánicas cuaternarias se encuentran rellenando el valle del Colca, con campos de coladas de lavas con superficies rugosas, frentes lobulados y terminaciones verticales en el sector comprendido entre Canocota, Chivay y Coporaque, abarcando una extensión de 12 km. Las lavas de origen fisural, posteriormente, erosionadas por el río originan sectores encañonados que alcanzan entre 50 y 100 m sobre el cauce. En algunos sectores es posible encontrar algunos restos arqueológicos, que están siendo puestos en valor para el desarrollo turístico del Colca. Este emplazamiento de lavas originó también aguas arriba un embalse o lago menor pudiéndose apreciar secuencias lacustrinas entre Canocota y Sibayo. Un gran paisaje como este puede apreciarse en la carretera que desciende a Chivay, y localmente en la carretera Chivay-Tuti.</p> |   |               |               |                                      |                                 |          |
|   |   |               |               |                                      |                                 |          |
| 12  | Pampas y piedemonte travertino Huambo                   | 72°06'41.53"W | 15°43'7.41"S  | Geomorfológico-paleoclimático-minero | Científico                      | Nacional |
| <p>Campaña agrícola de Huambo: Capas concéntricas de depósitos de travertino con figuras caprichosas se extienden desde la planicie superior de Huambo. La formación de cavidades y formas particulares generadas por disolución que localmente se conocen como "Hutk'os se pueden apreciar en la zona de la campiña agrícola de Huambo, en la ruta hacia Canco. En la salida de Huambo, en dirección a Pedregal, existe explotación de este travertino.</p>  |   |               |               |                                      |                                 |          |
|   |   |               |               |                                      |                                 |          |
| 13  | Castillos encantados Callalli                           | 71°25'31.19"W | 15°30'29.04"S | Geomorfológico                       | Turístico                       | Local    |
| <p>Las laderas en las cercanías de Callalli están compuestas por superficies de flujos piroclásticos de la Formación Palca (tobas de composición dacítica y riódacítica) que originan mesetas ignimbríticas disectadas por la erosión. Esta característica particular de erosión y meteorización física (esferoidal) ha modelado sobre las rocas un bosque rocoso de aspecto espectacular, el cual es conocido como bosque encantado de Callalli, admirado desde el mismo poblado, o al acercarse y ascender hacia el bosque rocoso. Figuras raras, farallones individuales verticales, zonas amesetadas (y restos arqueológicos sobre estas rocas) se exponen al sureste de Callalli.</p>  |   |               |               |                                      |                                 |          |
|   |   |               |               |                                      |                                 |          |
| 14  | Torreón Torre Blanca                                    | 71°24'42.97"W | 15°30'45.09"W | Geomorfológico                       | Turístico                       | Local    |
| <p>Torreón pétreo imponente y vertical desarrollado sobre ignimbritas, en la margen izquierda del río Pulpera, sector este de los Castillos de Callalli. Se accede y puede ser apreciado por la carretera Arequipa-Callalli.</p>  |   |               |               |                                      |                                 |          |

|   |  |               |               |                          |                                |          |
|---|--|---------------|---------------|--------------------------|--------------------------------|----------|
|   |  |               |               |                          |                                |          |
| 15  | Volcanes monogenéticos y coladas de lavas Huambo-Jarán | 72°07'49.20"W | 15°52'12.57"S | Geomorfológico-Volcánico | Científico                     |          |
| <p>Al sur de Huambo, en la ruta hacia las pampas de Majes, se tiene la presencia de conos volcánicos monogenéticos de tipo estromboliano de la época Andagua. Campos de lava y conos monogenéticos sobresalen sobre planicies aluviales y fluvio-glaciares en el sector de LLajupampa, pampas Uchapampa y Jarán, hasta el sector de la hacienda Jazmín. Destacan dos conos volcánicos: Marbas Grande y Marbas Chico, que pueden verse desde la carretera Huambo-Pedregal. La zona volcánica es mapeada como de un vulcanismo Andagua, tiene una forma semicircular con dirección de flujo predominante SE-NO, hacia el Colca, descendiendo lavas desde los 4000 m a los 3000 m s,n,m. Este pequeño valle se expone como una prolongación al sur de Andahua, margen izquierda.</p> |  |               |               |                          |                                |          |
|   |  |               |               |                          |                                |          |
| 16  | Coladas de lava Mojonpampa-Chinini-Uncapampa           | 72°01'19.93"W | 15°42'15.66"S | Geomorfológico-Volcánico | Científico, turístico          | Nacional |
| <p>Lavas o coladas de lavas basálticas fisurales extendidas en un área de 20 x 10 km muestran varios centros de emisión destacando el de Mojonpampa. Los flujos siguen direcciones principales hacia el oeste hasta el sector de Chinini- Sajarhua, al norte hasta el borde del cañón del Colca y al sur hacia la laguna Mucurca. Se accede por una trocha carrozable que conduce hasta la laguna de Mucurca.</p>   |  |               |               |                          |                                |          |
|   |  |               |               |                          |                                |          |
| 17  | Volcán monogenético Keyoc y campo de lavas Mojonpampa. | 72°00'9.63"W  | 15°42'3.32"S  | Geomorfológico-Volcánico | Didáctico-educativo, turístico | Nacional |
| <p>Centro volcánico del cual descienden coladas de lavas en dirección sur hacia la laguna Mucurca y hacia el suroeste. Los flujos de lava originaron la reducción del espejo de agua en la parte norte de la laguna Mucurca. Se accede por una trocha carrozable desde la vía Huambo-Cabanaconde.</p>   |  |               |               |                          |                                |          |




|   |  |  |               |                          |                                |          |
|---|--|--|---------------|--------------------------|--------------------------------|----------|
|    |  |    |               |                          |                                |          |
| 18  | Laguna Mucurca   | 72°00'50.47"W  | 15°45'14.05"S | Geomorfológico-Volcánico | Didáctico-educativo, turístico | Nacional |
|    |  |    |               |                          |                                |          |
| 19  | Volcanes monogenéticos y coladas de lava Glorihuasi        | 72°19'12.40"W  | 15°52'40.84"S | Geomorfológico-Volcánico | Científico                     | Nacional |
| <p>Al oeste de Huambo, otro sector cubierto por lavas fisurales basálticas del vulcanismo Andagua se expone en el sector Glorihuasi. Se tiene campos de lavas que descienden en dirección norte y noroeste, hacia el cañón del Colca y se exponen tres conos monogenéticos. Las lavas están sobrepuestas a secuencias sedimentarias e intrusivas. El acceso es principalmente a pie desde la carretera Huambo-Pedregal.</p> |  |  |               |                          |                                |          |
|   |  |  |               |                          |                                |          |
| 20  | Volcán monogenético Coropuna y campos de lavas río Molloco | 72°01'7.80"W   | 15°28'46.04"S | Geomorfológico-Volcánico | Científico, turístico          | Nacional |
| <p>Campo similar de lavas basálticas en la cuenca superior del río Molloco (ambas márgenes) donde se distingue un cono monogenético denominado Coropuna, otro centro de emisión lávico o domo-lava está dispuesto sobre cotas encima de 4000 m. El campo es cruzado por el río Molloco.</p>   |  |  |               |                          |                                |          |
|    |  |  |               |                          |                                |          |




|  |                                 |               |               |           |                     |       |
|--|---------------------------------|---------------|---------------|-----------|---------------------|-------|
| 21   | Lavas columnares<br>Chimpa      | 71°50'31.17"W | 15°35'46.06"S | Volcánico | Didáctico-educativo | Local |
| <p>Coladas lávicas andesíticas con disyunción columnar se exponen en un puntón de rocas del cerro Bomboya, que se aprecia en el ascenso a la fortaleza de Chimpa, al oeste de Madrigal. Afloran lavas del Grupo Tacaza, donde es posible diferenciar bloques o paralelepípedos con secciones pentagonales que dominan en una capa lávica de 2-3 m en conjunto. Forma parte de la ruta o circuito a la Fortaleza de Chimpa.</p>                                       |                                 |               |               |           |                     |       |
|    |                                 |               |               |           |                     |       |
| 22   | Lavas columnares<br>Pumunuta    | 71°33'52.36"W | 15°32'7.50"S  | Volcánico | Didáctico-educativo | Local |
| <p>Varias capas de coladas lávicas andesíticas con disyunción columnar están expuestas en el puntón este del cerro Pumunuta, y que pueden apreciarse en el ascenso a la cueva de Pumunuta, al oeste de Tuti. Se observan frentes abruptos subverticales con disyunción columnar en lavas atribuidas al complejo volcánico Mismi. Se diferencian un conjunto de varios niveles de capas subhorizontales que alcanzan espesores entre 2 y 5 m. El acceso es a pie.</p> |                                 |               |               |           |                     |       |
|    |                                 |               |               |           |                     |       |
| 23   | Lavas columnares<br>Cabanaconde | 71°58'36.31"W | 15°36'11.39"S | Volcánico | Didáctico-educativo | Local |
| <p>Lavas con disyunción columnar en el camino a pie entre Cabanaconde y Sangalle son expuestas en el tramo inferior del descenso al cañón del Colca. Los bloques paralelepípedos se presentan con disposición subhorizontal en las laderas. Las lavas corresponden a secuencias de traquiandesíticas del complejo volcánico Hualca Hualca.</p>   |                                 |               |               |           |                     |       |
|    |                                 |               |               |           |                     |       |




|   |                                     |               |               |                          |                                 |          |
|---|-------------------------------------|---------------|---------------|--------------------------|---------------------------------|----------|
| 24  | Diatomitas Maca                     | 71°45'55.23"W | 15°38'32.31"S | Volcánico-lacustre       | Científico, didáctico-educativo | Local    |
| <p>A inmediaciones de Maca, se aprecian depósitos de diatomita, de coloración blanquecina y de algunos metros de espesor. Las diatomitas son rocas sedimentarias, formadas por la acumulación de microfósiles de diatomeas, que son algas unicelulares que secretan un esqueleto silíceo denominado frústula. Se originan normalmente en ambientes lacustres muy tranquilos, de poca profundidad y con actividad volcánica explosiva importante, que provee de sílice para la proliferación de diatomeas. Se infiere la existencia de un embalse lateral o paleolago originado por una avalancha de escombros de Maca, que represó las aguas que discurrían de sur a norte hacia el río Colca, a través del flanco norte del Hualca Hualca. Los aportes de sílice estarían asociados a erupciones explosivas de los volcanes Ampato y/o Sabancaya, ocurridos durante el Pleistoceno tardío y Holoceno (Mariño, et al., 2012; Rivera, et al., 2012).</p> |                                     |               |               |                          |                                 |          |
|   |                                     |               |               |                          |                                 |          |
| 25  | Manantial termal La Calera          | 71°35'12.64"W | 15°36'53.07"S | Hidrogeológico-volcánico | Turístico, didáctico-educativo  | Nacional |
| <p>Complejo de aguas termales La Calera con varias piscinas, baños individuales, museo de sitio; administrado por el municipio local. Redes de conducción de agua termal visibles, precipitación de sinter; playa de estacionamiento. Se accede desde Chivay.</p>   |                                     |               |               |                          |                                 |          |
|   |                                     |               |               |                          |                                 |          |
| 26  | Manantial termal y sinter La Calera | 71°35'17.75"W | 15°36'53.57"S | Hidrogeológico-volcánico | Turístico, didáctico-educativo  | Local    |
| <p>Las manifestaciones hidrotermales se presentan de diferentes formas: mediante, manantiales calientes, géiser, gases o fumarolas y también con sinter o paleosinter. El complejo de baños termales La Calera está ubicado en la margen izquierda del río Colca a pocos km de la localidad de Chivay. Las fuentes de donde emana agua caliente son manantiales termales que afloran en las laderas inferiores y también en las terrazas inferiores y el mismo cauce. El substrato rocoso adyacente son secuencias sedimentarias. Algunas estructuras de acumulación que sobresalen son formas cónicas y convexas.</p>  |                                     |               |               |                          |                                 |          |
|   |                                     |               |               |                          |                                 |          |





|   |  |               |               |                              |                                    |          |
|---|--|---------------|---------------|------------------------------|------------------------------------|----------|
| 27  | Discordancia<br>Capas plegadas y<br>falladas del Yura<br>y lavas Andahua | 71°35'21.40"W | 15°36'53.52"S | Tectónico-estratigráfico     | Científico,<br>didáctico-educativo | Local    |
| Estructuras geológicas observadas frente a La Calera que favorecen el afloramiento de aguas termales, margen derecha del Colca. Se pueden apreciar desde la carretera Chivay-La Calera.   |  |               |               |                              |                                    |          |
|   |  |               |               |                              |                                    |          |
| 28  | Géyser de<br>Pinchollo   | 71°51'41.31"W | 15°40'24.58"S | Hidrogeológico-<br>volcánico | Turístico                          | Nacional |
| <p>Testigos de la actividad hidrotermal asociada a una cámara magmática son las manifestaciones termales de géiser en el flanco norte del Hualca Hualca. Agua en punto de ebullición y vapor caliente emanan en el cauce de una quebrada angosta la cual calienta el agua superficial que discurre por la quebrada formando un chorro vertical intermitente, de forma discontinua, que alcanza mayor altura cuando tiene mayor cantidad de agua de escorrentía. Tres o cuatro puntos principales ubicados en el cauce originan con presencia de agua caliente este espectáculo al cual comúnmente se le denomina géiser de Pinchollo. Los géiseres son un fenómeno bastante frágil, y si alguna condición en su ambiente natural cambia, pueden destruirlo o enterrarlo; es lo que ocurrió aparentemente en este lugar. Hace algunos años se canalizó por esta quebrada un flujo de lodo (ceniza volcánica) o lahar. Desde Pinchollo, se accede por una trocha carrozable hasta cierto tramo y luego a pie.</p> |  |               |               |                              |                                    |          |
|   |  |               |               |                              |                                    |          |
| 29  | Alineamiento<br>termal vertiente<br>norte del Hualca<br>Hualca           | 71°51'42.29"W | 15°40'24.70"S | Hidrogeológico-<br>volcánico | Turístico                          | Local    |
| <p>Presencia de vapor caliente y varios ojos de agua (cuatro) en ebullición en una zona de bofedales y quebrada con cauce angosto, siguiendo una dirección N35°E. Se encuentra cerca del géyser de Pinchollo, en la margen izquierda de la quebrada</p>   |  |               |               |                              |                                    |          |
|   |  |               |               |                              |                                    |          |









|   |   |               |               |                          |           |          |
|---|---|---------------|---------------|--------------------------|-----------|----------|
| 30  | Oasis de Sangalle                         | 71°58'35.83"W | 15°35'45"S    | Geomorfológico           | Turístico | Nacional |
| <p>El cañón del Colca presenta varios sitios accesibles con caminos pedestres y también por carretera; algunos de ellos se hallan en sitios profundos del cañón. Sangalle, también denominado "Paraiso", está ubicado a 2220 m s.n.m. (un ecosistema de monte ribereño); se llega descendiendo desde Cabanaconde después de caminar 2.5 a 3 horas. El clima, en este piso altitudinal, permite la existencia de cierto tipo de vegetación natural y frutales (higos, duraznos, manzanas, pacay, etc.). Se observa la presencia de aguas termales en la zona, las cuales son derivadas a piscinas construidas en hospedajes.</p> |   |               |               |                          |           |          |
|   |   |               |               |                          |           |          |
| 31  | Terrazas de sinter y aguas termales Pacla | 71°59'57.70"W | 15°35'44.80"S | Hidrogeológico-volcánico | Turístico | Local    |
| <p>Un camino carrozable une Cabanaconde con Tapay. Esta carretera cruza el cañón del Colca en el sector de Pacla, donde unos 100 m aguas arriba del puente afloran manantiales termales en el cauce del río. El agua se encuentra hirviendo prácticamente, y vapor de agua condensado se levanta en un cauce estrecho del río, limitado por paleosinters que alcanzan cerca de los 15 m de altura respecto al nivel del cauce actual del río Colca.</p>   |   |               |               |                          |           |          |
|   |   |               |               |                          |           |          |
| 32  | Anfiteatro de Oscolle                     | 71°39'26.69"W | 15°38'18.19"S | Geomorfológico-volcánico | Turístico | Nacional |
| <p>Es llamado también "el coliseo de los incas", pertenece a la cultura Collahua. Debido a la forma de sus andenes y el sistema hidráulico es considerado un laboratorio agrícola. Los andenes presentan dos tipos de altura siguiendo el contorno de una ladera semicircular desarrollada sobre depósitos aluviolacustrinos. Se encuentra en buen estado de conservación y, actualmente, sigue siendo utilizado por los agricultores. Se accede a través de la ruta Chivay-Coporaque-Colca Lodge.</p>  |   |               |               |                          |           |          |
|   |   |               |               |                          |           |          |




|   |  |               |               |                                     |                                    |       |
|---|--|---------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------|
| 33  | Fuente termal<br>Baños El Inca   | 71°28'12.15"W | 15°30'6.60"S  | Hidrogeológico                      | Turístico                          | Local |
| Manantial termal en la margen izquierda del Colca, sobre volcanoclasticos del Tacaza. Presenta un complejo de baños pequeño, con piscina y baños individuales. Se encuentra entre Sibayo y Callalli.  |  |               |               |                                     |                                    |       |
|   |  |               |               |                                     |                                    |       |
| 34  | Cuestas<br>estructurales y<br>anticlinal en<br>areniscas El<br>Lagarto | 71°28'17.62"W | 15°27'54.21"S | Estructural-<br>geomorfológico      | Didáctico-<br>educativo, turístico | Local |
| Margen derecha del Colca con afloramientos de areniscas cuarzosas en estratos medianos de la Formación Arcurquina; cuestas estructurales y pliegues disarmónicos locales. Se observa la figura conocida como "el lagarto". Se accede por un camino carrozable desde Sibayo. |  |               |               |                                     |                                    |       |
|    |  |               |               |                                     |                                    |       |
| 35  | Ondulitas en<br>lodolitas Ccollpa                                      | 71°29'38.50"W | 15°30'48.14"S | Sedimentológico-<br>paleogeográfico | Científico,<br>didáctico-educativo | Local |
| Estructuras sedimentarias muy tupidas en forma de "panal de abejas" en el plano de estratos donde se intercalan capas de areniscas y lodolitas. Se encuentra en una pared rocosa en la ruta entre Tuti y Sibayo.  |  |               |               |                                     |                                    |       |
|   |  |               |               |                                     |                                    |       |
| 36  | Cañón Lunta  | 71°34'37387"W | 15°33'44.13"S | Geomorfológico                      | Turístico                          | Local |
| Tramo encañonado del río Colca en el sector Canocota que está labrado sobre lavas fisurales de los volcánicos Andagua. Mirador desde la carretera Tuti-Chivay. Se combina con aspectos arqueológicos (colcas) en el lugar, para lo cual hay que descender al río Colca.     |  |               |               |                                     |                                    |       |




|  |  |               |               |                           |                                |          |
|--|--|---------------|---------------|---------------------------|--------------------------------|----------|
|    |  |               |               |                           |                                |          |
| 37   | Puente Inca y cañón sobre el río Colca                           | 71°36'14.31"W | 15°37'59.07"S | Geomorfológico-volcánico  | Turístico                      | Nacional |
| <p>Estructura de puente de piedra en el sector de Chivay donde se presenta un cañón de 50-55 m de profundidad labrado sobre lavas andesíticas del vulcanismo Andahua. Puede apreciarse desde el borde de la carretera a la salida de Chivay con dirección a Coporaque.</p>   |  |               |               |                           |                                |          |
|   |  |               |               |                           |                                |          |
| 38   | Depósito volcanoclástico lacustre en la margen derecha del Colca | 71°36'58.09"W | 15°35'22.60"S | Sedimentológico-volcánico | Científico                     | Local    |
| <p>Corte artificial en la carretera entre Chivay y Tuti de 15 metros de largo y 2-3 m de espesor, que muestra una secuencia de estratos muy delgados de arcilla volcánica, medianamente compactos, fracturados y fallados. Su origen, probablemente, estaría asociado a la actividad de alguno de los volcanes pleistocenos cercanos (Mismi o Ampato).</p>   |  |               |               |                           |                                |          |
| 39   | Depresión intralávica y laguna Chocpayo                          | 71°37'43.51"W | 15°38'36.57"S | Geomorfológico-volcánico  | Didáctico-educativo, turístico | Local    |
| <p>La depresión o "cerrada natural" generada por flujos de lavas Andahua formando una laguna natural. Se observan andenerías en un área circular o anfiteatro desarrolladas en las lavas, la vegetación natural y el lugar de observación de aves. Se accede desde la carretera Coporaque-Colca Lodge, por un sendero angosto, llegando hasta la laguna.</p> |  |               |               |                           |                                |          |
|    |  |               |               |                           |                                |          |

|  |   |  |               |                          |                                 |       |
|--|---|--|---------------|--------------------------|---------------------------------|-------|
| 40   | Aguas termales Umaro                                  | 71°38'36.27"W  | 15°38'53.66"S | Hidrogeológico-volcánico | Turístico                       | Local |
| <p>Fuente termal en el cauce del río Colca, mayor 50-60 °. Zona sublimada en las paredes. Afloramiento de aguas y sinter en depósitos aluviales y substrato rocoso con lavas del Tacaza. Se ha construido un pequeño complejo termal en varios niveles desde el cauce hasta la terraza superior. Se accede desde la carretera Coporaque-Colca Lodge. Se señala la presencia de 13 chorros que salen a presión hacia arriba hasta una altura de 1.5 m, volviendo a caer sus aguas a las del río Colca. Pobladores lo señalan también como un géiser de Coporaque y como una roca al interior del río. Cuando este aumenta de caudal, prácticamente, se encuentra tapado por las aguas. De esta roca y sus alrededores brotan chorros de agua caliente que deben llegar a 90°.</p> |   |  |               |                          |                                 |       |
|   |   |  |               |                          |                                 |       |
| 41   | Aguas termales Sallihua                               | 71°38'51.79"W  | 15°38'28.20"S | Hidrogeológico-volcánico | Turístico                       | Local |
| <p>Se observan varios ojos de aguas termales en la margen derecha, en una curva o meandro del río Colca. Son utilizados en forma artesanal por los pobladores de Coporaque. Los manantiales afloran en las terrazas aluviales. Se accede desde la carretera Coporaque-Colca Lodge.</p>   |   |  |               |                          |                                 |       |
|    |   |  |               |                          |                                 |       |
| 42   | Levés en flujos de lavas del complejo volcánico Mismi | 71°46'54.27"W  | 15°36'49.21"S | Geomorfológico-volcánico | Científico, didáctico-educativo | Local |
| <p>Las estructuras, vistas desde la carretera entre Lari-Madrigal, forman los flujos de lava que descienden hacia el valle del Colca, margen derecha. Especie de albardones o corrimientos alargados de lavas se extienden por la pendiente natural al momento de emplazarse y fluir por el relieve preexistente.</p>  |   |  |               |                          |                                 |       |
|    |   |  |               |                          |                                 |       |



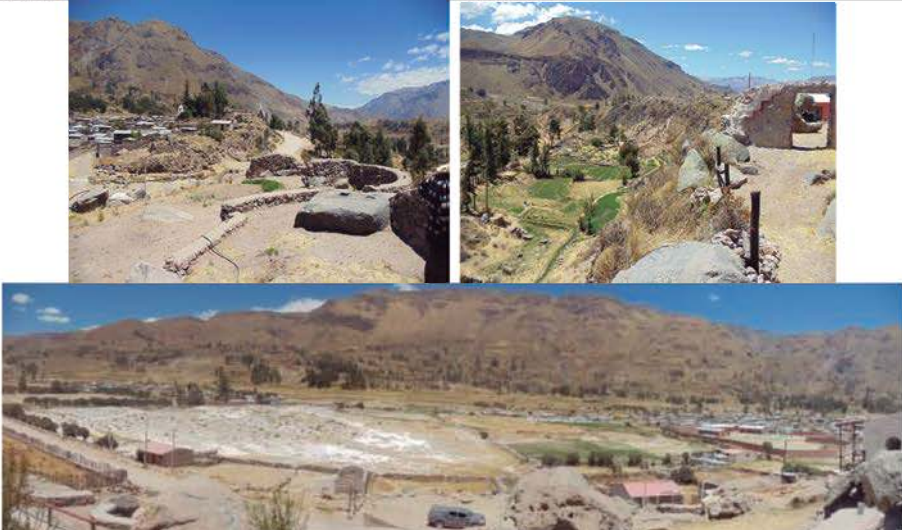
|   |                                   |               |               |   |                                 |          |
|---|-----------------------------------|---------------|---------------|---|---------------------------------|----------|
| 43  | Deslizamiento de Ichupampa        | 71°40'41.09"W | 15°38'42.03"S | Geomorfológico-geodinámico              | Científico, didáctico-educativo | Local    |
| <p>Movimiento en masa (deslizamiento) con escarpas sucesivas y basculamientos en la cabecera de forma circular generan un flujo de tierra que afecta terrenos de cultivo y el tramo de la antigua carretera Coporaque-Ichupampa. Es un espacio didáctico donde se pueden diferenciar diferentes aspectos de un deslizamiento.</p> |                                   |               |               |   |                                 |          |
|   |                                   |               |               |   |                                 |          |
| 44  | Lavas Achoma de hace 600 mil años | 71°42'25.54"W | 15°39'24.48"S | Volcánico-estratigráfico-geocronológico | Científico, didáctico-educativo | Nacional |
| <p>Se observa el corte artificial en la carretera entre Achoma y Maca con afloramiento de lavas datadas en 600 mil años, que se ubican sobreyaciendo a depósitos lacustres del Colca con estructuras sedimentarias. Sector Mirador San Miguel.</p>  |                                   |               |               |   |                                 |          |
|   |                                   |               |               |   |                                 |          |
| 45  | Depresión intravolcánica          | 71°36'28.09"W | 15°34'42.14"S | Geomorfológico-volcánico                | Didáctico-educativo             | Local    |
| <p>Se observa una laguna o depresión natural cerrada, originada por el emplazamiento de lavas del Centro Volcánico Mojoampampa, que temporalmente presenta acumulación de agua. Se distingue desde la carretera entre Chivay y Tuti.</p>  |                                   |               |               |   |                                 |          |
|   |                                   |               |               |   |                                 |          |




|  |  |               |               |                          |                                 |          |
|--|--|---------------|---------------|--------------------------|---------------------------------|----------|
| 46   | Lavas en bloques y escoriáceas colgadas del Hualca Hualca          | 72°03'12.96"W | 15°36'0.12"S  | Geomorfológico-volcánico | Científico; didáctico-educativo | Local    |
| El conjunto de lavas escoriáceas de tonos oscuros y rojizos "colgadas o suspendidas" en la ladera descende hacia el cañón del Colca (margen izquierda). Corresponde a los volcánicos Andahua. Se aprecian en varios cortes de la carretera que conduce hacia Choco, desde Cabanaconde. |  |               |               |                          |                                 |          |
|    |  |               |               |                          |                                 |          |
| 47   | Discordancia angular Filos Unca (Formación Puente y lavas Andagua) | 72°04'42.57"W | 15°38'47.09"S | Estratigráfico           | Científico, didáctico-educativo | Local    |
| Colcadas de lavas Andagua cubren discordantemente una secuencia de areniscas y lutitas en estratos delgados de la Formación Puente. Se accede por una trocha en el sector Filos Unca frente al desvío a Aji, trocha que sigue la línea de torres de alta tensión.                      |  |               |               |                          |                                 |          |
|    |  |               |               |                          |                                 |          |
| 48   | Discordancia angular Chinini (Formación Labra y lavas Andagua)     | 72°05'34.46"W | 15°42'4.30"S  | Estratigráfico           | Científico, didáctico-educativo | Nacional |
| El campo de lavas Andagua descende hasta Chinini. Cubre discordantemente una secuencia de areniscas y lutitas en estratos delgados de la Formación Labra; el contacto de cerca puede verse al costado de la carretera Cabanaconde-Huambo.  |  |               |               |                          |                                 |          |
|    |  |               |               |                          |                                 |          |




|  |   |               |               |                                 |                                 |       |
|--|---|---------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|-------|
| 49   | Ondulitas en las lutitas de la Formación Labra  | 72°06'8.61"W  | 15°42'10.28"S | Sedimentológico-paleogeográfico | Científico, didáctico-educativo | Local |
| En el corte de carretera cerca de Chinini, se aprecian estructuras sedimentarias en capas de areniscas de la Formación Labra. Puede verse al costado de la carretera Cabanaconde-Huambo.   |   |               |               |                                 |                                 |       |
|    |   |               |               |                                 |                                 |       |
| 50   | Plegue anticlinal y falla inversa Hayakima      | 72°06'2.26"W  | 15°42'39.32"S | Estructural-tectónico           | Didáctico-educativo             | Local |
| Las secuencias sedimentarias afectadas por plegamientos y fallas están expuestas en un corte de la carretera entre Cabanaconde y Huambo.   |   |               |               |                                 |                                 |       |
|    |   |               |               |                                 |                                 |       |
| 51   | Laguna encantada o Haninchiwa o de tres colores | 71°47'51.57"W | 15°37'30.91"S | Geomorfológico-geodinámico      | Turístico                       | Local |
| Anfiteatro en forma de media luna que presenta una laguna en proceso de eutricación. Su origen se debe a filtraciones en las vertientes superiores. Se accede por una trocha carrozable desde Lari, hasta muy cerca de él donde existe un pequeño mirador. |   |               |               |                                 |                                 |       |
|    |   |               |               |                                 |                                 |       |




|  |  |               |               |                |                                 |          |
|--|--|---------------|---------------|----------------|---------------------------------|----------|
| 52   | Depósitos lacustres en contacto con avalancha de rocas Hualca Hualca | 71°47'47.37"W | 15°37'57.06"S | Geodinámico    | Científico; didáctico educativo | Nacional |
| Secuencias finas lacustrinas con estratificación fina laminar a oblicua (arenas, limos y arcillas) están cubiertas por un depósito caótico de bloques y material anguloso (avalancha) que cubren una superficie erosiva. Evidencian la existencia de más de un pulso originado por la avalancha sino de dos. |  |               |               |                |                                 |          |
|    |  |               |               |                |                                 |          |
| 53   | Depresión intralávica y laguna Pujro                                 | 71°51'47.32"W | 15°36'43.07"S | Geomorfológico | Turístico                       | Local    |
| Se observa una laguna temporal y la presencia de andenes a su alrededor sobre el substrato lávico, un paraje a un costado de la carretera entre Maca y Cabanaconde, camino al Mirador El Cóndor y vegetación arbustiva y cactácea en los alrededores.  |  |               |               |                |                                 |          |
|    |  |               |               |                |                                 |          |
| 54   | Discordancia angular Fm. Puente y lavas del Hualca Hualca            | 72°08'50.93"W | 15°41'6.09"S  | Estratigráfico | Científico, didáctico educativo | Local    |
| La meseta de Uncapampa está compuesta por lavas del Hualca Hualca y Andagua en posición subhorizontal que cubren discordantemente secuencias plegadas (anticlinales y sinclinales en chevron). Se accede por una trocha carrozable desde la vía Cabanaconde-Huambo, en dirección a Ajpi.                     |  |               |               |                |                                 |          |
|    |  |               |               |                |                                 |          |








|   |                                     |               |               |                |                                 |               |
|---|-------------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------------------------|---------------|
| 55  | Troncos fosilizados en Tururunca    | 72°10'30.75"W | 15°55'16.63"S | Paleontológico | Científico                      | Internacional |
| <p>Fragmentos de troncos fosilizados, recristalizados en areniscas de la Formación Hualhuani. Laderas circundantes en dirección noroeste con presencia abundante de bosques de puyas de Raimondi. Se accede desde la carretera Huambo-Pedregal por una trocha carrozable. Fragmentos similares han sido encontrados en el cauce del río Huambo. Su hallazgo contribuye al conocimiento de las paleofloras que habitaron el centro-oeste del supercontinente Gondwana del Jurásico-Cretáceo y confirma que <i>Metapodocarpoxylon</i> es un indicador temporal y paleogeográfico.</p> |                                     |               |               |                |                                 |               |
|   |                                     |               |               |                |                                 |               |
| 56  | Restos fosilizados de origen marino | 72°09'8.18"W  | 15°50'28.89"S | Paleontológico | Científico, didáctico educativo | Local         |
| <p>Niveles de las calizas de la Formación Arcurquina con abundantes restos fragmentados de conchas. Se accede desde la vía principal por una trocha carrozable a un costado de la laguna Llajuapampa. Esta colina sedimentaria es un mirador natural de los volcanes Marbas y su campo de lavas adyacente.</p>  |                                     |               |               |                |                                 |               |
|   |                                     |               |               |                |                                 |               |
| 57  | Hummocks El Molino- Maca.           | 71°45'55.32"W | 15°38'23.49"S | Geodinámico    | Científico, didáctico educativo | Local         |
| <p>Pequeña lomada compuesta por parte del depósito de avalancha de rocas que descendió por la quebrada Japo, sector conocido como Mirador El Molino (en Maca), que presenta grandes bloques de rocas volcánicas. Esta pequeña avalancha originó un embalse lateral que propició la acumulación de diatomitas en el sector de Maca.</p>  |                                     |               |               |                |                                 |               |
|   |                                     |               |               |                |                                 |               |

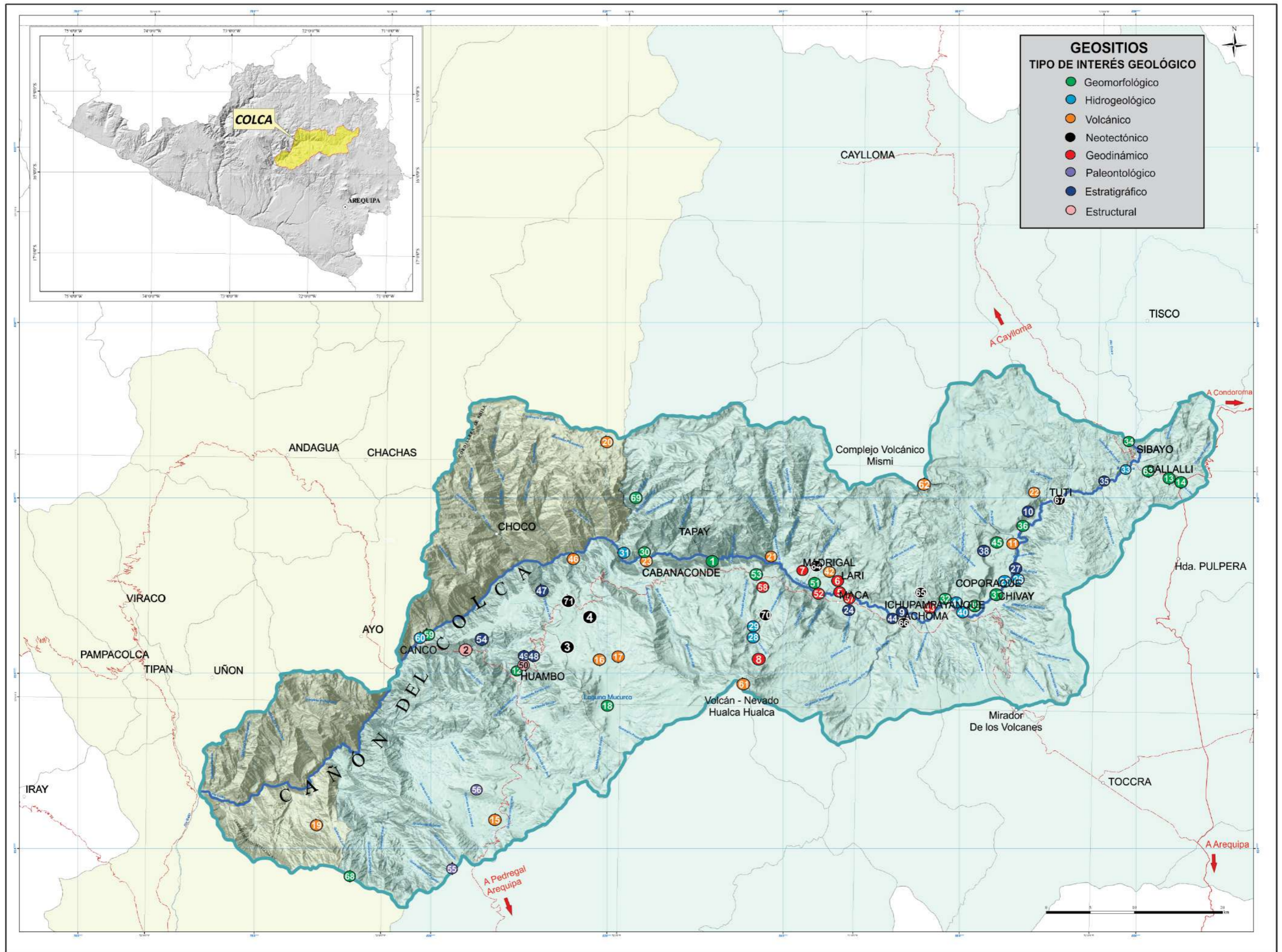
|  |   |               |               |                             |                                 |               |
|--|---|---------------|---------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------|
| 58   | Hummocks de la avalancha del Hualca Hualca. | 71°51'8.68"W  | 15°37'29.28"S | Geodinámico                 | Científico, didáctico educativo | Internacional |
| Depósito de la gran avalancha de rocas del Hualca Hualca. Que muestra la morfología típica de colinas o "hummocks" y grandes bloques de roca volcánica. Se pueden apreciar en la ruta al géyser de Pinchollo y también a un costado del control de Autocolca, antes de llegar al Mirador El Cóndor                                     |   |               |               |                             |                                 |               |
|    |   |               |               |                             |                                 |               |
| 59   | Cascadas de Juan Pablo II.                  | 72°12'21.13"W | 15°40'50.05"S | Geomorfológico-paisajístico | Turístico                       | Internacional |
| Cascadas en el río Colca, 1.4 km aguas arriba del anexo de Canco. Estratos horizontales de margas y calizas de la Formación Socosani, conforman el sustrato del lecho del río. La denominación fue dada por la misión Polaca en honor al Papa Juan Pablo II.   |   |               |               |                             |                                 |               |
|    |   |               |               |                             |                                 |               |
| 60   | Fuente termal Canco.                        | 72°12'44.42"W | 15°41'2.34"S  | Hidrogeológico              | Turístico                       | Local         |
| Manantiales termales en el lecho del río Colca en ambos márgenes que emanan en las terrazas aluviales que cubren el sustrato rocoso formado por margas y calizas de la Formación Socosani. Pozas artesanales de aguas termales usadas por la población local y turistas. Se llega a pie desde Canco por un sendero al costado del río. |   |               |               |                             |                                 |               |
|    |   |               |               |                             |                                 |               |

|   |   |               |               |                          |                       |               |
|---|---|---------------|---------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| 61  | Volcán-nevado Hualca Hualca.              | 71°53'18.56"W | 15°43'11.64"S | Geomorfológico-volcánico | Científico, turístico | Internacional |
| <p>Estratovolcán Barroso en la margen izquierda del Colca. Morfología volcánica con erosión glacial formando circos y valles glaciares, picos, depósitos morrénicos y glaciofluviales en sus vertientes. Presenta una gran superficie erosiva o escarpa en forma de media luna abierta en dirección noroeste (32 km de longitud). Corresponde a la estructura más antigua del complejo volcánico Hualca Hualca-Ampato Sabancaya. Usualmente se realiza trekking, por la ruta del géyser de Pinchollo. Sus lavas se extienden hasta el sector del Cañón entre Pinchollo-Canco al norte y noroeste, laguna Mucurca al oeste, y el río Sepina (Achoma) al este.</p>  |   |               |               |                          |                       |               |
|    |   |               |               |                          |                       |               |
| 62  | Volcán-nevado Mismi.                      | 71°39'48.48"W | 13°42'48.30"S | Geomorfológico-volcánico | Científico, turístico | Internacional |
| <p>Complejo de estratovolcanes en la margen derecha del Colca. Morfología volcánica con erosión glacial formando circos y valles glaciares, nevados (Mismi, Qehuisa, entre otros) y depósitos morrénicos. Gran extensión de productos volcánicos por más de 45 km que se extienden desde Tuti al este hasta el río Molloco en el lado oeste, en la margen derecha del río Colca. Constituye la divisoria de aguas continental hacia el lado norte con la cuenca del río Apurímac (nacientes del río Amazonas). Existen rutas de trekking desde Lari, así como trocha carrozables desde Lari, otra entre Tuti-Sibayo por Ran Ran y otra frente a Yanque, por encima del complejo arqueológico Uyo Uyo.</p> |   |               |               |                          |                       |               |
|   |   |               |               |                          |                       |               |
| 63  | Valle fluvial trenzado río LLapa/Pulpera. | 71°26'39.34"W | 15°30'8.80"S  | Geomorfológico           | Didáctico-educativo   | Local         |
| <p>6 km de un valle amplio de más de 200 metros de ancho con canales fluviales separados por barras longitudinales y pequeñas islas originados por la gran cantidad de descarga en las cabeceras del río Pulpera/Llapa, las cuales son estacionales. Esta morfología fluvial se denomina drenaje trenzado, pudiéndose apreciar por la vía Callalli-Sibayo</p>   |   |               |               |                          |                       |               |
|   |   |               |               |                          |                       |               |

|  |                        |               |               |                          |            |          |
|--|------------------------|---------------|---------------|--------------------------|------------|----------|
| 64   | Falla activa Madrigal. | 71°47'51.26"W | 15°36'13.63"S | Neotectónico-geodinámico | Científico | Local    |
| <p>Estructura geológica ubicada en la margen izquierda del río Colca, frente a la localidad de Madrigal. Presenta una longitud de 8 km con un escarpe bien conservado de 15 m de altura que afecta a los depósitos de avalancha de escombros y volcánicos recientes. Es una falla de tipo normal con dirección N165°E y buzamiento hacia el Sur. En este sector los depósitos lacustres presentan mayor deformación, esto probablemente asociado a la actividad de la falla.</p>                                 |                        |               |               |                          |            |          |
|    |                        |               |               |                          |            |          |
| 65   | Falla activa Yanque.   | 71°41'3.87"W  | 15°37'55.64"S | Neotectónico-geodinámico | Científico | Local    |
| <p>Falla que sigue una dirección NO-SE la cual puede observarse en ambas márgenes del río Colca. En la margen derecha, a 4800 msnm en pampa Arenal, presenta un escarpe de 2 metros de altura, afectando depósitos volcánicos y aluviales; formación de "sandpond". En la margen izquierda se observan facetas triangulares asociadas a la falla, con alturas de hasta 50 m; los depósitos lacustres se encuentran deformados por la actividad de la falla, indicándonos así una historia de reactivaciones.</p> |                        |               |               |                          |            |          |
|    |                        |               |               |                          |            |          |
| 66   | Sismitas Achoma.       | 71°42'25.88"W | 15°39'25.29"S | Neotectónico-geodinámico | Científico | Nacional |
| <p>Estructuras de deformación sísmica en sedimentos lacustres de la Formación Colca. En este sector, se pueden diferenciar hasta cinco niveles de sismitas en el corte de la carretera que expone una secuencia de depósitos lacustres debajo de las coladas de lava Achoma.</p>   |                        |               |               |                          |            |          |
|    |                        |               |               |                          |            |          |

|   |                          |               |               |                            |                                 |          |
|---|--------------------------|---------------|---------------|----------------------------|---------------------------------|----------|
| 67  | Sismitas Tuti.           | 71°32'18.51"W | 15°32'4.78"S  | Neotectónico-geodinámico   | Científico, didáctico educativo |          |
| Estructuras de deformación sísmica (replegamientos y fallas) en sedimentos lacustres de la Formación Colca expuestos en ambos márgenes del río Colca en el este sector de la Bocatoma Tuti y entre Tuti y Canocota. Se pueden apreciar en unos cortes expuestos al costado de la carretera entre Tuti y Chivay. |                          |               |               |                            |                                 |          |
|   |                          |               |               |                            |                                 |          |
| 68  | Centro volcánico Lucerna | 72°17'0.53"W  | 15°55'49.73"S | Geomorfológico-volcánico   | Científico                      | Nacional |
| Está ubicado en el límite de la cuenca; sin embargo, su mayor distribución de lavas expulsadas de este centro volcánico, se emplazan en dirección suroeste, por la quebrada Sicora (cuenca vecina) recorriendo 6.5 km de flujos de lava.  |                          |               |               |                            |                                 |          |
|    |                          |               |               |                            |                                 |          |
| 69  | Catarata Huaruro / Phure | 71°59'11.65"W | 15°32'23"S    | Geomorfológico-volcánico / | Turístico                       | Nacional |
| Río afluente en la margen derecha del río Colca con relieve abrupto, que genera espectacular caída de agua. Se accede por un camino de herradura, desde la carretera Cabanaconde-Tapay. Algunos suelen hacerlo a pie desde Cabanaconde con mediana gran dificultad.   |                          |               |               |                            |                                 |          |
|   |                          |               |               |                            |                                 |          |
| 70  | Falla activa Huayuray    | 71°51'11.64"W | 15°38'47.37"S | Neotectónico-geodinámico   | Científico                      | Local    |
| Dos escarpes de falla con dirección ENE-OSO que cruzan la quebrada Huayuray que afectan morrenas y depósitos de la avalancha del Hualca Hualca.   |                          |               |               |                            |                                 |          |

|   |  |               |               |                       |                                 |               |
|---|--|---------------|---------------|-----------------------|---------------------------------|---------------|
|   |  |               |               |                       |                                 |               |
| 71  | Trinchera de exploración neotectónica falla Solarpampa | 72°01'38.92"W | 15°38'23.87"S | Tectónico-estructural | Científico, didáctico-educativo | Internacional |
| <p>Una trinchera abierta en la falla Solarpampa ha permitido definir eventos paleosísmicos en el Colca. Esta será utilizada como un sitio didáctico-educativo y científico para las interpretaciones geológicas correspondientes en lo que tiene que ver con la recurrencia y peligro sísmico que afecta localmente la zona del Colca</p> |  |               |               |                       |                                 |               |
|   |  |               |               |                       |                                 |               |



Ubicación de geositos por tipo de interés geológico en la subcuenca del Colca entre Sibayo-Callalli y Andamayo

## **ANEXO II:**

Tours geoturístico guiado - zona propuesta como geoparque “Cañón del Colca y Valle de los Volcanes de Andagua, Arequipa” guía en el valle del colca: itinerario: Arequipa-Chivay-Tuti-Sibayo-Coporaque-Chivay-Yanque-Achoma-Maca-Cabanaconde-Huambo-Arequipa







### **TOURS GEOTURÍSTICO GUIADO**

#### **ZONA PROPUESTA COMO GEOPARQUE:**

**“CAÑÓN DEL COLCA Y VALLE DE LOS VOLCANES DE ANDAGUA, AREQUIPA”**

### **GUÍA EN EL VALLE DEL COLCA**

**ITINERARIO: AREQUIPA-CHIVAY-TUTI-SIBAYO-COPORAQUE-CHIVAY-YANQUE-ACHOMAMACA-CABANA CONDE-HUAMBO-AREQUIPA.**

**GEÓLOGOS GUÍA:** *Bilberto Zavala/ Lionel Fidel/Jersy Mariño/Carlos Benavente.*

**PARTICIPANTES:** *Expositores nacionales y extranjeros. Autoridades provinciales de Cailloma y Castilla, Gobierno Regional de Arequipa, Autocolca, Instituciones de Turismo y áreas naturales protegidas, Invitadas.*

## **PRÓLOGO**

*En las últimas tres décadas el mundo ha visto surgir el interés de la población en entender los procesos geológicos de una manera sencilla, así como el de profesionales de la geología como el caso del **INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET)**, en divulgar sobre el terreno diferentes aspectos geológicos, haciendo conocer el valor que nos ofrece la naturaleza, no solo como aspecto recreativo y de paisaje, sino como un auténtico laboratorio natural de aprendizaje.*

*Generalmente los aspectos paleontológicos y los fenómenos catastróficos, por sus contenidos espectaculares y documentales vistos en programas de televisión, son los que más atraen a la población. Sin embargo, hoy el público puede darse cuenta que cualquier montaña, colina, valle, cañón, quebrada, meseta, bosque de rocas, pared rocosa, etc., puede develarnos secretos interesantes que nos hacen comprender o entender el legado o herencia del planeta Tierra a la humanidad en su conjunto.*

*Paralelo a esto, algunos lugares en el mundo y de nuestro país contienen aspectos del patrimonio geológico y geodiversidad, que les permite ser promovidos por autoridades locales, comunidades, regiones, apostándose en ellos, además del turismo cultural, ecoturismo, en el geoturismo como un producto a ser incorporado como oferta de desarrollo bajo la figura de un espacio reconocido por **UNESCO** denominado, geoparque.*

*La región **AREQUIPA**, ubicada en la zona suroccidental de Perú, alberga un sinnúmero de lugares que encierran en su territorio aspectos geológicos, geomorfológico-paisajísticos, paleontológicos, tectónicos, volcánicos, de patrimonio minero, culturales, arqueológicos, biodiversidad, cultura viva, etc. Uno de ellos en especial es el “**CAÑÓN DEL COLCA Y VALLE DE LOS VOLCANES DE ANDAGUA**”, el cual se ha convertido en los últimos años en un ícono turístico de las provincias de Cailloma y Castilla, el cual se encuentra abierto al público, a través de la **AUTORIDAD AUTÓNOMA DEL COLCA**, ente rector de las actividades turísticas en estos lugares, donde es necesario emprender y fomentar programas de educación, turismo, medio ambiente que conlleven a la postulación del primer geoparque nacional a la red global, bajo los aspectos que contempla su establecimiento, administración y gestión.*

*En esta guía se describen algunas de las paradas de interés natural y cultural (geológico, arqueológico, histórico-cultural) para la presente visita, accesibles desde las carreteras principales y con escasos recorridos cortos, para apreciar aspectos puntuales o de detalle. Permiten tener una visión de los aspectos de evolución geológica del valle del Colca entre Sibayo-Callalli (parte alta) y Andamayo (hasta el sector de Huambo).*

*El objetivo de esta visita como complemento al **PRIMER SIMPOSIO DE GEOPARQUES, PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEOTURISMO**, es mostrar a expertos internacionales y nacionales algunos atractivos geológicos, aspectos arqueológicos y de biodiversidad, aspectos turísticos convencionales, que permitan resolver algunas inquietudes o dudas de interpretar lo que observaremos en el terreno. Las rutas no están establecidas aún, faltando implementar una señalización adecuada con paneles interpretativo-didácticos. Creemos que las observaciones realizadas insitu con expertos de otros países, con amplia experiencia, resolviendo algunas dudas, permitan que tanto autoridades locales y profesionales nacionales que nos acompañan, tengan una visión para elaborar una hoja de ruta o plan de trabajo adecuado para el desarrollo de un geoparque, a través de un turismo con autenticidad del Colca y Andagua, llevándolos a viajar a través del tiempo geológico, conociendo los tipos de rocas, paisajes, aspectos geológicos puntuales, aspectos culturales relevantes, aspectos humanos, de inclusión, fortalezas y debilidades que tener en cuenta para alcanzar el sueño de nuestro primer geoparque en Perú.*

**Bilberto Zavala.**

## INTRODUCCIÓN

El Cañón del Colca y valle de los volcanes de Andagua presenta una geomorfología propia de la cordillera occidental del sur de Perú, principalmente volcánica que se expone en la zona suroccidental del país, en la región Arequipa, zona central de la cordillera de Los Andes, localmente conocida como Cordillera del Barroso. Está ubicado a pocos km de la ciudad de Arequipa, segunda ciudad en importancia de Perú.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), organismo correspondiente las funciones de un servicio geológico nacional, tiene entre sus funciones realizar estudios que permitan identificar y regular las zonas que en razón de la presencia de patrimonio geológico puedan considerarse áreas protegidas o constituir geoparques.

El Valle del Colca ha colocado a Arequipa en los últimos años en un importante destino turístico de nuestro país. Presenta paisajes volcánicos, aguas termales, nevados, lagunas, fallas geológicas, restos prehispánicos y coloniales importantes. Una de sus características principales es la presencia del gran **CAÑÓN DEL COLCA**, considerado entre los más grandes y profundos del planeta. Asimismo son escasas las zonas en el mundo donde la ocurrencia de conos volcánicos de tipo monogenético y estromboliano de edad Plio-pleistocena a Reciente, lavas fisurales y coladas de lavas diacrónicas recientes, ocupen morfoestructuralmente valles fluviales y/o fluvio-glaciares. Esta majestuosa particularidad de geodiversidad está presente en nuestro país, siendo conocidos los **VALLES DE LOS VOLCANES DE ANDAGUA-ORCOPAMPA-SORA Y HUAMBO**, así como otros sectores del valle del colca como Huambo-Gloriahuasi, valle del río Molloco, valle del Colca entre Tuti-Coporaque y la zona entre Cabanaconde-Huambo, paralela al cañón del Colca, región Arequipa, sur de Perú.

El Colca es visitado por cientos de turistas cada año y en especial en los últimos 11 años. Actualmente se ha convertido en uno de los principales atractivos turísticos de Arequipa y del país recibiendo anualmente más de 180,000 turistas. Su participación como destino turístico de visitantes extranjeros era para el año 2004 del 42% de total para la región Arequipa. A pesar de ubicarse a más de 100 Km de la

capital, y teniendo en cuenta su difícil acceso, ello no ha limitado el creciente interés de los visitantes hacia este atractivo.

Este espacio ubicado en la parte sur de los Andes peruanos, alberga una historia y registro geológico importante con rocas desde el período Precámbrico (540 millones de años al presente). Estas características lo hacen tener una geodiversidad importante, donde a nivel de sierra (valles y montañas) y altiplanicie cordillerana, expone rocas, estructuras geológicas, paisajes y geoformas de diferentes ambientes de origen y paleogeografía que ayudan a interpretar la evolución geológica del territorio. Una cordillera con episodios de acumulación marina y continental, extensa y compleja actividad volcánica, sismicidad, intrusiones ígneas y procesos de metamorfismo y fases tectónicas marcadas, etc., representan aspectos de patrimonio natural o geológico, de interés no solo para la investigación científica, sino también de carácter didáctico e impulso para el desarrollo del geoturismo en nuestro país y en especial de Arequipa, segundo departamento en importancia de Perú.

Adicionalmente la presencia ancestral de culturas inca y pre-inca con importante legado de restos arqueológicos (chullpas, andenerías y ciudadelas), el desarrollo geológico-minero en particular de la zona con la explotación de minerales metálicos (Plata y oro), desde la década de los años 60', complementan e enriquecen este geoparque.

Difundir el Colca y Andagua a través de información científica referente a su geodiversidad y patrimonio geológico; con un mejor entendimiento de los procesos y elementos geológicos que se encuentran en su espacio geográfico y la génesis del paisaje, permiten cumplir con uno de los objetivos de INGEMMET, el difundir las ciencias geológicas e impulsar estos lugares como geoparques nacionales, para un aprovechamiento turístico sostenible, incluyendo e integrando a las comunidades locales en su gestión de uso y, beneficio económico así como en su conservación, y en un futuro cercano postularlos a UNESCO como un geoparque.

## PRIMEROS ESTUDIOS GEOLÓGICOS EN EL VALLE DEL COLCA Y VALLE DE LOS VOLCANES DE ANDAGUA

Se remontan a 1831, cuando unos exploradores norteamericanos de la Sociedad Geográfica de New York, realizaron un primer recorrido que fue objeto de reportaje y publicación.

En 1928 y 1930 los aviadores norteamericanos Robert Shippe y Georg R. Jhonson, volaron sobre el valle de Majes y percibieron la forma asombrosa del Cañón del Colca. En 1932, el gobierno obtuvo las primeras fotografías aéreas del Valle de los Volcanes, y dos años después, la revista "National Geographic" publica un artículo donde menciona que hay volcanes apagados y otros que podrían reactivarse.



Los primeros reconocimientos geológicos de Andagua, corresponden al estudio de Hoempler en 1962, publicado en la Sociedad Geológica del Perú. Hoempler (1941), efectúa levantamientos topográficos de la carta nacional y realiza importantes observaciones geológicas; diferencia cuatro períodos de actividad eruptiva y refiere la existencia de 36 pequeños conos volcánicos a los que denomina “**volcanes adventicios o volcanes de ceniza**”. Posteriormente en 1955 el geógrafo francés Gonzalo de Reparaz informa acerca de la existencia del gran cañón del Colca en la revista “Correo” de la UNESCO y la incluye en su guía<sup>1</sup>. En su reporte coincide con los miembros de la Sociedad Geográfica de Nueva York, que indican que el cañón del Colca tiene el doble de la profundidad que el del Colorado en Estados Unidos, por lo que sería considerado uno de los de mayor profundidad en el mundo.

En 1978 el explorador catalán José María Arias, bajó por tierra desde Huambo y descendió hasta el río Colca. Se sorprendió al notar rastros de ruinas. En junio de 1979 se realiza una expedición estudiantil polaca, a la cual se denomina CANOANDES' 79. En la publicación del libro “In Kayak Through Perú”–Deportes y aventuras en Ríos del Perú, publicado gracias al apoyo de FOPTUR, tras la primera expedición polaca en el cañón, se da cuenta que el Colca es una maravilla mundial, con riqueza natural y cultural.

Las investigaciones geológicas de la Carta Geológica Nacional, se realizaron por primera vez en el Colca en 1973. Las hojas de los cuadrángulos de Huambo (32-r) y Orcopampa (31-r) (reinterpretadas por Romero *et al.*, 2003 y Lajo, A., en el 2001, respectivamente), fueron publicadas por INGEMMET en 1994. Posteriormente en el Proyecto Integrado del Sur con una misión inglesa, fueron cartografiados los cuadrángulos de Chivay (32-s), Callalli (32-t), entre otros (Klinck & Palacios, 1985; Quispesivana y Navarro reinterpretan la hoja de Chivay en el 2001). La hoja de Cailloma (31-s), que abarca parte del área estudiada fue efectuada por Dávila, D. (1988). Las publicaciones de estos cuadrantes geológicos realizan importantes alcances de la geomorfología, estratigrafía, tectónica y geología histórica del área.

En 1984 la revista Record Güines, declaró al Valle del Colca como el cañón más profundo de la zona. Entre el 2003 y 2010 llegaron a Perú siete expedicionarios con científicos de varias especialidades, de diversas universidades de Polonia. Resultados de estos estudios han sido publicados en “GEOLOGÍA 2008” y traducidos posteriormente por la Sociedad Geográfica de Lima. Entre los diferentes artículos de este libro se hacen una serie de contribuciones geológicas, geomorfológicas y geoturísticas; incluyen la propuesta de creación de un futuro “Parque Nacional” que incluye el cañón del Colca y el valle de los volcanes de Andagua. La expedición Colca Cóndor 2008-2009 incluyó el descenso de los primeros 20 km e inicio del cañón entre

Madrigal y Sangalle, aún inexplorados hasta esa fecha, el cual es conocido como una de las fronteras salvajes del mundo (Majechereczyk, J., 2010). Otras contribuciones específicas en temas geológicos, vulcanológicos, estructurales que ayudan a esta interpretación corresponden a los de Tosdal, *et al.*, 1981; Sébrier, *et al.*, 1988; Schildgen, *et al.*, 2005; Paquereaau – Lebit, *et al.*, 2006; Thouret, *et al.*, 2007; Thouret, *et al.*, 2008; Mariño, *et al.*, 2012; Rivera, *et al.*, 2012, entre otros; Zavala & Mariño, 2009, entre otros.

## HISTORIA GEOLÓGICA DEL ÁREA

La geología se ayuda de la información que guardan las rocas, estratos con fósiles o estructuras sedimentarias, etc., que permiten interpretar los diferentes episodios en su evolución. Algunos vacíos no registrados en este lugar se deducen extrapolando las características geológicas encontradas en lugares vecinos, a veces lejanos. Este rompecabezas ayudado de diferentes disciplinas geológicas y quizás futuras investigaciones darán a luz mayor información sobre algunos vacíos o hiatos existentes sobre la formación del paisaje actual del valle y cañón del Colca. A continuación se enumera los principales episodios de la evolución geológica del valle y cañón del Colca.

|  |
|--|
| 1. Basamento intrusivo-metamórfico ( <b>Complejo Metamórfico Majes-Colca</b> ): las rocas más antiguas expuestas en el cañón del Colca (540 MM a).   |
| 2. Transgresión mesozoica durante el jurásico medio ( <b>Fms. Chocolate y Socosani</b> ; 174-200 MM a).  |
| 3. Ambiente marino-litoral en el jurásico-cretácico (150 a 100 MM a): <b>Formación Puente; Formación Cachíos; Formación Labra; Formación Hualhuani, Formación Gramadal.</b>  |
| 4. Regresión leve en el cretáceo inferior con sedimentación litoral y continental ( <b>Capas Rojas Murco</b> , de edad albiana; 100-113 MM a).   |
| 5. Nueva transgresión y ocupación de mar somero en el cretáceo superior ( <b>Calizas Arcurquina</b> , el Albiano medio-Turoniano; 90-105 MM a).  |
| 6. Retiro paulatino del mar cretácico, lagunas y abanicos aluviales en el cretáceo superior (capas rojas, niveles de evaporitas de la <b>Formación Ashua</b> del Cretáceo superior (72-66 MM a).   |
| 7. Levantamiento y primera fase de la tectónica andina: cuerpos intrusivos cretácico-paleógenos y sedimentación continental <b>Huanca</b> paleógena. “Fase tectónica Peruana” (66-56 MM a.)  |
| 8. Levantamiento tectónico e intensa actividad volcánica en el mioceno: la fase volcánica Tacaza (entre 23 y 11 MM a); <b>flujos de lava e ignimbritas y volcanoclásticos Grupo Tacaza</b>   |
| 9. Primera generación de estratovolcanes del plioceno: el volcanismo Barroso entre 6 y 4 MM a: <b>Grupo Barroso Inferior con una intensa actividad volcánica efusiva y piroclástica extendida en gran parte el sur del país.</b> Edificios volcánicos Mismi y Bomboya. Complejo volcánico Huarancante; Estratovolcán Ananta; |
| 10. Segunda generación de estratovolcanes, entre 4 y 2   |

<sup>1</sup> Gonzalo de Reparaz, fue el autor de los primeros mapas cartográficos y la primera guía turística oficial de Perú, por encargo de la UNESCO. Se desplaza por el territorio nacional y escribe entonces el libro “Los ríos de la zona Árida peruana.

|  |
|--|
| MM a: el <b>volcanismo Barroso superior</b> . Actividad volcánica, principalmente de carácter efusiva (lávica). Se emplazan nuevos complejos volcánicos (Hualca Hualca).   |
| 11. Cañón del Colca: primera etapa de incisión del cañón, poco antes de 1.6 MM a   |
| 12. Colapso del flanco norte del Hualca Hualca, <b>emplazamiento de avalancha de escombros y formación del paleolago del Colca</b> , entre Pinchollo y Yanque  |
| 13. <b>Emplazamiento de flujos de lava y segunda etapa de incisión del cañón del Colca</b> , entre 0.65 y 0.61 MM a: volcanismo reciente. Flujos de lava "colgados" en las pendientes del valle (Achoma), sobre depósitos lacustres datado en 0.61 MM a y flujos de lava cerca de Yanque, datado en 0.65 MM a. Formación de terrazas conformadas por secuencias proluviales y aluviales (abanicadas), en la zona de Maca entre los 3400 y 3600 msnm. |

MM a: Millones de años.

## SÍNTESIS GEOLÓGICA Y GEODIVERSIDAD DEL ÁREA

El área propuesta como un geoparque se extiende para el sector del Colca desde las alturas de Sibayo-Callalli hasta la confluencia del río Colca con el río Capiza, en el sector de Andamayo. En esta porción del valle el río principal recorre aproximadamente 160 km y atraviesa rocas volcánicas, sedimentarias, ígneas y metamórficas; sedimentos aluviales, proluviales, fluvio-glaciares, fluviales y lacustres.

Hacia el norte colinda con el valle de los volcanes de Andagua (la otra porción del geoparque) que desciende en forma diagonal de norte a sur, que incluye gran parte de la subcuenca del río Andagua-Orcopampa. El límite del geoparque corresponde a la divisoria de aguas (lado este y oeste del valle), a excepción del lado norte, donde está marcado por la culminación de áreas con volcanismo lávico reciente, sin cubrir las nacientes y cuenca alta de los ríos Misapuquio, Umachulco y Huancarama, parte de esta subcuenca.

El trabajo paulatino de las aguas del río Colca, sobre un substrato rocoso y depósitos superficiales, en una porción de la región levantada paulatinamente por la tectónica andina, ha originado un valle encañonado con disposición irregular y dirección promedio este-oeste, limitado por vertientes altas conformadas por estrato-volcanes cenozoicos en su porción central.

Al extremo oeste, aguas abajo de Pinchollo, se extiende el cañón del Colca formado por la erosión hídrica a lo largo de una estructura tectónica que corta un macizo de más de 5,000 metros conformado por rocas y estratos del Precámbrico, Paleozoico y Jurásico-Cretácico en la base o fondo del cañón; éstas últimas se hacen conspicuas aguas abajo de Canco. Aguas arriba y hasta Pinchollo, se sobreponen grandes acumulaciones volcánicas del Cenozoico rellenando el valle. Hacia sus flancos edificios volcánicos flujos de lavas y piroclásticos. La morfología actual modificada en estas estructuras originales muestra geofomas de origen glaciar heredadas del Pleistoceno.

|  |
|--|
| 14. Avalancha de rocas en la quebrada Japo: <b>paleo-lago en maca y depósitos de diatomitas</b> .  |
| 15. <b>Flujos y campos de lavas fisurales</b> en el valle del Colca, valle de Andagua-Sora-Orcopampa, valle de Huambo-Gloriahuasi, Cabanaconde-Huambo-Canco; Río Molloco, Cordillera Shilla, Canocota-Coporaque (paleolago aguas arriba de Canocota), asociados al vulcanismo Andagua y tercera etapa de incisión del cañón del colca, entre 0.53 y 0.2 MM a. Centros eruptivos localizados (conos monogenéticos y domos de lavas) que generaron una gran efusión de lavas fisurales en zonas de pisos de valle del río Colca, zonas altiplánicas y piedemontes aluviales que descienden hacia el Colca. |
| 16. <b>Morfología actual</b> : procesos geodinámicos (deslizamientos), retroceso glacial, paisaje actual y desarrollo del hombre. Actividad volcánica de los volcanes Ampato-Sabancaya.  |

Detrás de este macizo, se emplazó durante el Pleistoceno una gran barrera de material caótico, el cual puede apreciarse desde mina Madrigal hasta Maca, producto de una avalancha volcánica que ocurrió en el Hualca Hualca, la cual originó un gran paleolago en el lado oriental, extendido hasta Yanque. Testigos de este evento son los grandes depósitos aluvio-lacustres que hoy constituyen terrazas y andenerías agrícolas y áreas poblacionales a ambos márgenes del valle del Colca. El desagüe posterior de este lago formó varios niveles de terrazas que hoy se encuentran por encima y a ambos lados del valle.

Entre Coporaque y Canocota, la actividad volcánica Cenozoica y reciente, se manifiesta tanto en las vertientes como en el piso de valle, como coladas lávicas. La erosión fluvial ha labrado sobre ellas pequeños cañones (Chivay y Lunta) y mesetas con acantilados abruptos. Estos emplazamientos volcánicos originaron además detrás de Canocota un paleolago menor. La posterior sedimentación durante el tiempo de vida del lago, se extienden aguas arriba entre Tuti y Sibayo. Las vertientes rocosas del valle exponen aisladamente afloramientos de rocas sedimentarias y grandes sectores con acumulaciones volcánicas cenozoicas del Tacaça y Barroso (Mioceno al Plio-Pleistoceno). La actividad hidrotermal asociada a esta cadena volcánica se manifiesta con fuentes termales presentes en el piso de valle, donde manantiales afloran de estratos de areniscas y volcánicos fracturados de los Grupos Yura y Tacaça.

El suelo en el valle del Colca es predominantemente aluvial, lacustre, proluvial con fragmentos en un gran porcentaje de material volcánico; suelos residuo-coluviales producto de la meteorización de rocas volcánicas y en menor porcentaje intrusivas y sedimentarias. Estas características, le confieren una fertilidad natural al suelo, propiedad que incentivó a los antiguos peruanos en la construcción de andenes, muchos de los cuales siguen siendo utilizados en la actualidad, y también muchos otros están siendo afectados y abandonados por falta de conservación. Todo este material sedimentario de edad Plio-cuaternaria, generalmente de textura limosa y arenosa, es poco compacto o consolidado,

lo que facilita la formación de cárcavas y grandes deslizamientos en ambos lados del valle que generan pérdidas de suelos agrícolas, áreas urbanas y carreteras (sectores de Maca, Madrigal, Lari, Ichupampa, Canocota, Ichupampa, Canocota, etc.)

Evidencias de una actividad volcánica reciente en gran escala y con buena exposición pueden identificarse entre Chivay-Coporaque, Huambo-Cabanaconde y algunas vertientes del cañón entre Canco y Andamayo (margen izquierda) donde existen campos de lavas basálticas y centros volcánicos, incluyendo conos monogenéticos; flujos de lava en la parte baja de Achoma, depósitos de diatomitas en Maca, depósito de ceniza volcánica blanca. Esto se hace extremadamente conspicuo en el valle de volcanes de Andagua desde el río Colca aguas arriba, pasando por Ayo, Sucna, Chachas, Andagua, Orcopampa y el valle afluente río Sora. Las partes altas de Chachas también presentan campos de lavas y conos monogenéticos cerca de la cordillera de Shilla.

Elementos geológicos como estructuras geológicas (fallas, pliegues), paisajes geomorfológicos (de origen volcánico, fluvial, glaciar, gravitacional), lugares con elementos paleontológicos, etc., de significativo valor para reconocer, estudiar e interpretar la historia y la evolución geológica de esta región. Esta memoria de la evolución de la Tierra, almacena una valiosísima información acerca de los climas, ecosistemas y los paisajes del pasado.

El **patrimonio geológico** existente es muy valioso. Sus grandes unidades geológicas expuestas provienen de una

lenta evolución de océanos o mares antiguos y territorios continentales (**diversidad paleogeográfica**) diferentes en posición y extensión a los actuales. Alberga una representación de los tipos principales de rocas conocidas en el planeta (**diversidad litológica**) utilizadas en las construcciones antiguas y modernas, con edades que abarcan un extenso lapso en la escala del tiempo geológico, desde el Precámbrico, Jurásico, Cretácico, Paleógeno-Neógeno hasta los tiempos actuales (**diversidad cronológica**).

Muestras representativas de múltiples y variados ambientes sedimentarios (continentales y marinos) y biológicos, con registros fósiles, que comprende formas de vida mesozoicas principalmente (**diversidad paleoecológica y paleontológica**). Es posible reconocer también diversos tipos de eventos y procesos tectónicos (fallas y pliegues antiguos; fallas activas y sismitas), magmáticos (stocks intrusivos) y de tres generaciones o episodios volcánicos principales (**diversidad neotectónica y estructural**).

Todo esto, modelado en superficie por diversos procesos morfogenéticos, desde relictos sistemas glaciares en las divisorias de aguas, sedimentos aluvio-lacustres en los pisos del valle, hasta piedemontes aluvio-torrenciales en el lado oeste del área; volcanes monogenéticos, estrato-volcanes y domos o centros volcánicos menores que ocupan laderas y valles; valles estructurales asociados a pliegues o fallas; ambientes glacio-volcánicos, glacio-fluviales, gravitacionales y denudacionales de media y alta montaña; sistemas fluviales de ríos principales y tributarios en subcuencas y microcuencas (**diversidad geomorfológica y paisajística**).

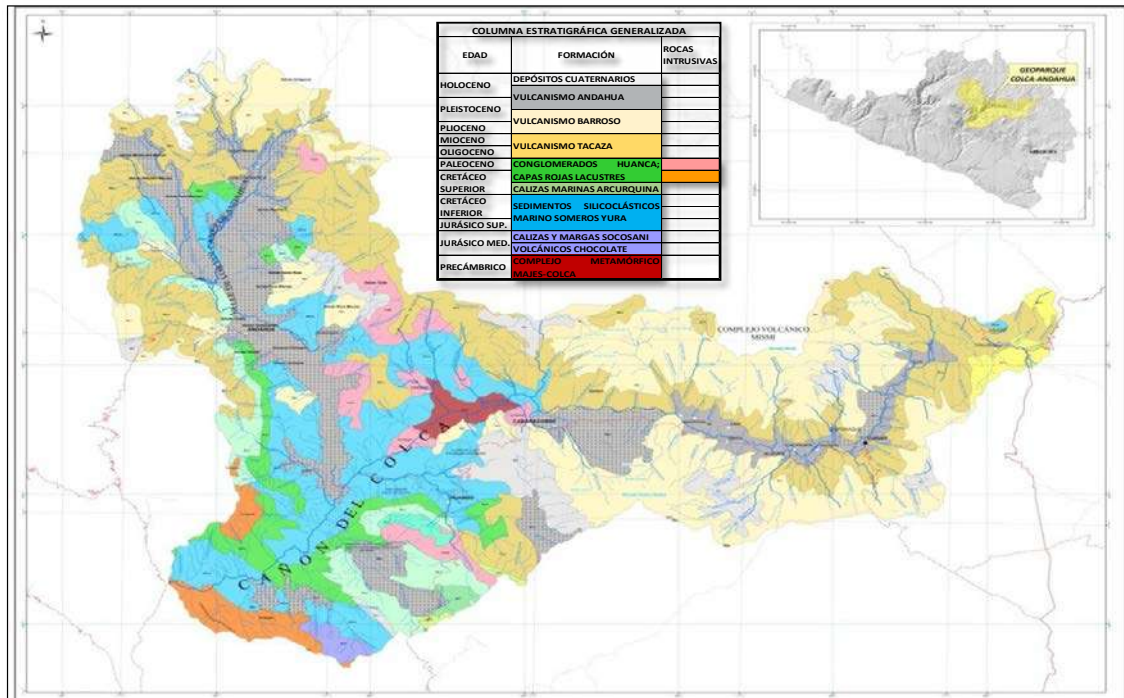
TABLA 1. DIVERSIDAD GEOLÓGICA EN LA SUBCUENCA DEL COLCA.

| 1.- TECTÓNICA Y ESTRUCTURA        |                                      |  |   |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| TECTÓNICA                         | Caledoniana                          | Separación en bloques de afloramientos metamórficos del precámbrico                                    |   |
|                                   | Peruana                              | Distensiva y compresiva  |   |
|                                   | Andina                               | Compresiva   |   |
|                                   | Neotectónica                         | Sistema de Fallas Huambo-Cabanaconde   |   |
| ESTRUCTURAL                       | Fallamiento en bloques               | Anticlinales y sinclinales abiertos; fallamientos en bloques y alineamientos de volcanes monogenéticos |   |
|                                   | Zona comprimida                      | Pliegues volcados y fallas de empuje de alto ángulo; anticlinales en echelón                           |   |
|                                   | Batolito de la Costa                 | Fronte occidental andino NO-SE emplazado por fallamiento asociados a bloques del complejo cratónico    |   |
| 2.- ELEMENTOS LITOESTRATIGRÁFICOS |                                      |  |   |
| CRONOLOGÍA Y FACIES               | UNIDAD GEOLÓGICA                     | LITOLOGÍA  |   |
| Mesozoico                         | Precámbrico                          | Complejo Majes-Colca   | Ortogneis granítico; micaesquistos  |
|                                   | Jurásico medio                       | Formación Chocolate  | Brechas volcánicas; niveles de coladas andesíticas.   |
|                                   |                                      | Formación Socosani   | Lutitas negras con nódulos calcáreos; calizas gris oscuras  |
|                                   | Jurásico superior-Cretácico inferior | Formación Puente   | Areniscas verdes y pardas y lutitas negras  |
|                                   |                                      | Formación Cachíos  | Lutitas gris oscuras; esporádicas capas de areniscas.   |
|                                   |                                      | Formación Labra  | Areniscas blancas y grises; niveles de lutitas negras y grises.   |
|                                   |                                      | Formación Gramadal   | Lutitas; calizas  |
|                                   |                                      | Formación Hualhuani  | Areniscas cuarzosas con laminaciones oblicuas.  |
|                                   | Cretáceo inferior                    | Formación Murco  | Areniscas rojas; lutitas rojas y verdes; yesos y calizas  |
|                                   | Cretáceo inferior-superior           | Formación Arcurquina   | Calizas grises y cremas; chert, niveles de lutitas.   |
|                                   |                                      | Formación Ashua  | Areniscas rojas, lutitas rojas y verdes; calizas y yesos.   |
|                                   |                                      | Formación Seraj  | Areniscas rojas, lutitas rojas y verdes; calizas y yesos.   |
|                                   | Cenozoico                            | Oligoceno  | Formación Huanca  |
| Mioceno                           |                                      | Grupo Tacaza   | Tobas riolíticas a dacíticas andesítica; brechas volcánicas y coladas de lavas andesíticas; niveles de conglomerados. |
| Cuaternario                       | Plioceno-Pleistoceno                 | Grupo Barroso  | Coladas volcánicas andesíticas, brechas volcánicas, tobas soldadas y conglomerados.                                   |
|                                   |                                      | Dep. morrénicos  | Bloques y gravas sub-angulosas; matriz limosa.  |
|                                   | Pleistoceno                          | Dep. de deslizamientos   | Bloques; matriz de gravas y arenas tobáceas.  |
|                                   |                                      | Aluviales y proluviales  | Gravas, arenas, limos y arcillas.   |
|                                   |                                      | Grupo Andagua  | Andesitas basálticas  |
|                                   |                                      | Depósitos lacustres  | Arenas, arcillas, limos; niveles de gravas.   |
|                                   |                                      | Dep. de travertinos  | Travertinos   |
|                                   |                                      | Coluvio-deluviales   |   |
|                                   | Holoceno                             | Aluviales  | Gravas, arenas y limos  |
|                                   | 3.- ELEMENTOS BIOESTRATIGRÁFICOS     |  |   |
| CRONOLOGÍA Y RESTOS FÓSILES       | EDAD                                 | ESPECIES   |   |

|                   |       |                      |  |
|-------------------|-------|----------------------|--|
| Cretáceo inferior | Fauna | Kimmeridgiano        | <i>Astrocoenia</i> ; <i>Cladophlebis denticulata</i> (BRONGNIART);   |
|                   |       | Albiano              | <i>Fimbria lucinoides</i> GERHARDT; Otozamites cf. O. neumanni ZEILLER del Neocomiano inferior, Otozamites sp. del Neocomiano y fragmentos de tallo Equisetales ind. Del Jurásico Cretácico, edad Barremiano-Albiano inferior  |
|                   | Flora | Turoniano-Coniaciano | <i>Exogyra minus</i> (Albiano medio); <i>Tetragramma malbossi</i> (Agassiz) y <i>Holectypus (Caenholectypus) planatus</i> var. <i>Numismalis</i> (Albiano superior); <i>Neolobites</i> sp. (amonite); <i>Salenia</i> (equinoideos) del Cenomaniano superior; <i>Hemiaster</i> cf. <i>Texanum</i>   |
|                   |       |                      | Echinoidea género <i>Psammochinus</i> sp. (reportado por primera vez en Perú) asociado a la <i>Tissotia steimani</i> ; <i>Natica</i> y <i>Natica</i> sp., <i>Euspira</i> (Agassiz) y <i>Euspira</i> sp.; <i>Acteonella</i> sp. y <i>Nerinea</i> sp., asociados a la <i>Tissotia Steimani</i> .<br><i>Tylostoma</i> f. <i>T. Cossioni</i> THOM PER, <i>Natica</i> sp. y <i>Exogyra arietina</i> F. ROEMER, <i>Flavenilia desvauxi</i> COQUAND, <i>Vepricardium pulehrum</i> BRUGEN. |
|                   |       |                      | <i>Metapodocarpoxylon Dupéron-Laudoueneix et Pons</i> (Podocarpaceae). Este taxón tiene una distribución temporal y geográfica restringida, es endémico del norte del Gondwana y corresponde a un rango temporal desde el Jurásico Medio al Cretáceo. El hallazgo de este género en la Formación Hualhuani, contribuye como un indicador temporal, geográfico y paleoclimático.  |

| 4.- ELEMENTOS MORFOESTRUCTURALES     |   |  |   |
|--------------------------------------|---|--|---|
| CRONOLOGÍA Y UNIDAD MORFOESTRUCTURAL |   | GEOFORMAS CARACTERÍSTICAS  | UNIDAD GEOMORFOLÓGICA   |
| Precámbrico-Mesozoico                | Cordillera de la Costa                  | Laderas con pendiente pronunciada en el sector del cañón del Colca.  | Laderas disectadas en rocas metamórficas  |
|                                      |   | Resalte de estratos o cuestras; Cabeceras de cárcavas; vertiente con cárcavas; interfluvios  | Laderas de montañas y colinas estructural-denudacionales en rocas sedimentarias |
| Meso-cenoico                         | Cordillera Andina                       | Cabeceras de cárcavas; vertientes con cárcavas   | Laderas de montañas y colinas erosionadas en rocas plutónicas                   |
|                                      |   | Circo glaciar; circo glaciar degradado; vertiente con cárcavas.  | Laderas y mesetas volcánicas erosionadas en flujos de lavas y volcánoclasticos  |
|                                      |   | Planicies  | Colinas, lomadas y mesetas ignimbríticas  |
| Paleógeno-Cuaternario                | Relleno deposicional plio-cuaternario   | Escarpe o barranco mayor a 200 m; depresión intralávica; Colada de lava; Escarpe en frente de flujo de lava; cicatriz de deslizamiento inducido por actividad volcánica. | Laderas y mesetas con flujos de lava asociados a estratovolcanes                |
|                                      |   | Cono monogenético; centro de emisión volcánico; Escarpe de falla.  | Coladas o campos de lavas basalto-andesíticas                                   |
|                                      |   | Escarpas de deslizamiento; depósito de deslizamiento; crestas morrénicas; depósitos aluviales.   | Vertiente glaciofluvial   |
|                                      |   |  | Morrenas  |
|                                      |   |  | Vertiente con depósitos de deslizamiento  |
|                                      |   |  | Vertiente de detritos indiferenciada  |
|                                      |   |  | Vertiente aluvio lacustre   |
|                                      | Planicie o piedemonte fluvio-torrencial |  |   |
|                                      | Abanicos de piedemonte                  |  |   |
|                                      | Cauce fluvial o llanura inundable       |  |   |
|                                      | Planicies de travertinos                |  |   |
|                                      | Terrazas aluviales                      |  |   |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo e información geológica bibliográfica.



### EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y UNIDADES DEL PAISAJE EN EL CAÑÓN DEL COLCA Y DE LOS VOLCANES DE ANDAGUA

La determinación de geoformas existentes en un área es fundamental para evaluar el paisaje de cualquier región, además de ser una herramienta primordial para el análisis de los procesos ocurridos en el Cuaternario (movimientos en masa, actividad volcánica o tectónica recientes).



El área en general de la vertiente Pacífica sur muestra tres unidades fisiográficas diferenciadas: **Una zona de altiplano por encima de los 4000 msnm con vertientes montañosas elevadas y abruptas asociadas a edificios volcánicos, un sector de rampa, desnivel o vertiente muy disectado o erosionado y una zona costera (diferente de la zona central y norte de Perú) sobreimpuesta a una cordillera antigua erosionada.** Un fuerte desnivel en menos de 150 km de longitud separa la zona altiplano-cordillerana y la costa Pacífica, un fuerte encajonamiento de la red fluvial forma zonas encañonadas (cañón del Colca y

#### UNIDADES DE CARÁCTER TECTÓNICO-DEGRADACIONAL Y DENUACIONAL

- **Montañas y colinas estructural–denudacionales en rocas sedimentarias** (con laderas estructurales, crestas agudas alineadas en las rocas más resistentes que forman colinas y lomadas alargadas formando cuevas y relacionadas a un fallamiento regional andino).
- **Montañas y colinas disectadas en rocas plutónicas** (Cuerpos intrusivos expuestos en varios sectores con relieves moderados a abruptos, laderas cóncavas y drenaje característico dendrítico a subdendrítico:
- **Laderas en rocas metamórficas** (laderas subverticales, drenajes dendríticos a subdendríticos relacionado a su esquistosidad muy densos con perfiles de valle en "V")
- **Laderas y mesetas volcánicas erosionadas con flujos de lavas y volcanoclásticos** (por procesos de erosión y meteorización no muestran las geoformas o paisajes originales).
- **Colinas, lomadas y mesetas ignimbríticas:** relieves altoandinos levemente inclinados con frentes escarpados; cimas son planas ligeramente inclinadas y algo redondeadas por erosión
- **Laderas con flujos de lavas asociadas a estratovolcanes:** generados los complejos volcánicos o estrato-volcanes Hualca Hualca, Mismi (foto 99), Huarancante y Ananta
- **Coladas o campos de lavas basalto-andesíticas:** campos de lava escalonados presentan superficies rugosas algo onduladas, con formas alargadas y lóbulos frontales empinados en frentes de lavas agudas, dentadas y escoriáceas
- **Conos de escorias monogenéticos:** paisajes cónicos truncados con acumulación de material piroclástico suelto (escorias, cenizas y bombas), a partir de un conducto central o cráter.



otros tramos menores en el valle Majes-Camaná), variando entre 1000 y 5 000 m de desnivel, a causa del intenso levantamiento tectónico de los Andes.

La geomorfología del Colca entre Andamayo y Sibayo. Es muy compleja, con una predominancia en unidades o relieves de origen volcánico-erosional (65%), unidades de relieve de origen tectónico-erosional (25%), en el lado oeste de la cuenca, y relieves de origen deposicional en menor porcentaje (10%) que se sobreponen a un substrato rocoso de diferente origen.



Campo de lavas en el río Molloco.



Cañón del Colca; aguas debajo de Chimpa.



Conos volcánicos monogenéticos de Huambo.

Montañas con secuencias volcánicas plegadas frente a Tuti. Valle fluvial de represamiento aguas arriba de Canocota.



Valle del Colca entre Coporaque y Canocota. Vertiente Volcánica del Mismi con flujos de lavas (A); terrazas aluviales (B); campos de lavas que rellenan el valle (C); Montañas sedimentarias (D) y volcánicas (E).

**UNIDADES DE CARÁCTER DEPOSICIONAL O AGRADACIONAL. Vertientes glacio – fluviales**

(acumulaciones de sedimentos de formas irregulares que bordean zonas montañosas de litología, asociados a una morfogénesis de origen glacial o periglacial)

- **Morrenas** (relieves alargados y colinados, dispuestas en las laderas superiores de las montañas, márgenes de valles glaciares o bordeando lagunas).
- **Vertientes con depósitos de deslizamiento** (morfología convexa, semicircular a elongada o irregular en relación a la zona de arranque del deslizamiento)
- **Vertiente de detritos indiferenciada** (talus de detritos; depósitos en abanico de flujos o deslizamientos entrelazados, etc.)
- **Vertientes aluvio-lacustres** (valle de represamiento en generados por avalanchas o flujos de lavas)
- **Planicies o piedemonte aluvio – torrenciales** (Superficies inclinadas extendidas, al pie de los sistemas montañosos locales).
- **Abanicos de piedemonte** (acumulaciones relacionados a flujos de detritos)
- **Cauce fluvial o llanura inundable y terrazas indiferenciadas** (niveles o terrazas adyacentes a la llanura de inundación fluvial)
- **Planicies de travertinos:** Superficies planas, generalmente aluviales u fluvioglaciares, pero con una cobertura de travertino de origen continental
- **Terrazas aluviales** Niveles diferenciables en los cursos de ríos principales.



Vertiente aluvio-lacustre en el valle del Colca; terrazas y abanicos aluviales.



Vertiente de detritos indiferenciada, con acumulaciones coluvio-deluviales.



Vertiente lacustre con procesos de deslizamientos activos en Madrigal y Lari.

## ***ITINERARIO GEOTURÍSTICO GUIADO - VALLE Y CAÑÓN DEL COLCA***

La ruta guiada permite apreciar aspectos de la geología, el turismo, el patrimonio cultural para lo cual se han establecido 16 paradas estratégicas a fin de tener una visión en conjunto de parte de la zona del Colca, que corresponde a la propuesta de geoparque Cañón del Colca y valle de los Volcanes, ubicada en las provincias de Cailloma y Castilla, Arequipa, Perú.

### **PARADA 1: CENTRO DE INTERPRETACIÓN TOCCRA**

Partimos desde Arequipa por la carretera Arequipa-Yura-Juliaca. En la ruta transcurrimos en los cortes de carretera atravesando depósitos volcánicos y volcanoclásticos del volcán Chachani. Al ingresar a la **Reserva Salinas Aguada Blanca** antes de desviar hacia Chivay, pasando el peaje Patahuasi podemos apreciar el lado norte del volcán Misti, zonas de altiplanicies y vicuñas.

En dirección noroeste ascendemos paulatinamente hacia la divisoria de aguas entre la cuenca de Chili (que drena hacia Arequipa) y la cuenca del Colca (que desciende hacia Majes). El paisaje que domina es volcánico, con colinas y lomadas volcanoclásticas, frentes de lavas de

estratovolcanes antiguos. Ya muy cerca a la divisoria se encuentra un sector de humedales conocida como Tocra, flanqueado por flujos de lavas en su alrededor. La acumulación de agua en este sector está favorecida por el fracturamiento en las lavas que permiten almacenar agua en el substrato fracturado. Unos kilómetros más adelante llegamos a su centro de interpretación, donde se muestra una excelente exposición de la biodiversidad de flora y fauna del lugar, aspectos culturales (pinturas rupestres, patrimonio inmaterial) y algunos aspectos geológicos de la actividad volcánica, manejado por el Servicio de áreas Naturales protegidas (SERNANP) del Ministerio de Ambiente.



### **PARADA 2: MIRADOR DE LOS ANDES.**

La Cordillera Volcánica del Sur de Perú, conocida como Cordillera del Barroso expone dentro de la región Arequipa, varios estrato-volcanes y complejos volcánicos. En la ruta, a un costado de la carretera en el paraje Patapampa (4800 msnm), se encuentra el mirador denominado "**De los volcanes o Mirador Los Andes**". Es una superficie de erosión puna sobre secuencias de ignimbritas, desde el cual se puede apreciar de oeste a este los volcanes Hualca Hualca (6025 msnm), Sabancaya (5976 msnm), Ampato (6265 msnm), Chachani (6075 msnm), Misti (5825 msnm) y Ubinas.

Es un paraje obligado para tener una idea de la magnitud de esta cordillera volcánica y sus principales culminaciones, que alcanzan grandes elevaciones. Los turistas suelen parar a tomar fotografías, encontrándose gente local ofreciendo artesanía. Topográficamente es una zona conocida como "apacheta". *La apacheta es un término quechua: "apachita"; es un montículo de piedras colocadas en forma cónica sobre otra, como ofrenda realizada por los pueblos indígenas de los Andes de América del Sur a la pachamama y/o deidades del lugar, en las cuestas difíciles de los caminos*





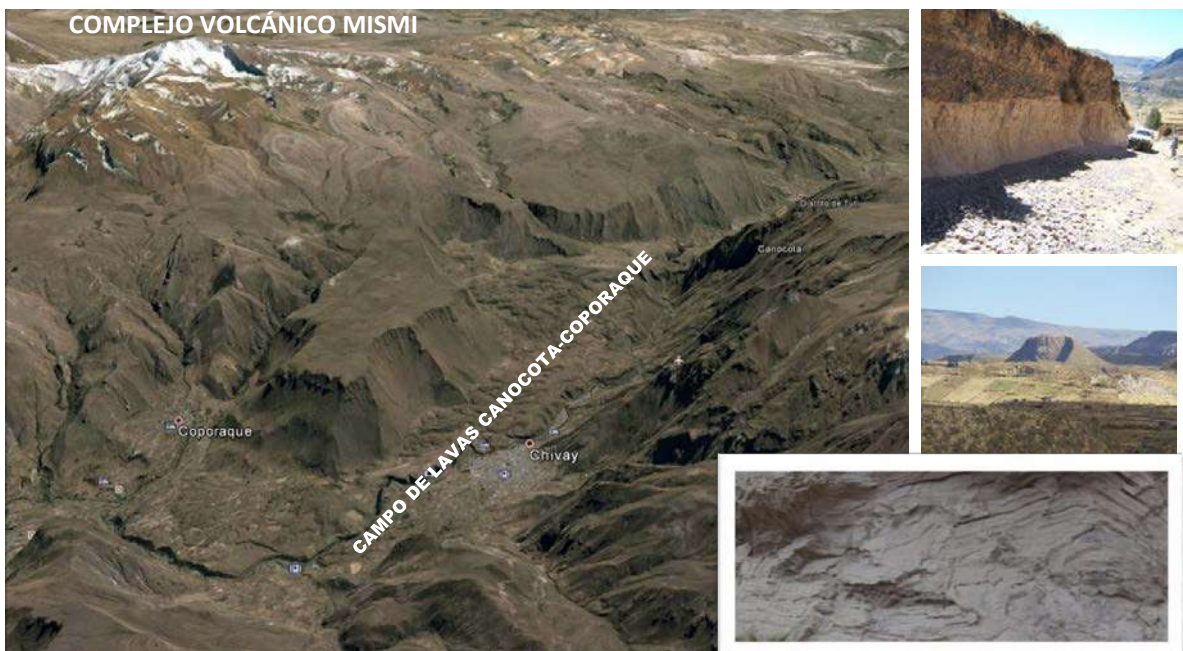
**PARADA 3: MIRADOR DEL VALLE DEL COLCA: CAMPOS DE LAVAS CANOCOTA-COPORAQUE Y COMPLEJO VOLCÁNICO MISMI.**

Rellenando el valle del Colca se encuentran campos de coladas de lavas con superficies rugosas, frentes lobulados y terminaciones verticales que se distribuyen entre Canocota, Chivay y Coporaque, abarcando una extensión de 12 km. Lavas de origen fisural posteriormente erosionadas por el río Colca originan sectores encañonados que alcanzan entre 50

y 100 m sobre el cauce. En algunos sectores es posible encontrar algunos restos arqueológicos, que están siendo puestos en valor para el desarrollo turístico del Colca. Este emplazamiento de lavas originó también aguas arriba embalses o lagos menores pudiéndose apreciar secuencias lacustrinas entre Canocota y Sibayo.



Vista aguas arriba del valle del Colca en el sector de Chivay. Nótese el campo de lavas que rellena el valle.



#### PARADA 4. TURISMO VIVENCIAL SIBAYO.

Las típicas casas de piedra y barro de Sibayo pintadas de colores avisan a los visitantes al recibimiento en este pueblo al valle del Colca. Sibayo, distrito de Cailloma ubicado a 3.880 m.s.n.m, es conocido como "Rumillacta o pueblo de piedra", por sus construcciones líticas de un solo piso y techos de paja. Hace veinte años, los habitantes de este pueblo, en su mayoría dedicados a la crianza de alpacas, empezaron a ver en el turismo una alternativa económica. Al inicio, Sibayo era solo un lugar de paso para los turistas que llegaban al Colca, ya que no existían hoteles ni restaurantes que motivaran estadias de varios días. En el 2006, se

empezaron a implementar hospedajes en las casas de la comunidad para recibir a los visitantes en un ambiente rústico y hogareño. Actualmente existen 12 casas destinadas a este tipo de visitas donde los turistas comparten con sus propietarios sus actividades diarias que se inician con el desayuno con alimentos propios de la zona como la quinua y el maíz. Los turistas comparten con la gente sus actividades cotidianas del campo y ganaderas así como sus danzas típicas y otras costumbres propias de la zona. Aproximadamente llegan a Sibayo anualmente unos 900 visitantes para realizar turismo vivencial.



Sibayo es uno de los distritos del Colca que se quedó guardada en el tiempo. Es una ciudadela construida íntegramente en piedra. La fabulosa civilización Inca dejó en la zona las huellas indelebles de su trabajo, en fin de su cultura, al pie del río Colca. A diferencia de otros pueblos importantes del valle del Colca, es el que mejor conserva su imagen de pueblo tradicional.

#### PARADA 5: ANFITEATRO Y ANDENERÍAS DE OSCOLLE; COLCAS DE SHININIA; SISMITAS EN DEPÓSITOS LACUSTRES.

La manifestación cultural más sobresaliente en las poblaciones del Colca prehispánico son los andenes o terrazas de cultivo, que transforman el paisaje natural de laderas inclinadas en escalinatas gigantescas trazadas no solo a la topografía del lugar, sino al ensamble complejo generado por la erosión fluvial, la geodinámica de las márgenes o terrazas afectadas por deslizamientos. Los antiguos pobladores transformaron las faldas y laderas de cerros tan agresivos en fértiles terrazas, gracias al sistema de andenerías construidas con mucho ingenio esfuerzo a lo largo de cientos de años. Tuvieron que enfrentar además la imposibilidad de aprovechar el agua del Colca, que corre en lo profundo de su cauce natural. Supieron captar los deshielos de los nevados por medio de un tratamiento especial, ya que aprovechaban el agua de los riachuelos que descienden de los nevados utilizando canales. Los andenes

sirvieron para aumentar la producción de los valles amplios y para hacer producir los valles estrechos y quebradas, utilizando las laderas de los cerros para el cultivo. El valle del Colca de este a oeste se caracteriza por el sinnúmero de andenes, edificados por los Collaguas y Cabanas, conservados posteriormente por los Incas y abandonados en parte por los españoles en el período colonial, así como en la república. El anfiteatro de Ocolle es llamado también "el coliseo de los incas". Debido a la forma de sus andenes y el sistema hidráulica es considerado un laboratorio agrícola. Los andenes presentan dos tipos de altura siguiendo el contorno de una ladera semicircular desarrollada sobre depósitos aluvio-lacustrinos. Se encuentra en buen estado de conservación y actualmente sigue siendo utilizado por los agricultores.

Las *colcas* o Qolqas, eran depósitos edificados que servían para guardar alimentos u objetos, se encontraban distribuidas a lo largo de todo el territorio del Tahuantinsuyo. Consistían en hileras de edificios de piedra, generalmente en las laderas de los cerros, en lugares frescos, altos y ventilados, tienen aspecto de torrecillas y fueron edificados en hileras y separadas para evitar los incendios. Alguno de los lugares donde aún se puede encontrar restos de las

estructuras de las *colcas* son: Huánuco Pampa (Huánuco), Cajamarquilla en el valle del Rímac, Raqchi en Cuzco, Santuario de Pachacamac, y en los pueblos ubicados en el valle y cañón del Colca. Precisamente los pueblos quechuas, ubicados en ambos contrafuertes del valle y cañón Colca, surgieron como una síntesis de antiguas costumbres y tradiciones de los pueblos andinos.



Las colcas de Chininia están expuestas en un sector encañonado del Colca, labrado sobre depósitos lacustres. Almacenes especiales para la conservación de semillas de maíz, quinua y papa. Su ubicación especial y caprichosa en este espacio natural encañonado permitió manetenerse refrigerados y ventilados estos productos. Sedimentos que fueron originados en un gran paleolago formado por el cierre del valle por una gran avalancha de rocas volcánica que

descendió del flanco norte del volcán Hualca Hualca. El mayor espesor de este lago fue en el sector de Yanque, donde se aprecian grandes espesores de arenas y limos poco consolidados. Estructuras particulares de sismitas y slumps son muy frecuentes encontrar en estos depósitos y reflejan la actividad sismotectónica del Colca, asociada a la neotectónica del área.



## PARADA 6. COMPLEJO ARQUEOLÓGICO UYO UYO

Complejo arquitectónico de gran trascendencia para el distrito de Yanque. Construida en su gran totalidad de piedra volcánica bien tallada es una ciudadela que muestra diferentes compartimientos destinados para diferentes usos con una magnífica distribución del espacio en la que se desarrollaron estos pobladores bajo la influencia Collagua Inca. Está formado por cuatro sectores: **urbano** (sectores I y II), **agrícola** conformado por 26 terrazas (sector III) y el **cementerio** (sector IV). Corresponde al antiguo pueblo de Yanque el cual muestra compartimientos Collaguas

destinados para uso ceremonial, viviendas, caminos y acueductos. Los muros son estucados y quemados al fuego. La piedra utilizada es rústica (no tallada) y corresponde a la existente en el lugar (piedra volcánica tufácea).

Geológicamente es un depósito de piedemonte con ligera e inclinada dirección hacia el Colca, en la margen derecha del mismo. Las rocas volcánicas (volcanoclásticas tufáceas y lávicas) constituyen el substrato de la zona, que corresponde a los volcánicos Tacaza del Mioceno



## PARADA 7: COMPLEJO TERMAL BAÑOS LA CALERA

Desde el punto de vista geoturístico los manantiales termales constituyen elementos geológicos relacionados a aspectos eminentemente hidrogeológicos. La utilización de cada uno de ellos puede estar relacionada a dos aspectos fundamentales: elementos paisajísticos o sitios en los cuales es aprovechable como manantial en el uso termo-medicinal o en el uso de producción de bebidas. En el valle del Colca tenemos los dos casos. Las fuentes termales presentes están asociadas a volcanes activos o que han tenido actividad durante el Plio-Cuaternario. Las surgencias están ubicadas o controladas por rocas permeables, fracturadas y falladas. Las formaciones principales donde afloran son sedimentarias jurásico-cretácicas (formaciones Murco y Socosani) y volcánicas del Mioceno (Grupo Tacaza); también en zonas aluviales o fluvio-glaciares.



Entre Chivay y Yanque existen varios sectores con aprovechamiento de aguas termales: La Calera, Chacapi, Colca Lodge, Puente Inca, Umari y Sallihua entre otras. Las aguas que surgen en el curso del río Colca, registran temperaturas entre los 30 a 93°C y pH de 6 a 7, mientras que las manifestaciones geotermales de la zona de Pinchollo situadas en la quebrada del Huayuray presentan temperaturas desde 77°C hasta los 100°C. El complejo de La Calera cuenta con varias piscinas, pozas individuales y un museo de sitio que expone muestras del patrimonio inmaterial del Colca.



**PARADA 8: LAVAS DE HACE 600 MIL AÑOS, SOBRE DEPÓSITOS LACUSTRES.**

En la carretera que conduce hacia el Cañón del Colca desde Chivay, transcurre por la margen izquierda, la cual es asfaltada hasta Maca. Los cortes en la carretera entre Chivay-Yanque son rocas volcánicas del Tacaza. Luego el valle se abre un poco teniendo depósitos de abanicos que descienden de las vertientes superiores. Pasando el desvío a Achoma la carretera continua hacia Maca, Un importante corte en la carretera casi vertical, muestra un afloramiento

conspicuo de lavas con estructuras columnares características, de gran altura. Debajo de estas lavas, datadas en 600000 años, se aprecian niveles de sedimentos finos, lacustres con algunas estructuras sedimentarias, que conforman la Formación Colca, unidad geológica formada por el represamiento del Colca, producto de la avalancha de rocas del Hualca Hualca.



**PARADA 9: DESLIZAMIENTO DE MACA**

Las características geológicas, climáticas y tectónico-volcánicas en el valle del Colca, han condicionado la ocurrencia de grandes movimientos en masa. Los paisajes originados por estos procesos gravitacionales varían desde pequeñas a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales o asociados a eventos sísmicos y sismo-volcánicos importantes. Su relación con la litología es variable destacando las secuencias aluvio-lacustres de la Formación Colca, depósitos de avalancha de escombros del Hualca Hualca entre otros menores. Uno de ellos, el "Deslizamiento de Maca", antiguo de tipo rotacional, de aprox. 3.7 km de longitud de escarpa se ha reactivado en

nuevos deslizamientos. Las principales reactivaciones se produjeron el año 1991, con el sismo que tuvo epicentro el poblado de Maca. Los deslizamientos vienen produciendo la pérdida de áreas de cultivo (andenes) y pastizales en los sectores de Maca-Chacaña, afectando la carretera Maca-Cabanaconde y canales de irrigación, entre otras obras de infraestructura. Al oeste de Maca se observan grandes agrietamientos en la parte superior. Muestra un proceso de remoción complejo con escarpas rectas a irregulares, desplazamientos verticales importantes y empuje del material hacia el río Colca.





**PARADA 10: MIRADOR DE COLCAS DE CHOQUETICO, TAFONIS EN IGNIMBRITAS; MAQUETAS DE ANDENERÍAS**

Pasando Maca la carretera atraviesa un corto túnel en el cerro Blanco, compuesto por paredes verticales a subverticales de tobas blancas fracturadas (Ignimbritas del grupo Tacaza) con procesos de meteorización y formación de taffonis o alveolos, oquedades originadas por meteorización diferencial y erosión sobre las rocas; llegamos al mirador de Choquetico. En las paredes se aprecian algunas Colcas (tumbas colgadas), apoyadas en la pared rocosa y algunas de las oquedades naturales. El sitio está dispuesto de tumbas aprovecharon las oquedades desde pequeñas hasta grandes. Aparentemente las tumbas están naturalmente dirigidas hacia el este, hacia el nevado

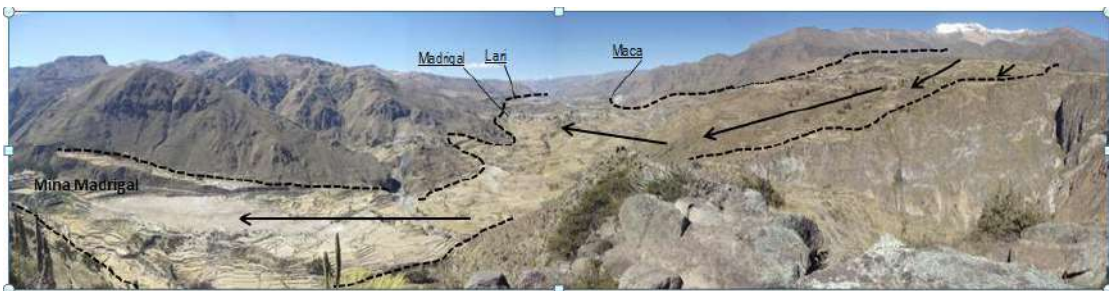
Huarancante, debido a la importancia en la orientación de los edificios funerarios, que a menudo miraban a un cerro sagrado. Las colcas servían también para almacenar productos del valle o posiblemente habían sido ofrendas para los muertos encontrados en este lugar sagrado. En este paraje también se pueden apreciar algunas maquetas de andenes en la parte inferior del mirador, debajo de la carretera. El alto grado de desarrollo de la ingeniería agrícola aplicada por los Collaguas, en el valle del Colca desarrollo maravillosos sistemas de irrigación y conservación de suelos con la construcción de extensos canales y más de 6000 hectáreas de andenes y maquetas modelo.



**PARADA 11. DEPÓSITO DE AVALANCHA VOLCÁNICA DEL HUALCA HUALCA**

Continuando la ruta, podemos acceder a otros miradores y tener excelentes vistas de los deslizamientos de Lari y Madrigal. La carretera atraviesa secuencias de areniscas; al ascender hacia Pinchollo la morfología cambia, y casi frente a Madrigal estamos sobre otro tipo de material, sobre el depósito de avalancha del Hualca Hualca. La actividad volcánica e hidrotermal en un edificio volcánico, hace que éste presente zonas de debilidad, debido al fracturamiento generado por el emplazamiento de productos volcánicos, así

como por la alteración superficial expuesta en sus flancos o zonas hidrotermalizadas, etc.). Esta característica del volcán Hualca Hualca originó que se produzca un colapso del flanco norte y genere grandes avalanchas de escombros cuyos depósitos se encuentran en el sector de Pinchollo, así como en las partes inferiores de los poblados de Madrigal y mina Madrigal, valle del Colca. Estamos ya en el propio cañón del Colca de material lávico fundamentalmente.



**PARADA 12. MIRADOR CRUZ DEL CÓNDOR Y CAÑÓN DEL COLCA**

La continuidad geológica de la parada anterior puede seguirse hasta cerca del puesto de control turístico de AUTOCOLCA, desde donde se aprecia el depósito de la avalancha del Hualca Hualca. La carretera atraviesa flujos de lavas, algunos sectores de tierras agrícolas, depresiones intravolcánicas con lagunas, dominando una superficie irregular, rugosa que se extiende paulatinamente hacia un profundo cañón, el “Cañón del Colca. Uno de los parajes favoritos por los turistas es el mirador del Cóndor, sector donde hace presencia la majestuosidad de esta ave andina, ícono del cañón del Colca. Desde este mirador se puede apreciar la profundidad del cañón, la alternancia de diferentes flujos de lavas con estructuras columnares, lo agreste de su paisaje volcánico. El cañón del Colca se extiende entre Pinchollo al este y Andamayo al Oeste, el cual recorre aproximadamente 98 km siguiendo una dirección este-oeste entre Pinchollo y Cabanaconde, NE-SO entre Cabanaconde y Andamayo, descendiendo 1800 m de desnivel entre 2950 y 1150 msnm. El primitivo cañón Colca debe haberse iniciado aproximadamente hace unos 10

millones de años atrás, pero su forma actual corresponde probablemente al último millón de años (Pleistoceno-Holoceno), estrechamiento relacionado a la actividad volcánica de la región. Su morfología se ve influenciada por la recurrencia repetida de actividad volcánica del Hualca Hualca (incluyendo la posterior avalancha de rocas por colapso en el flanco norte). Las lavas y posterior avalancha de rocas formaron un dique natural de más de 15 km de base y 800 m de altura en promedio, atrapando al río Colca por cientos a miles de años. Luego de miles de años se produjo la ruptura abrupta del dique originando la profundización actual del cañón. Hacia aguas abajo el valle se profundiza para transformarse abruptamente en un cañón de grandes proporciones con pendientes que bordean los 60° de inclinación, es común encontrar acantilados verticales de cientos de metros de desnivel con una perfecta disyunción columnar. La margen derecha tiene una pendiente fuerte y continua desde la cima del nevado Bomboya hasta el fondo del cañón.



**PARADA 13. SISTEMA DE FALLAS ACTIVAS EL TRIGAL-SOLARPAMPA**

En el Colca la actividad sísmica es elevada. Benavente et al. (2010, 2012), describen un control estructural NO-SE en el arco volcánico Cuaternario a lo largo de aprox. 300 km de un corredor estructural conformado por fallas normales con buzamientos opuestos y que cortan depósitos volcánicos, fluvio-glaciares y aluviales. Estas fallas poseen orientaciones E-O, con segmentos que se extienden por 30 km. Entre Huambo y Cabanaconde, las coladas basalto-andesíticas y lavas del Hualca Hualca, exponen dos fallas principales

“Trigal y Solarpampa”. Estos sistemas corresponden a fallas normales originadas por procesos netamente extensivos y cuyos ejes de tensión se orientarían en dirección N-S y buzamiento en dirección Sur. Una trinchera abierta en la falla Solarpampa ha permitido definir eventos paleosísmicos en el Colca. Esta será utilizada como un sitio didáctico-educativo y científico para las interpretaciones geológicas correspondientes en lo que tiene que ver con la recurrencia y peligro sísmico.



**PARADA 14. CONTACTO DISCORDANTE COLADAS DE LAVAS ANDAHUA Y SECUENCIAS SEDIMENTARIAS JURÁSICAS**

El camino entre Cabanaconde y Huambo transcurre en los sectores de Uncapampa y Solarpampa atravesando lavas basalto-andesíticas, muy extendidas. Al descender hacia Chinini y Huambo, esto se hace conspicuo, cuyas lavas provienen del centro Mojonpampa, lavas fisurales y otros centros de emisión que descienden con moderada pendiente. Antes de Chinini, estas lavas cubren discordantemente a secuencias sedimentarias de areniscas y lutitas en estratos delgados de la Formación Labra, al costado de la carretera Cabanaconde-Huambo. El sector de Chinini muestra un amplio sector agrícola con andenes desarrollados sobre este suelo fértil.



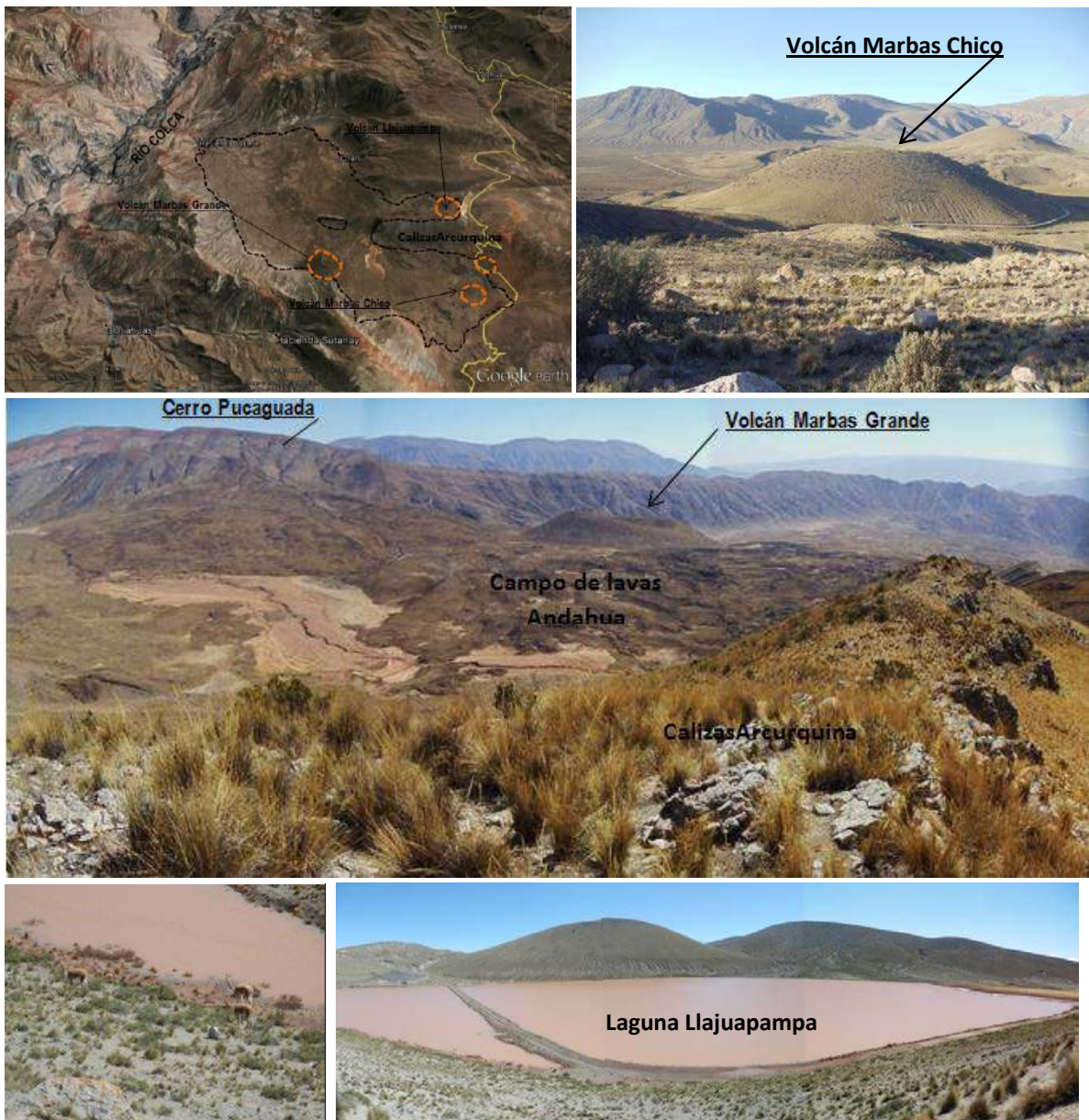
**PARADA 15. MIRADOR DE HUAMBO. CAMPIÑA AGRÍCOLA SOBRE UNA PLANICIE DE TAVERTINOS Y RUINAS DE HAYAQUIMA**

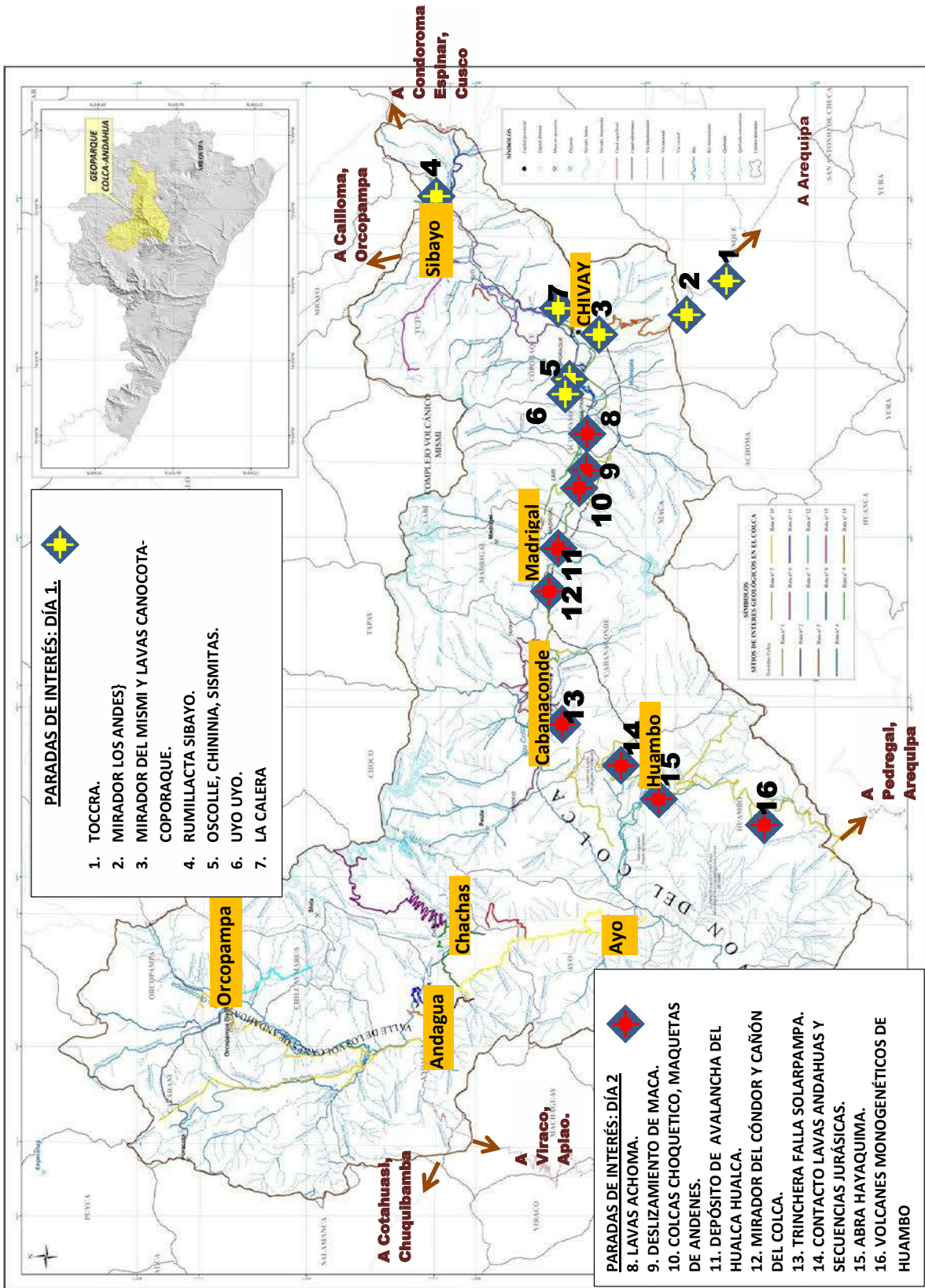
Al Voltar el abra del cerro Hayaquima se aprecia el poblado de Huambo, un valle agrícola sobre una extensa planicie abierta desarrollada sobre travertinos. La carretera transcurre cortando secuencias sedimentarias (areniscas y lutitas negras), muy fracturadas, falladas con pliegues menores en los cortes de carretera. Si ascendemos al cerro Hayaquima podemos apreciar un sitio de control militar que domina todo el valle; sin embargo desde la carretera se puede apreciar una extensa muralla que circunda el cerro que servía como un punto de control o vigilancia. Recintos de piedra construidos en la cima enteramente con fragmentos de areniscas del lugar se encuentran parcialmente conservados. Desde aquí también se tiene vistas panorámicas de las secuencias estratigráficas mesozoicas que afloran en el sector, mostrándose plegadas.



**PARADA 16. VOLCANES MONOGENÉTICOS DE HUAMBO**

Al sur de la localidad de Huambo y en particular en la ruta hacia las pampas de Majes, se tiene la presencia de conos volcánicos monogenéticos de tipo estromboliano de la época Andagua. Campos de lava y conos monogenéticos sobresalen sobre planicies aluviales y fluvio-glaciares en el sector de LLajuapampa, pampas Uchapampa y Jarán, hasta el sector de la hacienda Jazmín. Destacan los conos volcánicos de Marbas Grande y Marbas Chico (con conos truncados) y el que se encuentra adyacente a la laguna Lajuapampa, que pueden verse desde la carretera Huambo-Pedregal. La zona volcánica es mapeada como de un vulcanismo contemporáneo al de Andagua, tiene una forma semicircular con dirección de flujo predominante SE-NO, hacia el Colca, descendiendo lavas desde los 4000 m a los 3000 msnm. Este pequeño valle, expuesto como una prolongación al sur de Andagua, al otro lado del cañón del Colca, está limitada por un substrato sedimentario e intrusivo, que forman colinas con crestas agudas, alargadas. Los volcanes se levantan de planicies aluviales extensas donde es común encontrar y apreciar recuas de vicuñas muy pintorescas, sobre un paisaje desértico, seco.





## ANEXO III:

### Publicaciones


SCIENCE • STEWARDSHIP • SERVICE

[Start](#) | [Author Index](#) | [View Uploaded Presentations](#) | [Meeting Information](#)

**2015 GSA Annual Meeting in Baltimore, Maryland, USA (1-4 November 2015)**

Paper No. 110-7  
Presentation Time: 9:00 AM-6:30 PM

**COLCA CANYON AND VALLEY OF THE VOLCANOES OF ANDAGUA, THE FIRST GEOPARK PROPOSAL IN PERU**

**ZAVALA, Biberto**, FIDEL, Lionel and POSSO, James, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), avenida Canadá 1470, San Borja, Lima, LIM41, Peru, bzavala@ingemmet.gob.pe

Colca Valley has placed Arequipa as an important tourist destination in Peru. The frequency of visitors tripled in the last 11 years, receiving more than 100,000 visitors annually. Highlight its volcanic landscapes with stratovolcanoes and volcanic complex, thermal water, glaciers, lakes, geological faults, pre-Hispanic and colonial remains and their biodiversity, exposed around of one of the largest and deepest canyons on the planet: Colca Canyon. Adjacent to the canyon, converge a valley with monogenetic volcanic cones (ash or asymmetric) Pliocene-Quaternary, fields and diachronic lava flows, that occupy valleys forming lava dams, lakes and hills too, known as Andagua volcanoes valley; similar examples are seen in Huambo-Gloriahuasi, in Molloco river, Tuti-Coporaque and Cabanaconde-Huambo.

A geological record with Precambrian rocks to the present, with lithological, stratigraphic, tectono-structural, paleogeographic, paleontological and geomorphological characteristics represent an important geo-diversity, highlighting episodes of useful scientific interest for didactic teaching and development of geotourism, also considering as "a geology open book". Complement and enrich this geopark, the pre-Inca and Inca ancestral presence, manifested in the legacy of archaeological remains (chullpas, terraces and citadels) on this rugged territory; mining evidence (silver and gold), which becomes from colonial times; cultural-religious manifestations and ancestral traditions of a living culture inherited from their ancestors (clothing, agriculture, etc.) and intangible cultural heritage as well as an important biodiversity of flora and fauna, where highlight the condor, iconic bird of the Andes.

The Geological Mining and Metallurgical Institute (INGEMMET), national geological survey, as part of its functions to generate information about geodiversity and geo-heritage of this territory, in synergy with regional and local political authorities, are proposing their nomination to UNESCO as a future geopark.

**Handouts**  
 [GSA 2015 - Colca canyon and Andagua volcanoes valley, first geopark proposal in Peru.pdf](#) (39.2 MB)

**Session No. 110—Booth# 77**  
**T53. Geoheritage Matters (Posters)**  
Monday, 2 November 2015: 9:00 AM-6:30 PM

Exhibit Hall (Baltimore Convention Center)

Geological Society of America Abstracts with Programs, Vol. 47, No. 7, p.309

---

© Copyright 2015 The Geological Society of America (GSA), all rights reserved. Permission is hereby granted to the author(s) of this abstract to reproduce and distribute it freely, for noncommercial purposes. Permission is hereby granted to any individual scientist to download a single copy of this electronic file and reproduce up to 20 paper copies for noncommercial purposes advancing science and education, including classroom use, providing all reproductions include the complete content shown here, including the author information. All other forms of reproduction and/or transmittal are prohibited without written permission from GSA Copyright Permissions.

---

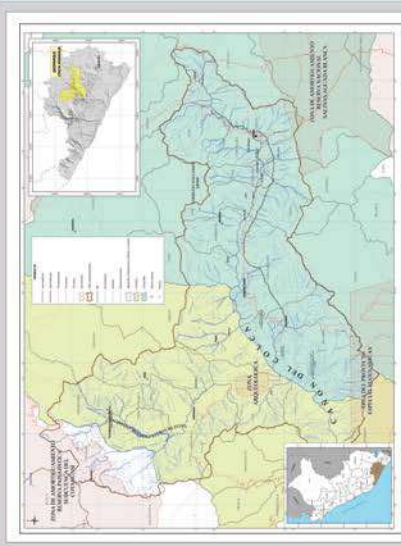
[Back to: T53. Geoheritage Matters \(Posters\)](#)  
[<< Previous Abstract](#) | [Next Abstract >>](#)

# COLCA CANYON AND ANDAGUA VOLCANOES VALLEY, FIRST GEOPARK PROPOSAL IN PERU

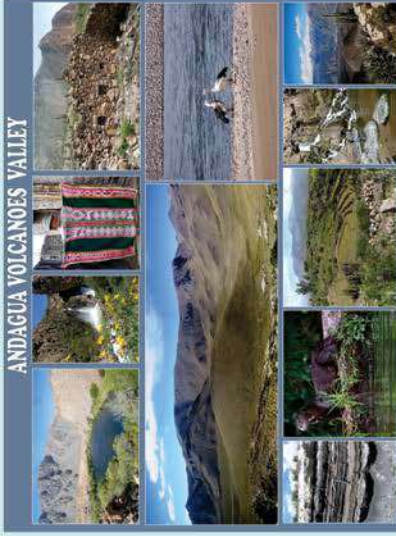
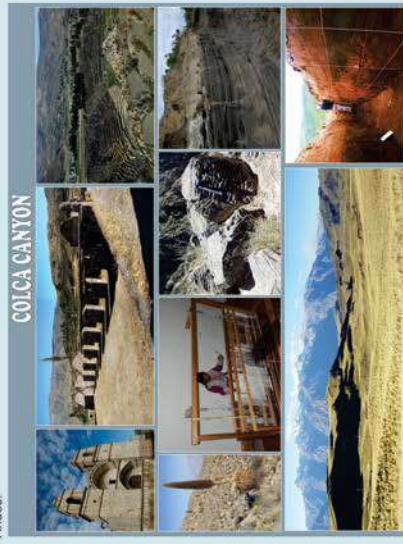
Bilberto Zavala, Lionel Fidel & James Possó; e-mail: bzavala@ingemmet.gob.pe

- (1) Geological Mining and Metallurgical Institute - Environmental Geology and Geological Risk Department
- (2) Regional Government of Arequipa - Commission Tourism President

Colca Valley has placed Arequipa as an important tourist destination in Peru. The frequency of visitors tripled in the last 11 years, receiving more than 180,000 visitors annually. Highlight its volcanic landscapes with stratovolcanoes and volcanic complex, thermal water glaciers, lakes, geological faults, pre-Hispanic and colonial remains and their biodiversity, exposed around one of the largest and deepest canyons on the planet: Colca Canyon. Adjacent to the canyon, converge a valley with monogenic volcanic cones (ash or asymmetric) Pliocene-Quaternary, fields and diachronic lava flows, that occupy valleys forming lava dams, lakes and hills too, known as Andagua volcanoes valley; similar examples are seen in Huambo-Gloriahuasi, in Molloco river, Tuti-Coporaque and Cabanaconde-Huambo.



A geological record with Precambrian rocks to the present, with lithological, stratigraphics, tectono-structural, paleogeographic, paleontologicals and geomorphological characteristics represent an important geo-diversity, highlighting episodes of useful scientific interest for didactic teaching and development of geotourism, also considering as "a geology open book". Complement and enrich this geopark, the pre-Inca and Inca ancestral presence, manifested in the legacy of archaeological remains (chullpas, terraces and citadels) on this rugged territory; mining evidence (silver and gold), which becomes from colonial times; cultural-religious manifestations and ancestral traditions of a living culture inherited from their ancestors (clothing, agriculture, etc.) and intangible cultural heritage as well as an important biodiversity of flora and fauna, where highlight the condor, iconic bird of the Andes.




The Geological Mining and Metallurgical Institute (INGEMMET), national geological survey, as part of its functions to generate information about geodiversity and geo-heritage of this territory, in synergy with regional and local political authorities, are proposing their nomination to UNESCO as a future geopark.




## ANEXO IV:

## Formulario de inventario de sitios de interés Geológico y Minero

|   |   |  |
|---|---|--|
|  | <b>FORMATO</b>  | Código : DGAR-F-153<br>Versión : 00<br>Aprobado por : DGAR |
|   | <b>FICHA DE INVENTARIO DE LUGARES DE INTERES GEOLÓGICO Y MINERO EN PERU</b> | Fecha aprob. : <b>23 ABR. 2010</b><br>Página : 1 de 2      |

|   |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
|---|--|---|-------------------|---------------------|------------|--|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| <b>Ficha N°</b>   |  | <b>I DENOMINACION DEL SITIO O LUGAR (De no existir, proponer un nombre)</b> |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
|   |  | 6   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>II UBICACION GEOGRAFICA Y ACCESIBILIDAD</b>  |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>1 LATITUD</b>  |  | <b>2 LONGITUD</b>   |                   | <b>3 COTA</b>       |            | <b>4 CUADRANGULO</b>                       |                                   |                          | <b>5 DEPARTAMENTO/REGION</b> |                                 |             |                |                 |
| <b>6 PROVINCIA</b>  |  |   | <b>7 DISTRITO</b> |                     |            |  | <b>8 PARAJE / CASERIO / LUGAR</b> |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>9 ACCESIBILIDAD AL LUGAR:</b>  |  | MUY FACIL   |                   | FACIL               |            | MODERADA                                   |                                   | DIFICIL                  |                              | MUY DIFICIL                     |             |                |                 |
| AUTOPISTA (KMS. DESDE)  |  |   |                   |                     |            | CARRETERA SECUNDARIA AFIRMADA (KMS. DESDE) |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| CARRETERA PRINCIPAL (KMS. DESDE)  |  |   |                   |                     |            | CARRETERA RURAL (KMS. DESDE)               |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| TROCHA CARROZABLE (KMS. DESDE)  |  |   |                   |                     |            | CAMINO DE HERRADURA (KMS. DESDE)           |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>10 POBLADO O CASERIO MAS PROXIMO Y DISTANCIA</b>   |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>11 CIUDAD MAS PROXIMA Y DISTANCIA</b>  |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>III DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DEL LUGAR (Atractivos geológicos y/o mineros e historia del lugar)</b> |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>12 EXTENSIÓN DEL LUGAR (Km²)</b>   |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>13 LOCALIZACION MORFOESTRUCTURAL</b>   |  | ZONA O BORDE LITORAL  |                   | PLANICIE COSTANERA  |            | CORDILLERA OCCIDENTAL                      |                                   | ALTIPLANO                |                              | CORDILLERA ORIENTAL             |             | FAJA SUBANDINA | LLANO AMAZONICO |
|   |  | UNIDAD GEOMORFOLOGICA LOCAL   |                   | DESCRIPCIÓN:        |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>14 AMBIENTE GEOLÓGICO</b>  |  | SEDIMENTARIO  |                   | FORMACIÓN/GRUPO     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
|   |  | METAMORFICO   |                   | FORMACIÓN/COMPLEJO  |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
|   |  | VOLCÁNICO   |                   | FORMACIÓN/COMPLEJO  |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
|   |  | INTRUSIVO   |                   | UNIDAD /SUPERUNIDAD |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>15 EDAD GEOLÓGICA DEL LUGAR</b>  |  |   | PRECAMBRICO       |                     | PALEOZOICO |  | MESOZOICO                         |                          | NEOGENO                      |                                 | CUATERNARIO |                |                 |
| <b>16 AMBIENTE MINERO</b>   |  | YACIMIENTO  |                   | DEPOSITO            |            | FRANJA MINERAL                             |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
|   |  | INFRAESTRUCTURA Y PASIVOS AMBIENTALES                                       |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>17 CONDICIONES DE OBSERVACION</b>  |  |   | MUY BUENA         |                     | BUENA      |  | REGULAR                           |                          | MALA                         |                                 | MUY MALA    |                |                 |
| <b>18 ATRACTIVOS GEOLÓGICOS ENCONTRADOS:</b>  |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
|   |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>19 OTROS ATRACTIVOS NATURALES O CULTURALES EXISTENTES</b>  |  | ARQUEOLÓGICO S ( ):   |                   |                     |            |  | BIOLÓGICOS ( ):                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
|   |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>IV TIPO DE INTERÉS DEL LUGAR</b>   |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>20 CONTENIDO O INTERÉS GEOLÓGICO</b>   |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| ESTRATIGRAFICO  |  | PETROLOGICO   |                   | MINERALOGICO        |            | PALEONTOLOGICO                             |                                   | PALEOCLIMATICO           |                              | GEOTÉCNICO                      |             | MUSEO          |                 |
| SEDIMENTOLÓGICO   |  | GEOMORFOLOGICO  |                   | TECTONICO           |            | ESPELEOLÓGICO                              |                                   | PETROLERO                |                              | HIDROGEOLOGICO                  |             | OTRO           |                 |
| VULCANOLÓGICO   |  | METALOGÉNICO  |                   | HISTÓRICO           |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| <b>21 CONTENIDO DE INTERES MINERO E IMPORTANCIA AMBIENTAL</b>                                       |  |   |                   |                     |            |  |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-MINERAS   |  | IMPORTANCIA HISTORICO-CULTURAL  |                   | MUSEO DE SITIO      |            | PRESERVACIÓN DE MINA E INFRAESTRUCTURA     |                                   | RECUPERACIÓN DEL PAISAJE |                              | ALTERNATIVA DE USO Y VIABILIDAD |             |                |                 |
| <b>22 POR SU UTILIZACIÓN</b>  |  |   |                   |                     |            | <b>23 POR SU INFLUENCIA</b>                |                                   |                          |                              |                                 |             |                |                 |
| TURISTICO   |  | CIENFIFICO  |                   | DIDACTICO           |            | ECONOMICO                                  |                                   | LOCAL                    |                              | REGIONAL                        |             | NACIONAL       | INTERNACIONAL   |



|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|  | <b>FORMATO</b>  |  | Código : DGAR-F-153  |
|   | <b>FICHA DE INVENTARIO DE LUGARES DE INTERES<br/>GEOLOGICO Y MINERO EN PERU</b> |  | Versión : 00<br>Aprobado por : DGAR<br>Fecha aprob. : <b>23 ABR. 2010</b><br>Página : 2 de 2 |

**V SITUACION ACTUAL Y ESTADO DE CONSERVACION**

|   |                      |                     |                   |                   |                   |                      |      |    |
|---|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|------|----|
| <b>24 ESTADO DE CONSERVACION</b>                              | CONSERVADO           | ALGO DETERIORADO    | POCO DETERIORADO  | DETERIORADO       | MUY DETERIORADO   |                      |      |    |
| <b>26 SE ENCUENTRA DENTRO DE UN AREA PROTEGIDA EN EL PAIS</b> | SI                   | NO                  | CUAL              |                   |                   |                      |      |    |
| <b>27 SITUACION LEGAL DEL LUGAR</b>                           | PROPIEDAD DEL ESTADO | PROPIEDAD MUNICIPAL | PROPIEDAD COMUNAL | PROPIEDAD PRIVADA | PROPIEDAD PUBLICA | USO TURISTICO ACTUAL | SI   | NO |
| <b>28 SENSIBILIDAD Y VULNERABILIDAD DEL LUGAR</b>             | MUY ALTA             |                     | ALTA              | MODERADA          | BAJA              | MUY BAJA             |      |    |
| <b>29 USO DEL TERRENO ACTUAL O PREVISTO</b>                   | URBANO               | INDUSTRIAL          | AGRICOLA          | MINERO            | VIAL              | ENERGETICO           | OTRO |    |

**VI VALORACION DEL PATRIMONIO GEOLOGICO Y MINERO**

| 30 VALOR INTRINSECO                                 | 31 VALOR EXTRINSECO                                | 32 NECESIDAD DE PROTECCION                   | 33 SOSTENIBILIDAD                         |
|---|--|--|---|
| RAREZA O SINGULARIDAD (0-20)                        | CALIDAD VISUAL O CONDICIONES DE OBSERVACION (0-20) | SITUACION LEGAL DEL LUGAR (0-20)             | SOSTENIBILIDAD ECOLOGICO-AMBIENTAL (0-40) |
| BELLEZA PAISAJISTICA/ESPECTACULARIDAD (0-15)        | IMPORTANCIA A ESCALA ESPACIAL (0-20)               | USO DEL SUELO ACTUAL O PREVISTO (0-20)       | SOSTENIBILIDAD ECONOMICA (0-30)           |
| REPRESENTATIVIDAD DE ALGUN PROCESO GEOLOGICO (0-20) | ORIGINALIDAD O NATURALIDAD (0-20)                  | OTROS PROYECTOS PREVISTOS EN EL LUGAR (0-10) | SOSTENIBILIDAD SOCIOCULTURAL (0-30)       |
| ESTADO DE CONSERVACION (0-15)                       | ACCESIBILIDAD (0-20)                               | FRAGILIDAD O VULNERABILIDAD DEL LUGAR (0-20) |   |
| ASOCIACION CON OTROS RECURSOS DEL PATRIMONIO (0-15) | SITUACION SOCIOECONOMICA DEL ENTORNO (0-20)        | EXTENSION SUPERFICIAL (0-10)                 |   |
| UTILIDAD O CONTENIDO DIDACTICO (15)                 |  | ACCESIBILIDAD (0-10)                         |   |
| SUBTOTAL  | SUBTOTAL   | POSIBILIDAD DE EXTRACCION DE OBJETOS (0-10)  |   |
|   |  | SUBTOTAL                                     | SUBTOTAL                                  |

**34 VALORACION TOTAL****VALORACION TOTAL****VII CATEGORIA DE CONSERVACION PROPUESTA**

|                   |                |                     |                  |            |                |
|-------------------|----------------|---------------------|------------------|------------|----------------|
| MONUMENTO NATURAL | PARQUE NATURAL | ZONA PALEONTOLOGICA | PARQUE GEOMINERO | MINA-MUSEO | OTRA CATEGORIA |
|-------------------|----------------|---------------------|------------------|------------|----------------|

**VIII ESQUEMA DEL LUGAR PROPUESTO**

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

**NÚMERO DE FOTOGRAFÍAS****IX REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

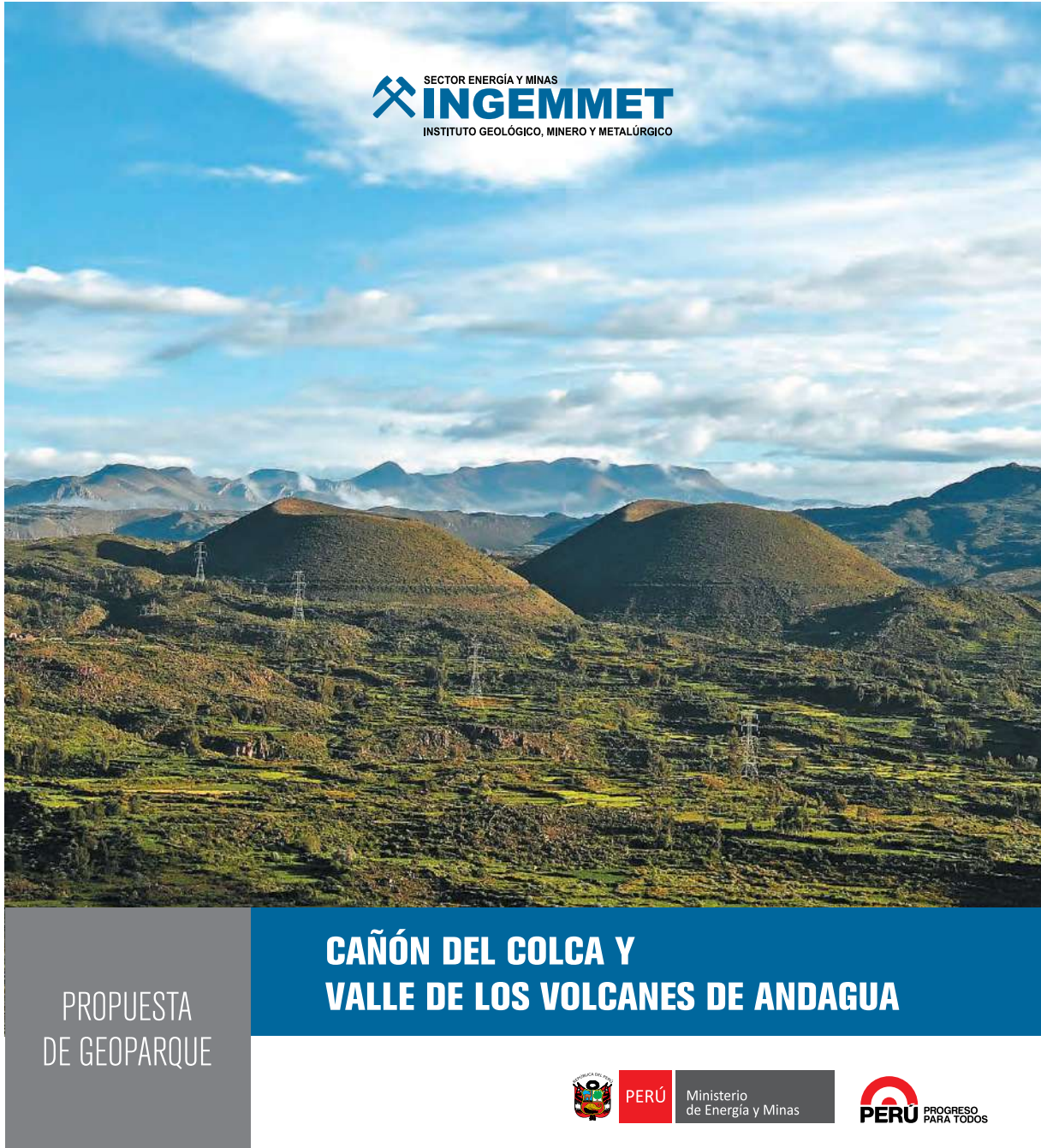
|  |
|--|
|  |
|--|

**X DATOS DEL PROPONENTE(S) :**

|  |
|--|
|  |
|--|

## ANEXO V:

Cuadernillo de Difusión del Cañón del Colca y Valle de los Volcanes de Andagua



SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

PROPUESTA  
DE GEOPARQUE

**CAÑÓN DEL COLCA Y  
VALLE DE LOS VOLCANES DE ANDAGUA**



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas



PERU PROGRESO  
PARA TODOS

## INTRODUCCIÓN



“La historia de muchos pueblos herederos de una cultura viva, muy rica en costumbres, festividades y danzas, son parte de dos grandes provincias de la región Arequipa”

El Valle del Colca ha colocado a Arequipa en los últimos años como un destino turístico importante en nuestro país. Paisajes volcánicos, volcán-nevados, lagunas, fallas geológicas, restos prehispánicos e iglesias coloniales, se suman a la belleza del gran CAÑÓN DEL COLCA, considerado uno de los más grandes y profundos del planeta.

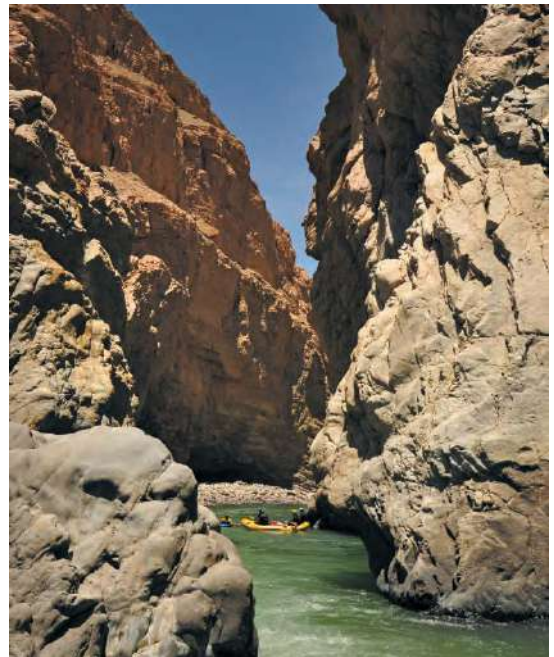
Se tiene además una de las pocas zonas en el mundo con conos volcánicos monogenéticos Plio-cuaternarios; extensas coladas de lavas fisurales que ocupan valles fluviales o fluvioglaciares y laderas. Esta majestuosa particularidad es conocida como VALLE DE LOS VOLCANES DE ANDAGUA, que se extiende entre el cañón del Colca-Ayo, Chachas-Andahua y Orcopampa, así como otros sectores del valle como Huambo-Gloriahuasi, río Molloco, Tuti-Coporaque, Cabanaconde-Huambo.

Este espacio en el sur de los Andes peruanos, alberga una historia y registro geológico complejo con rocas de más de 400 millones de antigüedad. Expone rocas, estructuras geológicas, geofomas de diferentes ambientes de origen y paleogeografía. Una cordillera con episodios de acumulación marina y continental, extensa y compleja actividad volcánica, sismicidad activa, intrusiones ígneas y procesos de metamorfismo y fases tectónicas marcadas.

La presencia del hombre sobre este territorio ocupado por culturas prehispánicas, con gran desarrollo agrícola, representado por el legado de restos arqueológicos (chullpas, colcas, andenerías y ciudadelas, caminos), el desarrollo geológico-minero de la zona con la explotación de minerales metálicos (Plata y oro en Orcopampa) explotados durante la Colonia y sus iglesias coloniales; la biodiversidad de flora con variedades de cactáceas, queñuales, tolares y puyas; el cultivo de maíz, quinua, trigo y otros cereales; la presencia de fauna de aves donde destaca el cóndor, la nutria andina en la laguna Mamacocha, aves diversas en los bofedales y lagunas, mamíferos donde destacan camélidos como la vicuña, alpaca, llama, etc.


La historia de muchos pueblos herederos de una cultura viva, muy rica en costumbres, festividades y danzas, son parte de dos grandes provincias de la región Arequipa (Caylloma y Castilla), patrimonio inmaterial que manifiesta una autenticidad andina de pueblos que convivieron y conviven sobre un territorio volcano-tectónico y geodinámico activo (volcanes Ampato-Sabancaya; deslizamientos de Maca, Lari, Madrigal entre otros; fallas geológicas que generan sismos). Majestuoso suelo por su gran fertilidad, singular y agreste paisaje con lagunas y acuíferos resurgentes, manantiales termales, piedras utilizadas en sus construcciones, etc.


Todo ello son los ingredientes del patrimonio natural (Abiótico y Biótico) y Cultural, el A, B, C ideal e importante que hace a este territorio como un potencial aspirante a GEOPARQUE a la red de geoparques globales, proyecto de vida para el desarrollo sostenible de futuras generaciones.



## ÁREA PROPUESTA COMO GEOPATRIMONIO

El área propuesta abarca dos zonas y para su mejor descripción la hemos dividido en dos sectores o zonas:

 Cañón y valle del Colca entre Sibayo y Andamayo

 Valle de los volcanes de Andagua-Sora-Orcopampa

### PRINCIPALES EPISODIOS DE EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

| EPISODIO  | EDAD (MM AÑOS)       |
|---|----------------------|
| Basamento intrusivo-metamórfico (Complejo metamórfico Majes-Colca)  | > 540                |
| Inundación marina (Formaciones Chocolate y Socosani)  | 163-174              |
| Ambiente marino-litoral : Grupo Yura  | 113-157              |
| Ambiente litoral-continental: Capas Rojas Murco.  | 100-113              |
| Mar somero en el cretáceo superior (Calizas Arcurquina)   | 89-106               |
| Retiro del mar cretácico: Capas rojas y evaporitas: Formación Ashua   | 66-84                |
| Levantamiento y primera fase tectónica andina: cuerpos intrusivos y sedimentación continental Huanca en el Paleógeno                    | 60-66                |
| Levantamiento tectónico e intensa actividad volcánica (Tacaza):<br>Flujos de lava e ignimbritas y volcanoclásticos                      | Entre 23 y 5         |
| Estratovolcanes Volcanismo Barroso inferior: Mismi y Bomboya;<br>Huarancante; Ananta;   | Entre 5 y 2.6        |
| Estratovolcanes del Barroso superior. De carácter lávica.<br>Nuevos complejos volcánicos (Hualca Hualca)                                | 2.6 y 1.8            |
| Primera etapa de incisión del cañón   | Antes de 1.6         |
| Colapso del flanco norte del Hualca Hualca; avalancha de escombros y formación del paleolago Colca Pinchollo- Yanque.                   |                      |
| Flujos de lava y segunda incisión del cañón: Lavas "colgados" en Achoma, sobre depósitos lacustres y cerca de Yanque. Terrazas en Maca. | Entre 0.65 y 0.61 ma |
| Avalancha de rocas en la quebrada Japo: paleo-lago en maca (diatomitas)   |                      |
| Vulcanismo Andagua: Flujos y campos de lavas fisurales, conos monogenéticos y tercera incisión del cañón                                | Entre 0.53 y 0.13    |
| Morfología actual: procesos geodinámicos, paisaje actual  | 0.13 a la fecha      |



## AGRICULTURA PREHISPÁNICA Y ANDENES

Manifestación cultural prehispánica sobresaliente que transforma el paisaje natural de laderas inclinadas en un mosaico de escalinatas gigantescas trazadas no solo en función de la topografía del lugar, sino al ensamble complejo generado por la erosión fluvial, la geodinámica de las márgenes o terrazas afectadas por deslizamientos. La construcción de andenes se remonta a la época de la cultura Collagua, aunque algunos se construyeron antes y otros durante el período Inca. Este sistema de terrazas permitió al hombre andino controlar la erosión de los suelos y deslizamientos de tierras, dominar mejor las aguas y manejar adecuadamente los sistemas de cultivos.

## “LOS GEOPARQUES NO TRATAN SOB

**ABIÓTICOS:** Aspectos geológicos y paisajísticos del medio físico natural. Geodiversidad y patrimonio geológico.



**CULTURALES:** Aspectos histórico-culturales, arqueoló



## “SIN SOBRE ROCAS, SINO SOBRE LAS PERSONAS”

**BIÓTICOS:** Aspectos de flora y fauna. Biodiversidad y patrimonio natural.



**Geológicos; cultura viva. Patrimonio cultural e inmaterial.**









## USO DE LA PIEDRA COMO RECURSO GEOLÓGICO

Desde la antigüedad las rocas han sido usadas como materiales naturales de construcción. No sólo en la parte ornamental en el interior de los edificios; también en fachadas y estructura de importantes monumentos de todas las épocas y estilos correspondientes, prehispánico e hispánico.

En el sur de Perú existe un gran número de depósitos de flujos piroclásticos. Se les conoce como sillar, denominación local para la ignimbrita; la tradición constructiva como uso de mayor tallado se adquiere durante la colonia. El uso como tal se remonta a la época prehispánica (maquetas, ciudadelas, apachetas, sitios de adoración, caminos, andenes, chullpas, graneros, etc.) No solo de sillar, sino de las rocas que tenían a mano sean estas volcánicas o sedimentarias (areniscas, calizas o lavas). En la trama urbana tradicional de la arquitectura urbana sobresalen las iglesias coloniales.



## INVENTARIO DE GEOSITIOS - ANDAGUA

|  |   |
|--|---|
| Volcanes Gemelos (Yanamauras)                | Volcán monogenético Yana Mauras Sora              |
| Cañón Paccaraeta                             | Volcán monogenético Pabellón Mauras               |
| Chullpas Paccaraeta                          | Volcán monogenético Misahuana Mauras              |
| Campo de cenizas Calao calao                 | Volcanes monogenéticos Mauras Orcopampa           |
| Anfiteatro de Andagua                        | Volcán monogenético Mauras II Misahuanca          |
| Resurgencia y catarata Sanquillay            | Volcán monogenético Panahua                       |
| Catarata de Pumajallo                        | Molinos coloniales de piedra Huancarama           |
| Ciudadela Taucca cubierta por cenizas        | Aguas termales Huancarama                         |
| Laguna de Pumajallo                          | Cañón de Panahua                                  |
| Ciudadela de Antaymarca                      | Catarata de hielo de Panahua                      |
| Mirador del valle de los volcanes            | Caída de agua de Panahua                          |
| Cráter Kanalla Mauras                        | Volcán monogenético Puca Mauras Chachas           |
| Chullpas de Soporó                           | Volcán monogenético Ticlla                        |
| Volcán monogenético Jechapita                | Laguna glaciar Chila reducida por lavas           |
| Valle colgado relleno de lavas y lahares     | Valle glaciar y lagunas en la quebrada Ayaviri    |
| Ciudadela y Chullpas Jello Jello             | Centro volcánico Sucna y campo de lavas           |
| Andenerías de Jello Jello-Ayo                | Contacto discordante granodioritas-areniscas      |
| Acuífero resurgente y laguna Mamacocho       | Mirador del valle de Sucna                        |
| Replegamientos en el cerro Sucna             | Sinclinal en rocas de la Fm. Socosani             |
| Cono volcánico monogenético Pampalquita      | Farallones de calizas Arcurquina                  |
| Lavas con estructuras aciculares Chilcayoc   | Flujos de lavas Barroso en la quebrada Quenco     |
| Volcanes Chilcayoc Grande y Chico            | Volcán Puca Mauras el más alto y efusivo.         |
| Catarata de Jollevirca                       | Levés de lavas en Lomas Ninamana                  |
| Cierre de valle y laguna de Chachas          | Fujos de detritos y andenería prehispánica Ayo.   |
| Ladera volcánica con andenes Chachas         | Estratovolcán Antapuna                            |
| Volcán monogenético Ticsho                   | Centro volcánico Incamisa                         |
| Capas de cenizas Ticsho                      | Centro volcánico Jararanca                        |
| Cañón de Huilluco en el río Ocoruro          | Avalancha de rocas Maucallacta-Misapuquio         |
| Campo de lavas del Plesitoceno valle de Sora | Lavas Pucamauras y encañonamiento del río Andahua |

## INVENTARIO DE GEOSITIOS - COLCA

|  |  |
|--|--|
| Cañón del Colca.   | Levés en flujos de lavas del volcán Mismi.                               |
| Valle estructural y cascadas río Huambo.                             | Fortaleza de Chimpa.   |
| Falla activa El Trigal.  | Deslizamiento de Ichupampa.  |
| Falla activa Solarpampa.   | Lavas en Achoma de hace 600 mil años.                                    |
| Deslizamiento de Maca.   | Colcas de Choquetico.  |
| Deslizamiento de Lari.   | Depresión intravolcánica.  |
| Deslizamiento de Madrigal.   | Lavas en bloques, escoriáceas colgadas.                                  |
| Avalancha de rocas Hualca Hualca.                                    | Contacto discordante.  |
| Dep. lacustres paleolago Pinchollo-Yanque.                           | Ruinas de Hayakima.  |
| Dep. lacustres paleolago Canocota-Sibayo                             | Contacto discordante.  |
| Atun Orcco y coladas de lava Andagua.                                | Ondulitas en lutitas de la Formación Labra.                              |
| Planicies de travertino Huambo                                       | Pliegue anticlinal y falla inversa.                                      |
| Castillos encantados de Callalli.                                    | Escarpa asociada a falla neotectónica.                                   |
| Torre Blanca.  | Laguna Haninchiwa o laguna de tres colores.                              |
| Conos volcánicos monogenéticos y lavas Huambo                        | Depresión intralávica.   |
| Laguna Mucurca.  | Discord. angular Fm. Puente y lavas Hualca Hualca                        |
| Volcanes monogenéticos y lavas Gloriahuasi                           | Troncos fosilizados en Tururunca   |
| Lavas columnares Chimpa.   | Restos fosilizados de origen marino.                                     |
| Estructuras columnares Pumunuta.                                     | Colina de Hummocks en Maca.  |
| Estructuras columnares Cabanaconde.                                  | Sitio ceremonial meseta ignimbrítica Callalli.                           |
| Depósitos de diatomitas Maca.  | Ciudadela de Ran Ran.  |
| Manantial termal La Calera.  | Ñaupallacta.   |
| Manantial y sinter en La Calera.                                     | Cuevas de Pumunuta.  |
| Géyser de Pinchollo.   | Hummocks avalancha Hualca Hualca.  |
| Zona termal vertiente norte Hualca Hualca.                           | Chullpas en el sector de Chivay.   |
| Oasis de Sangalle.   | Cascadas de Juan Pablo II.   |
| Paleosinters y aguas termales Paclla.                                | Fuentes termales en Canco.   |
| Depresión intralávica Chocpayo.                                      | Volcán nevado Hualca Hualca.   |
| Aguas termales de Umaro.   | Volcán Nevado Mismi.   |
| Aguas termales de Sallihua.  | Valle fluvial trenzado del río LLapa/Pulpera.                            |
| Colcas de Shininia.  | Falla activa Madrigal.   |
| Ciudadela de Uyo Uyo   | Falla activa Yanque.   |
| Cono volcánico Lucenia   | Sismitas en el sector de Achoma.   |
| Catarata de Huaruro / Phure  | Sismitas en el sector de Tuti.   |
| Falla activa de Huayuray   | Volcán monogenético Coropuna y lavas río Molloco                         |
| Depósito volcanoclástico a lacustre en la margen derecha del Colca.  | Graben y horst y capas replegadas del Yura y lavas Andahua discordantes. |
| Coladas lávicas Mojonpampa-Solar-pampa-Lejepampa-Uncapamp a-Chinini. | Dep. lacustres cubiertos por avalancha Hualca Hualca                     |
| Cono monogenético en campo de lavas Mojonpampa.                      |  |

## OFICINAS INGEMMET

**PIURA**  
Los Almendros N° 146 Mz I,  
Sub Lt. 1-a, 1° Piso Urb.  
Miraflores-Distrito Castilla

**JUNÍN**  
Av. La Marina N° 577  
Distrito de El Tambo,  
Provincia de Huancayo

**CAJAMARCA**  
Av. Evitamiento N° 1550 -  
1552, 2° piso, Distrito  
Cajamarca, Provincia de  
Cajamarca

**MADRE DE DIOS**  
Jr. Cusco 734 - Distrito de  
Tambopata, Provincia Tambopata

**LA LIBERTAD**  
Calle William Guzmán  
Espinoza (antes Ecuador) N°  
186-2° Piso, Urb. El Recreo -  
Distrito Trujillo

**CUSCO**  
Av. Grau Pasaje Esmeralda  
N°177, Distrito Santiago,  
Provincia de Cusco

**ANCASH**  
Av. Agustín Gamarra N° 960  
A1, Distrito de Huaraz,  
Provincia de Huaraz

**LIMA**  
Av. Canadá  
1470, San Borja

**PUNO**  
Jr. 24 de Junio N° 181  
- Barrio Laykakota

**AREQUIPA**  
Barrio Magisterial Nro. 2 B-16,  
Umacollo - Yanahuara

Conocimiento  
geológico  
y confianza para el  
desarrollo del país

## ANEXO VI:

Información Geológica en paneles y señalética implementada en el Colca con información proporcionada por INGEMMET



Señalética y panel explicativo en el Geositio 1: (G1) Mirador del Colca.



Señalética y panel explicativo en el Geositio 28 (G28) Géyser de Pinchollo.



Paneles colocados en las fuentes de baños termales la Calera y Chacapi.



Infraestructura 9 (19). Centro de Interpretación en Pinchollo, con información (mapa geológico y muestras de rocas representativas del geoparque), proporcionada por INGEMMET (2017)

## RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

### Mapas

|               |  |
|---------------|--|
| <b>Mapa 1</b> | Mapa Geológico   |
| <b>Mapa 2</b> | Mapa de Unidades Geomorfológicas                             |
| <b>Mapa 3</b> | Mapa de Sitios de interés Geológico y Recursos Geoturísticos |

### Figuras

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Figura 2.1</b>  | Ubicación del área de estudio y accesos.   |
| <b>Figura 2.2</b>  | Temperaturas y humedad en Chivay; distribución climática en la región Arequipa (Cuba & Ita, 2004)  |
| <b>Figura 4.1</b>  | Carátulas de publicaciones internacionales que sobresalen el interés internacional del cañón del Colca. La publicación polaca ha sido traducida al español por la Sociedad Geográfica de Lima  |
| <b>Figura 4.2</b>  | Afloramiento en la margen izquierda del río Huambo (corte de carretera en construcción Huambo-Canco) donde se aprecia el contacto litológico entre las areniscas de la Formación Cachíos (inferior) y secuencias de areniscas con paquetes de limoarcillitas de la Formación Labra   |
| <b>Figura 4.3</b>  | Margen izquierda del río Colca en el sector de Baños La Calera, donde aflora una secuencia del tope del Grupo Yura (areniscas Hualhuani), que infrayacen a las capas rojas Murco y secuencias volcánicas en la parte superior  |
| <b>Figura 4.4</b>  | Valle del río Huambo, visto aguas arriba. Se aprecia una secuencia sedimentaria compuesta por capas de las formaciones Puente, Cachíos y Labra, aparentemente transicional   |
| <b>Figura 4.5</b>  | Vista panorámica en la margen izquierda del río Huambo, sector adyacente y aguas arriba de Huambo. Secuencia estratigráfica plegada que muestra secuencias del Hualhuani, Murco, Arcurquina y Ashua. Se distingue una estructura anticlinal y una colada de lava fisural que desciende hacia el valle, formando levés                              |
| <b>Figura 4.6</b>  | Plegamientos anticlinales y sinclinales en secuencias de la Formación Puente, observados en el valle de Huambo (entre Huambo y Canco). Se nota igualmente replegamientos en las secuencias de lutitas o limoarcillitas   |
| <b>Figura 4.7</b>  | Ejemplos de algunos plegamientos en los estratos de la Formación Puente, expuestos en el valle de Huambo, sinclinales abiertos (izquierda) y en chevron (derecha)  |
| <b>Figura 4.8</b>  | Vista desde el sector de Unca pampa del contacto litológico entre intrusivo granodiorítico y secuencia sedimentaria de las formaciones Puente y Cachíos, en la margen derecha del río Colca  |
| <b>Figura 4.9</b>  | Vista al suroeste desde la carretera Huambo-Pedregal (Majes). Planicie volcánica en el sector de Uchca pampa, circundada por colinas sedimentarias donde se distinguen las secuencias cretácicas de las formaciones Arcurquina y Ashua (anticlinal de Pucaaguada), solapadas por secuencias de la Formación Huambo del Paleógeno (cerro Parapunta) |
| <b>Figura 4.10</b> | Secuencias plegadas del vulcanismo Tacaza, con buzamiento regional hacia el sureste, expuestas en la margen izquierda del Colca entre Tuti, Canocota, en dirección hacia Chivay. Al fondo en el sector de Pampa Antapampa Anta, discordantemente, se encuentran coronadas por secuencias volcánicas más jóvenes                                    |
| <b>Figura 4.11</b> | Contacto discordante entre secuencias estratificadas de los volcánicos Tacaza (secuencia inferior) y lavas con estructura columnar del Grupo Barroso del complejo volcánico Mismi (secuencia superior), sector Tuti.   |



- Figura 4.12** Vista aguas abajo del valle del Colca, desde el sector Pusa Pusa (Tuti), un típico valle en forma de «V». Se distinguen los márgenes del valle con diferentes tipos de formaciones geológicas: 1) Grupo Tacaza en la margen izquierda (PN-ta) ligeramente plegadas; 2) Lavas de la primera generación del Grupo Barroso que descienden del complejo volcánico Mismi (Np-cvm/an1), en la margen derecha (discordantes sobre los volcánicos Tacaza), distribuidas en forma subhorizontal con frentes escarpados; 3) Lavas fisurales asociadas al vulcanismo Andagua ocupando el valle y formando mesetas volcánicas. Hacia el fondo se distingue el complejo volcánico Ampato-Sabancaya
- Figura 4.13** Vista al noreste. En primer plano, secuencias estratificadas volcanoclásticas del Tacaza, solapadas en la parte superior por secuencias lávicas del complejo volcánico Huaracante (NQ-hua/ap1) en la pampa Ichocollo
- Figura 4.14** Imagen satelital vista hacia el norte que muestra en forma aproximada la distribución de productos volcánicos emanados por los volcanes Huaracante y Ananta. Se aprecia, además, los estratovolcanes Hualca Hualca y Mismi.
- Figura 4.15** Vista hacia el este desde el sector de Chimpa. Se aprecia la discordancia entre los depósitos del Grupo Tacaza (laderas inferiores) y el Grupo Barroso del complejo volcánico Mismi (laderas superiores)
- Figura 4.16** Vista hacia el norte en la margen derecha del río Colca. Sector Marcapampa que muestra un substrato rocoso compuesto por secuencias del Grupo Tacaza (laderas inferiores) y cubierto discordantemente por secuencias lávicas y piroclásticas del complejo volcánico Mismi
- Figura 4.17** Vista al noroeste; sector Coporaque. Frente de flujos de lavas (FL) en la pampa Pinaya y el cerro Humajala, así como flujos piroclásticos (FP) del complejo volcánico Mismi, que descansan discordantemente sobre secuencias de los volcánicos Tacaza.
- Figura 4.18** Vista hacia el sur desde el sector de Chimpa. Edificio volcánico Hualca Hualca al fondo y en primer plano el sector de Pinchollo e inicio del cañón del Colca formado por paredes abruptas compuestas de secuencias lávicas del Hualca Hualca. En líneas punteadas, se diferencian los tres eventos lávicos andesíticos.
- Figura 4.19** Imagen satelital del Google Earth que muestra lavas de la primera generación del Hualca Hualca. Llegan a presentarse colgadas aguas abajo de Cabanaconde como resultado de la fase de incisión o erosión del cañón del Colca. Vista E-O mirando hacia el sur.
- Figura 4.20** Imagen satelital en el valle y cañón del Colca que muestra los estratovolcanes del Pliopleistoceno (Mismi, Bomboya, Huaracante y Hualca Hualca); flujos de lava «colgados» datados en 0.65, 0.61, 0.53 y 0.20 Ma. Resalta en el sector izquierdo una amplia cicatriz de colapso en el Hualca Hualca que generó una avalancha de escombros.
- Figura 4.21** **Vista superior:** Desde el mirador de Chimpa al sur, donde se distingue gran parte del depósito de avalanchas del Hualca Hualca, que represó el valle del Colca; depósitos de esta avalancha llegan a los sectores de Mina Madrigal y pie de los poblados de Lari, Madrigal y Maca. **Vista inferior:** hacia el sur desde Yanaseninga (Pinchollo). Se aprecia al fondo el volcán-nevado Hualca Hualca, parte de la media luna o cicatriz de colapso que se abre y al centro en primer plano colinas o «hummocks» (C/H) típicos de una avalancha de rocas; se resalta en círculos algunos grandes bloques en estos depósitos.
- Figura 4.22** En primer plano depósitos lacustrinos del paleolago Colca; se distinguen las terrazas T1 y T2. Al fondo ignimbritas del Mioceno (23-13 Ma), los estratovolcanes Mismi y Bomboya (6-4 Ma) y las lavas del Hualca Hualca (4-2 Ma). Vista en dirección oeste.
- Figura 4.23** En ambas paredes del valle del río Colca, las rocas más antiguas, tales como las areniscas del Jurásico superior, ignimbritas de Mioceno, lava del volcán Hualca Hualca y lavas de hace 0.65 Ma en Achoma. Dentro del valle del río Colca, afloramientos de avalancha de escombros del Hualca Hualca, así como lutitas y limolitas. También se observan las terrazas T1 y T2, como resultado de hasta dos etapas de incisión del valle del río Colca. Vista en dirección este, desde la zona de Pinchollo.
- Figura 4.24** Vista aguas arriba del valle del Colca. En primer plano depósitos lacustrinos de lutita y terrazas T1 y T2 (frente a Achoma; sector Marcapampa) conformadas por depósitos proluviales y aluviales. Al fondo estratovolcán Mismi de hace 4-2 Ma y lavas de hace 0.61 Ma que sobreyacen a las lutitas.

- Figura 4.25** Columna estratigráfica de los depósitos lacustres cuaternarios del valle del Colca. A la derecha se observan fotografías generales y de detalle de las secuencias de tercer orden (I, II y III) y fotografías con las estructuras deformadas «sismitas» A, B, C, D y E). Tomado de Benavente *et al.*, 2012.
- Figura 4.26** Flujo de lavas que yace sobre depósitos lacustres (Fm. Colca) que ha sido datado en 0.6 Ma.; corte subvertical en la carretera entre Maca y Achoma. Se distingue la estratificación en los sedimentos lacustres. Por su importancia este lugar es un sitio de interés geológico.
- Figura 4.27** Vistas de la localidad de Maca panorámica y de detalle, donde se distingue: Depósito de avalancha de rocas (DAR) que descendió por la quebrada Japo y que circunda el lado norte del poblado (figura superior); nótese, en la vista inferior, grandes bloques de roca de la avalancha y, en el lado izquierdo, en ambas figuras, el depósito lacustrino formado por diatomitas (DIAT).
- Figura 4.28** Vista al noreste, aguas arriba del valle del Colca donde se aprecia flujos de lavas que rellenan el valle; la dirección del flujo de las lavas es aguas abajo en dirección hacia Chivay.
- Figura 4.29** Vista aguas abajo del río Colca en el sector Canocota. Al fondo se aprecia el centro volcánico Hatun Orcco, del tiempo Andagua, donde coladas de lava se extendieron hacia el noreste y suroeste relleno el valle, formando una presa natural y un paleolago aguas arriba. Se nota un desnivel desde el punto geográfico señalado con las flechas en el relleno lávico que cerró el valle y en primer plano se aprecia el relleno lacustre utilizado como terrenos de cultivo.
- Figura 4.30** Terrazas en ambos márgenes del río Colca entre Tuti y Canocota con material aluviolacustre; vista aguas abajo
- Figura 4.31** Cortes en los depósitos aluviolacustres en Canocota (A) y Tuti (B) que muestra niveles de gravas y material fino intercalados, pudiendo diferenciarse varios niveles con diferente granulometría.
- Figura 4.32** Imagen satelital donde se resalta en líneas punteadas las zonas ocupadas por el vulcanismo Andahua en el sector de Huambo-Cabanaconde; en el lado derecho el cono moogenético Keyoc.
- Figura 4.33** Vista hacia el sureste donde se muestran flujos de lava que descienden desde Mojonpampa hacia la laguna Mucurca. Al fondo se observa el volcán-nevado Ampato.
- Figura 4.34** Vista al noreste en el sector de Chinini donde se distinguen los flujos de lavas Andahua que cubren superficies preexistentes; en el lado derecho en contacto con areniscas jurásicas de la Formación Labra
- Figura 4.35** Parte del Campo de lavas Uchapampa/Jarán/Hda Jazmín. Se muestra el sector más amplio de este campo volcánico, sector Uchapampa/Jazmín con cuatro volcanes monogenéticos (círculos en rojo) limitadas por rocas sedimentarias.
- Figura 4.36** Vista al oeste. Se aprecia el volcán monogenético Marbas Grande; un campo de lavas desarrollado sobre un piedemonte aluviotorrencial; lavas fisurales que provienen de un sector de la ladera del cerro Pucaguada que descienden hacia la planicie. En primer plano se observa el substrato rocoso conformado por las calizas Arcurquina.
- Figura 4.37** Imagen satelital que muestra el campo de lavas del sector río Molloco. Sobresale en el área un cono volcánico monogenético (círculo en color naranja) y en general un área volcánica desarrollada en un ambiente periglacial. Se distingue en los alrededores zonas con cobertura de hielo-nieve y zonas con fuerte retroceso glaciar, así como un valle encañonado del río Molloco en el tramo ocupado por lavas pliocuaternarias del vulcanismo Andagua.
- Figura 4.38** Esquema neotectónico en la región del Colca (fuente: Benavente *et al.*, 2013)
- Figura 5.1** Vista hacia el norte desde el cerro Tururunca. Afloramientos sedimentarios de las formaciones Labra, Gramadal, Hualhuani, Murco y Arcurquina estructuralmente plegadas. Detalle de las areniscas formando una cuesta estructural. Al lado derecho el cerro Pucaguada con replegamientos en las calizas Arcurquina (A).
- Figura 5.2** Laderas estructurales formando cuevas y rellanos con pliegos disarmónicos en calizas de la Formación Arcurquina, aguas arriba del poblado de Sibayo, margen derecha del río Colca.

- Figura 5.3** Vista hacia el sureste desde la carretera Aplao-Viraco. Sector Andamayo, confluencia del río Taparza al río Colca (tramo final del cañón del Colca). Se distingue en la margen izquierda del Colca los cerros de Andamayo y Jarán con laderas cóncavas, muy disectadas, con drenaje dendrítico, característico de rocas intrusivas.
- Figura 5.4** Vista aguas abajo del cañón del Colca en el sector de Choco. Se aprecian laderas de un valle en V, moderadas a abruptas en rocas metamórficas, donde se resalta en líneas punteadas lineamientos por esquistosidad características, en donde se asocia el drenaje superficial.
- Figura 5.5** Vista hacia el este del sector Tuti aguas arriba del río Colca. Laderas en rocas volcánicas y volcanoclásticas del Grupo Tacaza (A) en la margen izquierda del río Colca y una extensa terraza aluvial, aguas arriba (B)
- Figura 5.6** Vista hacia el suroeste del Mirador de los Andes (Patapampa), planicie o meseta ignimbrítica expuesta en el lado norte del volcán Huaracante. En (A) una amplia planicie que se extiende hacia el complejo volcánico Ampato-Sabancaya. En (B) detalle de las ignimbritas. La vista inferior (C) sector del Mirador exponiendo una superficie amplia y rocosa afectada por la erosión glacial durante el Pleistoceno-Holoceno.
- Figura 5.7** Vista hacia el norte que muestra al fondo el estratovolcán Mismi; al pie de este, sobresalen coladas lávicas con frentes abruptos subverticales asociadas a este estratovolcán en las pampas Pinaya y Pajonal (A). En primer plano, la vertiente aluviolacustre con desarrollo de agricultura en el sector Chivay (B) rellena en su parte superior y margen derecha por campos de lavas basálticas fisurales Andagua que descienden desde el centro volcánico Hatun Orcco (C). En el lado derecho de la figura, laderas con pendientes moderadas a abruptas en frentes de mesetas volcánicas erosionadas del Grupo Tacaza (D), coladas lávicas del estratovolcán Huaracante en la parte superior en el cerro Saylluta (E).
- Figura 5.8** Ladera oeste del nevado Hualca Hualca donde se tiene una vertiente glaciofluvial que desciende hacia la laguna Mucurca. En esta vertiente, se diferencian unas colinas alargadas desarrolladas sobre un substrato volcánico lávico que constituyen morrenas longitudinales, testigos del retroceso glaciar.
- Figura 5.9** Depósito de deslizamiento-flujo entre Chivay y Yanque, margen izquierda del río Colca.
- Figura 5.10** Imagen satelital que muestra una vertiente en la margen derecha del río Colca cerca de Ichupampa, donde se distingue un depósito de deslizamiento de tipo rotacional y flujo de tierra, con pendiente moderada, que compromete terrenos de cultivo.
- Figura 5.11** Vertientes de detritos indiferenciados en una margen del cañón del Colca, frente a las pampas de Ayo (cerro Carigua). Incluye depósitos coluviales y residuales de un substrato sedimentario muy fracturado.
- Figura 5.12** Sectores de Madrigal-Lari-Maca que conforman una vertiente aluviolacustre que descienden con ligera pendiente desde ambos márgenes del Colca
- Figura 5.13** Acumulación de depósitos aluviolacustres (paleolago Colca 2), en el sector entre Tuti-Canocota, ambas márgenes del río Colca, formando terrazas y piedemontes desarrollados por la agricultura y de uso poblacional.
- Figura 5.14** Vista hacia el norte en el sector Huambo. Planicies aluviotorrenciales (P-at) y planicies de travertino (P-t), que caracterizan a esta zona, Limitadas por colinas y montañas sedimentarias y disectadas por el río Huambo y tributarios (Ashua).
- Figura 5.15** Vista hacia el sureste del valle agrícola de Huambo desarrollado sobre un piedemonte aluvial o aluviotorrencial. Limitan las zonas planas colinas y montañas estructurales en rocas sedimentarias.
- Figura 5.16** Abanico proluvial en el sector de Coporaque con ligera inclinación al río Colca (A); limita con campos de lavas fisurales de Andagua (B). Vista hacia el noroeste. Al fondo colinas y montañas en rocas volcánicas y volcanoclásticas que circundan a Coporaque (C); planicies volcanoclásticas (D) y flujos de lavas del complejo volcánico Mismi en la parte superior (E).
- Figura 5.17** Valle del río Pulpera entre Callalli y Sibayo, afluente del río Colca por la margen izquierda. Muestra una amplia llanura de inundación y terrazas bajas discontinuas.

- Figura 6.1** Imagen oblicua del Tramo 1 del cañón entre Pinchollo y Cabanaconde eminentemente de influencia litológica volcánica. Se aprecia el estrato volcán Hualca Hualca y una forma de herradura avista hacia el río Colca y un tramo inicial del cañón eminentemente formado sobre rocas volcánicas.
- Figura 6.2** Imagen oblicua del Tramo 2 del cañón donde se distingue una planicie lávica (lavas Andahua) en la margen izquierda afectada por el sistema de fallas Huambo-Cabanaconde (El Trigal, Solarpampa). El fondo del cañón con secuencias intrusivas y metamórficas muy fracturadas y con esquistosidad, solapadas por secuencias volcánicas del Hualca Hualca, que llegan hasta frente de Choco.
- Figura 6.3** Imagen oblicua del Tramo 3 del cañón dominado litológicamente por secuencias sedimentarias jurásico-cretácicas. Resaltan el valle de los volcanes de Andagua (A) y su prolongación en la margen izquierda al sector de Huambo con algunos conos monogenéticos y campos de lavas recientes, Gloriahuasi-Jarán (B).
- Figura 6.4** Vista desde Uncapampa hacia Ayo. Secuencia predominantemente sedimentaria en la margen derecha cortada por intrusivo (cerro Sucna). En la margen izquierda del cañón del Colca la secuencia sedimentaria jurásico-cretácica está cubierta por lavas recientes Andagua.
- Figura 6.5** Tramo 4 del cañón del Colca al suroeste de Huambo. Se distingue una secuencia sedimentaria que sigue un alineamiento estructural NO-SE, en contacto con rocas intrusivas expuestas en los cerros de Jarán-Andamayo.
- Figura 7.1** Secciones hidrogeológicas transversales al valle del Colca que definen el modelo de infiltración o recarga, las características litológicas y estructurales del substrato rocoso y los puntos de surgencia de manantiales fríos y calientes encontrados en los sectores de Lari-Maca, Yanque y La Calera. Se puede apreciar que la recarga se produce a través de la infiltración de aguas meteóricas a través de fracturas en las rocas volcánicas fracturadas. En los tres casos las surgencias están relacionadas a fallas; sin embargo, llegan a aflorar en superficie en diferentes unidades geológicas; tanto en Yanque y La Calera se tienen manantiales termales desarrolladas como baños (Chacapi y La Calera respectivamente). (Tomada de Peña *et al.*, 2012).
- Figura 11.1** Crecimiento anual del turismo en el Colca 2005-2015 (Fuente: Elaboración propia con datos, proporcionados por Autocolca).
- Figura 11.2** Turistas nacionales y extranjeros que visitaron el Colca entre el 2005-2015 (Fuente: Elaboración propia con datos de Autocolca, 2016)
- Figura 11.3** Ruta Turística del Valle del Colca (Fuente: Autocolca).
- Figura 11.4** Vista de la ruta turística y accesos al valle del Colca (Fuente: Autocolca).
- Figura 11.5** Diagrama triangular: Factores condicionantes del geoturismo donde la geología es el pilar del conocimiento geológico a través del patrimonio geológico (Modificado de Meléndez *et al.*, 2007).
- Figura 11.6** Sector Coporaque vista al noroeste que muestra tres eventos volcánicos en diferentes tiempos geológicos. Vertiente aluvial cubierta por flujos de lavas Andagua del Pleistoceno (en líneas punteadas) que rellenan el piso de valle. A lado norte de Coporaque lavas andesíticas y tobas del Grupo Tacaza del Mioceno (C° Pumachiri) y flujos andesíticos del complejo volcánico Mismi del Plioceno (pampa Finaya).

### **Fotografías**

- Fotografía 2.1** Pajonal de Puna que circunda el sector de la meseta ignimbrítica expuesta en el sector de Callalli
- Fotografía 2.2** Anfiteatro labrado por la erosión fluvial sobre secuencias aluviales y lacustres de la Formación Colca y desarrollada en andenes para la agricultura
- Fotografía 2.3** Especies arbustivas desarrolladas en el fondo de cauces o quebradas y también laderas; sector del camino Huambo-Canco (río Huambo)
- Fotografía 2.4** Dos vistas de especies vegetales cactáceas expuestas en las zonas de Huambo-Cabanaconde (superior) y Chivay (inferior)

- Fotografía 2.5** Especies arbustivas con presencia de vicuñas (sector LLajuapampa, Huambo) y pencas en las márgenes del cañón del Colca; entre Pinchollo y Cabanaconde
- Fotografía 2.6** Abundantes especies cactáceas espinosas desarrolladas sobre terrenos volcánicos, al este de Huambo
- Fotografía 2.7** Rodal de *puyas raymondii* en la falda norte y noreste del cerro Tururunka (Huambo); en la vista inferior en detalle de esta.
- Fotografía 2.8** Cuerpos de agua y bofedales desarrollados sobre depresiones o cerradas generadas por flujos de lavas del Grupo Andagua (sector Chocpayo, Coporaque); en la vista inferior se aprecia la presencia de aves en estos cuerpos de agua.
- Fotografía 2.9** Bosques de queñuales expuestos al sureste de Huambo que están acompañados de especies arbustivas.
- Fotografía 2.10** Vertiente superior del Hualca Hualca con suelos arenosos a pedregosos (A); bloques rocosos con presencia de algunos líquenes (B). Yaretas en la ruta Ran Ran hacia el Mismi (C y D).
- Fotografía 3.1** Expresión rupestre en las cuevas de Mollepunco
- Fotografía 3.2** Pinturas rupestres de camélidos encontradas en las cuevas Mollepunco
- Fotografía 3.3** Vista panorámica de la ciudadela de Uscallacta en la margen izquierda del valle del Colca. Se pueden apreciar de cerca algunos muros de piedra con rastros de estuco. Este importante centro administrativo dominaba el ingreso del valle y controlaba la producción en toda la región
- Fotografía 3.4** Sistema de andenes a nivel de las terrazas aluviolacustres en un tramo del valle del Colca
- Fotografía 3.5** Andenerías y cultivos de quinua en las inmediaciones de la ciudadela Uyo Uyo, conjunto arquitectónico representativo de los collaguas (vistas superiores)
- Fotografía 3.6** Detalles de las terrazas o andenes en las márgenes del río Colca y en las terrazas altas aluviales (bancales), cercanas a los poblados y en ambos márgenes del río Colca
- Fotografía 4.1** Facies metamórficas encontradas en la carretera que desciende hacia el cañón del Colca y conduce al poblado de Choco, margen izquierda del río Colca (UTM: 815828 E; 8273039 S).
- Fotografía 4.2** Afloramientos de calizas y margas de la Formación Socosani en el sector de Canco, cañón del Colca (A); el detalle muestra los estratos delgados (B).
- Fotografía 4.3** Camino Huambo-Canco. Afloramientos de arcillitas con capas de areniscas de la Formación Puente (A); el cauce del río Huambo transcurre contando capas subverticales formando rápidos y cascadas (B).
- Fotografía 4.4** Afloramientos de areniscas de la Formación Labra, en la margen derecha del río Colca, aguas arriba de Sibayo, vista hacia el noroeste
- Fotografía 4.5** Secuencias arcillosas abigarradas de la Formación Gramadal en un corte de la carretera Huambo-Cabanaconde, sector Chinini
- Fotografía 4.6** Secuencias plegadas de la Formación Hualhuani expuestas cerca de Coporaque (A) y estratos horizontales cerca de Madrigal (Margen derecho del río Colca, B)
- Fotografía 4.7** Calizas Arcurquina con detalles de presencia de nódulos en sus capas, generalmente, medianas a gruesas
- Fotografía 4.8** Secuencias de la Formación Arcurquina con abundantes restos fragmentados de fósiles marinos
- Fotografía 4.9** Secuencias de la Formación Ashua en la margen izquierda de la quebrada Sen Sen, al este de Huambo (A); detalle de las areniscas de la Formación Ashua en la fotografía derecha (B)
- Fotografía 4.10** Vistas del sector de Chimpa, margen derecha del río Colca, en el tramo inicial del cañón, con afloramientos del Grupo Tacaza
- Fotografía 4.11** Lavas oscuras (fotografía izquierda) y la estructura columnar típica (fotografía derecha) en los volcánicos Tacaza
- Fotografía 4.12** Detalle de las secuencias volcánicas encontradas en el sector de Tuti (Camino Tuti – Pumunuta), fracturadas y moderadamente meteorizadas

- Fotografía 4.13** Secuencias sedimentarias que se intercalan en las unidades volcanoclásticas de la Formación Orcopampa, expuestas entre Sibayo y Tuti. Se aprecian las estructuras sedimentarias de ondulitas.
- Fotografía 4.14** Puntones de ignimbritas en el puente ubicado en la carretera entre Yanque y Coporaque. Vista aguas abajo en el río Colca.
- Fotografía 4.15** Afloramientos de aglomerados volcánicos en un tramo de la carretera principal que accede hacia la localidad de Chivay. Se distingue de cerca (fotografía izquierda) fragmentos líticos de tamaños entre 8-10 cm de diámetro
- Fotografía 4.16** Secuencias horizontales de ignimbritas de la Formación Palca, al este de Callalli, sector de los «Castillos de Callalli»
- Fotografía 4.17** Sector Patapampa, sitio de afluencia de turistas que visita el valle del Colca. Superficie plana con substrato volcánico piroclástico que proviene del estratovolcán Huarancante
- Fotografía 4.18** Túnel en el cerro Blanco, carretera entre Maca y Pinchollo que atraviesa secuencias de tobas del complejo volcánico Mismi
- Fotografía 4.19** *Slump* de aproximadamente 3 metros de espesor, donde se pueden observar los depósitos lacustres deformados, formando pliegues asimétricos con planos axiales opuestos (Foto Benavente *et al.*, 2012).
- Fotografía 4.20** En la parte inferior de la fotografía, se observan conglomerados típicos de un sistema fluvial, suprayaciendo depósitos finos laminados. Esta secuencia sedimentaria pertenece al segundo lago del valle.
- Fotografía 4.21** *Slump* de aproximadamente 1 metro de espesor, el material involucrado es básicamente arena fina con niveles finos de limoarcillitas, el despegue de este deslizamiento fueron 20 cm de arcillitas, comportándose este como un jaboncillo y facilitando el deslizamiento.
- Fotografía 4.22** Hacia la base depósitos lacustres en donde se reconocieron 8 niveles de sismitas. Hacia el tope en contacto erosivo, lavas del Hualca Hualca datadas por Klinck *et al.* (1986) en 0.61 Ma.
- Fotografía 4.23** *Slump* en la secuencia IV de la Formación Colca. Fotografía tomada en Achoma.
- Fotografía 4.24** Detalle de las diatomitas en el sector este de la localidad de Maca, sobre un depósito más antiguo
- Fotografía 4.25** Detalle de un sector de Chuaña pampa, cerca de Chivay, meseta volcánica con más de 50 metros de altura por encima del cauce del Colca. Al fondo el volcán Ampato.
- Fotografía 4.26** Vistas de cerca de los volcánicos Andagua de lavas oscuras basálticas. La fotografía izquierda en la trocha hacia puente Choco en el cañón del Colca y la fotografía derecha cerca de Chinini en contacto con las areniscas Labra.
- Fotografía 4.27** Presencia de travertino en la zona de Huambo. Refleja procesos asociados a la existencia de cursos de aguas que atraviesan rocas calcáreas y las condiciones de temperaturas favorables para su precipitación en forma de calizas concrecionadas. (A, B); así como aprovechamiento minero artesanal (C).
- Fotografía 4.28** Falla Trigal. Vista hacia el oeste-noroeste
- Fotografía 4.29** Falla Solarpampa
- Fotografía 4.30** Falla Madrigal (fotografía, Carlos Benavente)
- Fotografía 4.31** Falla activa Yanque, en la parte alta (4800 m), margen izquierda del río Colca (fotografía: Carlos Benavente)
- Fotografía 5.1** Sector Callalli con mesetas y colinas de ignimbritas, en el sector conocido como «Castillos encantados de Callalli». Vista hacia el suroeste, al fondo el nevado Mismi
- Fotografía 5.2** Coladas de lavas cuaternarias en el sector de Solarpampa. Vista al oeste-noroeste.
- Fotografía 5.3** Coladas que lava que descienden desde el sector de Mojo pampa. Se aprecia en el pie de las lavas el aprovechamiento de tierras de cultivo con andenes (sector Chinini). Vista tomada desde Hayaquima.
- Fotografía 5.4** Conos volcánicos monogenéticos Marbas Chico y Marbas Grande; carretera Huambo-Alto Sihas. Vista al suroeste.
- Fotografía 5.5** Vista al sureste en el sector Ran Ran, trocha que accede a la vertiente norte del Mismi; vertientes glaciofluviales y morrenas, (M) que colindan con algunos bofedales o lagunas pequeñas.
- Fotografía 5.6** Sector Marcapata, frente a Achoma, con gran acumulación de depósitos aluviolacustres; evidencian, además, la incisión del valle y la formación de terrazas aluviales.

- Fotografía 5.7** Valle fluvial y terrazas indiferenciadas en el cauce del Colca, aguas arriba de Chivay. Limitan vertientes aluviolacustres (A) en las partes bajas en la margen izquierda y campos de lavas fisurales Andagua (B) en la margen derecha, formando frente escarpados por encima del cauce.
- Fotografía 5.8** Confluencia de los ríos Pulpera y Colca. Unidad de valle inundable y terrazas bajas en el sector de Sibayo, limitadas por colinas volcánico – sedimentarias.
- Fotografía 6.1** Vista aguas abajo de parte del tramo 1 del cañón del Colca observado desde Chimpa. Se aprecia una pared casi vertical con varios niveles de flujos de lava del Hualca Hualca con estructura columnar.
- Fotografía 6.2** Tramo de la carretera que desciende hacia Choco donde se aprecian secuencias intrusivas y metamórficas en ambas márgenes del río Colca.
- Fotografía 6.3** Depósitos lacustres en las vistas superiores (A y B) y substrato de calizas de la Formación Socosani en el lecho del cañón del Colca. Sector Canco (C).
- Fotografía 7.1** Afloramiento de areniscas de la Formación Murco, en la margen izquierda del río Colca en el sector de La Calera, en donde se presentan fuentes termales.
- Fotografía 7.2** Manifestaciones termales en el sector La Calera, Chivay. Terrazas con sinter de manera cónica (A) y afloramiento de agua terrenal (B).
- Fotografía 7.3** Sector Baños El Inca, margen izquierda del río Colca. La fuente termal aflora en rocas del Grupo Tacaza. Nótese en la vista (A) la roca volcánica afectada por procesos hidrotermales; en (B) la infraestructura existente de los baños termales.
- Fotografía 7.4** Sector Umaro. La fuente termal aflora en rocas del Grupo Tacaza cuyo substrato en las márgenes muestra una zona de tobas sublimadas, hidrotermalizadas en la parte inferior.
- Fotografía 7.5** Manantial termal en el sector Sallihua. Terraza aluvial con presencia de sinter, las pozas utilizadas como baños son rústicas.
- Fotografía 7.6** Sector Pacla aguas abajo de Sangalle-Cabanaconde. Manifestaciones termales en el cañón del Colca. La vista superior muestra una panorámica de la zona; aguas abajo está el puente que une la carretera Cabanaconde-Tapay (UTM: 178317 E, 8273491 S).
- Fotografía 7.7** Vista de las manifestaciones termales en la quebrada Huayuray, sector conocido como géiser de Pinchollo (UTM: 193232 E y 8265089 SA)
- Fotografía 7.8** Sector adyacente a la quebrada Huayuray con manifestaciones termales, conocida como Puye Puye (UTM: 193203 E y 8265085 S)
- Fotografía 7.9** Sector aguas arriba de Canco. Manifestaciones termales en el cañón del Colca con afloramientos por fracturas en secuencias de la Formación Socosani. La vista superior muestra las calizas subhorizontales en la margen derecha del río (A); en (B) una poza artesanal utilizada por la población local.
- Fotografía 8.1** Yacimiento de travertino por desarrollar (vista superior) y sitios actuales de explotación para producción de cal en las afueras de la localidad de Huambo (vistas inferiores)
- Fotografía 9.1** Troncos fosilizados encontrados en el río Colca (A) y en el cerro Tururunca (B y C), al oeste de Huambo
- Fotografía 9.2** A,B,C: Icnitas fósiles encontradas entre Huambo-Pedregal, Tipán-Capiza y Querulpa (cerca del geoparque) ; huellas encontradas en la ruta Huambo-Canco, cerca de Canco (D,E).
- Fotografía 10.1** Una de las diferentes maquetas en piedra encontradas en el valle del Colca; sector Chimpa. Representan el diseño de andenerías y sistema de drenaje concebidos por los antiguos peruanos, con lo que ganaban mas tierras de cultivo.
- Fotografía 10.2** Paredes, muros, puertas y dinteles y algunas figuras encontradas en la ciudadela Uyo Uyo, donde se resalta el uso de roca volcánica. Algunos sectores muestran paredes originales y en otros sitios restaurados, diferenciándose, además, un mejor tallado realizado en los bloques de roca en algunos sectores y las escalinatas en los desniveles de muros (piedras salientes llamadas «takilpo» que unen unos andenes con otros» (fotografía inferior derecha).

- Fotografía 10.3** Andenes en los bordes de la ciudadela Uyo Uyo. La vista derecha muestra un drenaje en el piso que servía para el riego de las tierras en los andenes circundantes utilizados hasta la actualidad. Generalmente, el uso de la piedra, en los muros de los andenes, es material removido del depósito de vertiente del lugar y en parte del substrato rocoso volcánico expuesto en la ladera superior.
- Fotografía 10.4** Muestras de las Colcas en un tramo del río Colca en Chininia (izquierda) y Colcas Pumunuta en una ladera volcánica lávica (Volcánicos Barroso). En ambos sectores, se trata de sitios especiales para la conservación (refrigeración y ventilación) de semillas de maíz, quinua y papa utilizados según los estudios arqueológicos como germoplasma por la cultura de los collaguas.
- Fotografía 10.5** Chullpas cercanas a la localidad de Chivay y detalle de los bloques de rocas volcánicas lávicas (basáltica-andesíticas) del Grupo Andagua utilizados en estas construcciones.
- Fotografía 10.6** Fortaleza de Chimpa, sitio de vigilancia o control en el cañón del Colca. Recintos de piedra con utilización de lavas del Grupo Tacaza en la margen derecha del cañón del Colca
- Fotografía 10.7** Utilización de areniscas de la Fm. Puente en la muralla Tambo (A) y areniscas de la Fm. Labra en la fortaleza Hayaquima (B y C). Bloques de roca poco trabajados usados por su disposición de uso horizontal separados de los estratos. En las vistas inferiores (D y E), se muestra un tramo de camino empedrado Huambo-Canco construido con utilización también de material predominantemente sedimentario.
- Fotografía 10.8** Vista panorámica y detalles de las construcciones en piedra en Ñaupallacta (Tuti A). Se puede distinguir el ancho empleado en los muros o paredes, el uso de material volcánico utilizando preferentemente material en laja para su disposición horizontal, así como la incorporación de técnicas en arco en los portales (B,C,D,E).
- Fotografía 10.9** Iglesias en el Colca: 1) Templo de San Antonio de Padua (Callalli); 2) Inmaculada Concepción de Yanque; 3) Santiago Apostol de Coporaque; 4) Purísima Concepción de Lari; 5) Iglesia Los Santos Reyes y Nuestra Señora de Belén (Achoma); 6) San Lorenzo de Huambo; 7) Templo San Pedro de Alcántara (Cabanaconde) y 8) Templo Santa Ana (Maca)
- Fotografía 10.10** Puente El Inca, Chivay (izquierda) y puente Yanque en el sector Chacapi (derecha)
- Fotografía 10.11** Ran Ran, construcción antigua utilizando ignimbritas y lavas. En los alrededores, predomina una roca lávica que suena al golpe del martillo, de ahí el nombre de «Ran Ran».
- Fotografía 10.12** Exteriores e interiores del templo San Pedro de Alcántara de Cabanaconde. Se aprecia el deterioro por la humedad en las paredes exteriores, así como los daños en el techo interior y su apuntalamiento, trabajos iniciados en el 2015.
- Fotografía 11.1** Lugar de información turística de Autocolca en Chivay y Centro de Interpretación Chivay - Colca.
- Fotografía 11.2** Oficinas de Autocolca en Arequipa e instalaciones de la oficina del proyecto Geoparque Colca y Volcanes de Andagua, implementada el 2017 con asesoría de Ingemmet.
- Fotografía 11.3** Punto de control de ingreso al Colca en la entrada a la localidad de Chivay (izq.) y control de ingreso en Pinchollo hacia el mirador El Cóndor (der.)
- Fotografía 11.4** Infraestructura hotelera, construida en las márgenes del valle del Colca entre Chivay y Yanque; tratando de mantener la armonía con el paisaje natural circundante.
- Fotografía 11.5** Casa Mamayacchi en la salida de Coporaque que conduce hacia Colca Lodge
- Fotografía 11.6** Establecimiento de Turismo vivencial en el distrito de Sibayo 48.
- Fotografía 11.7** Restaurante Turístico - Chivay (fotografías superiores) y en una casa vivencial en Sibayo (inferior)
- Fotografía 11.8** Terminal Terrestre en Chivay: Vistas externa e interna
- Fotografía 11.9** Tienda de productos artesanales en el Boulevard de Chivay
- Fotografía 11.10** Taller artesanal y venta de souvenir en Coporaque
- Fotografía 11.11** Localidad de Chivay, capital de la provincia de Caylloma
- Fotografía 11.12** Acceso vial al Valle del Colca



- Fotografía 11.13** Caminos empedrados que acceden a lugares turísticos y puente El Inca, cerca de Chivay. Resaltan el uso del recurso natural con que se cuenta: rocas volcánicas.
- Fotografía 11.14** Vistas de cuatro piscinas de agua termal en los Baños La Calera, Chivay
- Fotografía 11.15** Vista externa del complejo de baños termales La Calera, en la margen izquierda del Colca
- Fotografía 11.16** Toma en la fuente natural (izquierda) y distribución de las aguas termales en La Calera (derecha)
- Fotografía 11.17** Baños Termales de Chacapi – Yanque, margen izquierda del Colca. En el lado derecho panel interpretativo de la fuente termal elaborado por Ingemmet.
- Fotografía 11.18** Vistas de los baños termales El Inca, sector Callalli, margen izquierda del río Colca
- Fotografía 11.19** Oasis en Sangalle, Cabanaconde. Piscinas de aguas temperadas en la margen izquierda del Colca
- Fotografía 11.20** Infraestructura termal en construcción, sector Umaro (2012); vista actual desarrollada (2018).
- Fotografía 11.21** Infraestructura hotelera con acondicionamiento y construcción de baños termales en la margen derecha del río Colca, propiedad del hotel Colca Lodge
- Fotografía 11.22** Baños termales en la margen derecha del río Colca, aguas abajo de Cabanaconde; a un lado de la carretera Cabanaconde-Tapay
- Fotografía 11.23** Aguas termales El Tambo, que se acceden por un puente colgante desde Yanque
- Fotografía 11.24** Imágenes del centro de interpretación Tocra del Sernanp – Reserva Nacional Salinas Aguada Blanca. Destacan los diferentes aspectos de la biodiversidad, aspectos culturales. En la parte inferior derecha una sala vacía donde Autocolca tiene proyectada una sala temática eminentemente geológica que describa las características del Colca.
- Fotografía 11.25** Sector Mirador de Los Andes; resalta la indicación y dirección de los principales volcanes en la vista panorámica (superior). En las vistas inferiores señalización del mirador del geoparque y un panel explicativo (elaborado por Ingemmet en inglés y español) con descripción geológica del lugar.
- Fotografía 11.26** Mirador del Mismi, vista de Chivay y el valle del Colca, apreciándose los campos de lava que descienden desde el sector Canocota. En la vista derecha el panel elaborado por Ingemmet para este mirador.
- Fotografía 11.27** Sector donde se aprecian los baños termales de Umaro y está proyectado un mirador y panel geológico explicativo del origen de las aguas termales.
- Fotografía 11.28** Sector Mirador Achoma. Lavas de 0.6 millones de años sobre depósitos lacustres del Colca un importante evento geológico cuaternario. Para evitar el peligro que representa la ocurrencia de caída de rocas para los visitantes o turistas el panel explicativo ha sido ubicado al frente (vista derecha).
- Fotografía 11.29** Sector Mirador el Molino-Maca; se aprecia en el lado izquierdo la colina de humocks que circunda el poblado de Maca; en el lado derecho los depósitos de Diatomitas Maca y el hito de señalética de geositios.
- Fotografía 11.30** Valle del Colca desde el mirador Wayrac Punku vista aguas arriba, donde resaltan las escarpas y cuerpos de deslizamientos de Madrigal y Lari; las terrazas o andenerías desarrolladas sobre terrenos lacustres de la Formación Colca.
- Fotografía 11.31** Sector Mirador Choquetico: Colcas y maqueta en piedra.
- Fotografía 11.32** Aspectos geológicos y turísticos antes de llegar al mirador El Cóndor, zona del Cañón del Colca. Las vistas superiores muestran una depresión intralávica y laguna (hito del geositio en el geoparque), así como parte del depósito de avalancha del Hualca Hualca en el sector del cañón. La vista inferior el panel interpretativo que explica el origen del cañón del Colca.
- Fotografía 11.33** Limite de distribución del campo de lavas en el lado oeste (vista superior); sector central con flujos extendidos hacia las márgenes del valle; cañón del río Lunta, aguas arriba desde un centro de emisión volcánica (fotografía inferior derecha).
- Fotografía 11.34** Depósitos lacustres aguas arriba de Canocota con estructuras sinsedimentarias; manantial termal y sinter y secuencia sedimentaria en el sector La Calera.

- Fotografía 11.35** Chullpas en las cercanías de Chivay que se emplazan sobre una planicie volcánica lávica (lavas del Grupo Andagua). La vista derecha un detalle del trabajo en piedra una chullpa circular.
- Fotografía 11.36** Lavas con estructura columnar: geosito que caracteriza a lavas del Grupo Barroso en el camino que conduce a la cueva de Pumunuta; se trata de un tramo empedrado que accede a Pumunuta y Ñaupallacta – Tuti.
- Fotografía 11.37** Cuevas de Pumunuta en la vista superior; señalización de la ruta indicando distancias y vista panorámica de la ciudadela Ñaupallacta en la vista inferior, emplazada en un amplio anfiteatro glacial labrado sobre rocas volcánicas del complejo Volcánico Mismi.
- Fotografía 11.38** Vista panorámica aguas arriba de la campiña de Tuti, desde las cuevas de Pumunuta; detalle al interior de las cuevas de los almacenes, utilizando fragmentos de andesitas que afloran en este lugar.
- Fotografía 11.39** Vista panorámica, tomada desde Chimpa donde se aprecia el sector de Pinchollo, el inicio del cañón del Colca y la amplitud de la vertiente del Hualca Hualca con una forma en herradura abierta hacia el río Colca a la cual se asocia la avalancha volcánica que produjo el represamiento y paleolago del Colca.
- Fotografía 11.40** Quebrada Huayuray, camino al géyser de Pinchollo. Depósitos en el cauce y albardones o levé de flujos de lahares que descendieron del Hualca Hualca en la década de los 90' por la actividad volcánica del Sabancaya.
- Fotografía 11.41** Morfología de la quebrada Huayuray donde resaltan marmitas de gigante y flujos de material en el cauce y depósitos glaciofluviales o morrenas en las márgenes de la quebrada. Resaltan el panel explicativo al inicio de la ruta al géyser y la señalización en el geosito propuestos por Ingemmet en esta georuta.
- Fotografía 11.42** Camino de acceso a la fortaleza Chimpa; «Ventana de Chimpa» labrada en rocas volcánicas del Grupo Tacaza con vista hacia el valle en Madrigal
- Fotografía 11.43** Maqueta de andenes y la «silla del mandatario» (vista superior); tramo final con escalinatas de ascenso a la fortaleza Chimpa en las dos vistas inferiores, margen derecha del cañón del Colca
- Fotografía 11.44** Descenso hacia el cañón del Colca a la zona de Sangalle; el camino atraviesa secuencias lávicas del Hualca Hualca con típicas estructuras columnares en varios tramos del camino. En Sangalle se cuenta con piscinas de agua termal y alojamiento.
- Fotografía 11.45** Fondo del cañón del Colca en Sangalle. Puente que continúa hacia la localidad de Tapay, afloramiento de rocas volcánicas del grupo Tacaza. Los depósitos superficiales de color amarillento se atribuyen a acumulación de avalancha de rocas del Hualca Hualca (A, B, C).
- Fotografía 11.46** Zona termal de Paclla en la ruta Cabanaconde-Tapay (A); catarata de Phuré (B) y vista panorámica de Cabanaconde donde el mirador local.
- Fotografía 11.47** Oquedades y formas observadas en los travertinos, así como un cauce angosto que forma rápidos y caídas de agua cortando un substrato sedimentario plegado.
- Fotografía 11.48** Camino pedestre conservado que conduce hacia Canco. Vistas A y B muestra con laderas controladas por la estratificación y un detalle de la plataforma del camino utilizando rocas sedimentarias (Fm. Puente) En la vista C, zona agrícola en Canco; al fondo con coloración oscura, depósitos volcánicos del Grupo Andagua.
- Fotografía 11.49** Aspectos estructurales (plegamientos) en el valle de Huambo, que controlan el curso del río Huambo, general «recodos» así como rápidos o cascadas en su cauce.
- Fotografía 11.50** Depósitos lacustres como resultado de embalse producido por lavas del volcanismo Andagua y deporte de canotaje en la zona (vista superior) con calizas del Socosani en las paredes del cañón. Zona arqueológica en Canco (vista central). Productos frutales que crecen en este piso ecológico en Canco a 1450 m.snm.
- Fotografía 11.51** Colcas de Chininia y estructuras de sismitas en sedimentos de la Formación Colca; sector encañonado del río Colca entre Chivay y Yanque.
- Fotografía 11.52** Anfiteatro de Oscolle, andenerías en el sector de Coporaque – Yanque. Al fondo el poblado de Yanque.
- Fotografía 11.53** Ciudadela Uyo, Uyo, centro arqueológico en piedra volcánica.
- Fotografía 11.54** Baños termales Chacapi (Yanque); piscinas y pozas termales en ambas márgenes del río Colca.

- Fotografía 11.55** Terrazas y andenerías afectadas por deslizamientos entre Lari, Madrigal y Mina Madrigal, margen derecha del Colca (vista aguas arriba).
- Fotografía 11.56** Deslizamientos de Maca (derecha) y Lari (izquierda), vista aguas arriba.
- Fotografía 11.57** Troncos fosilizados en la Fm. Hualhuani y restos de fósiles marinos en la Fm – Arcurquina (A y B); Fallas geológicas activas El Trigal y Solarpampa (C y D); centros volcánicos Mojonpampa y Keyoc, que extienden sus lavas hacia Chinini y la laguna Mucurca respectivamente (E y F).
- Fotografía 11.58** Camino prehispánico en dirección hacia la laguna Mucurca que bordea la laguna y aparentemente se dirigía hacia el nevado Ampato, sitio de sacrificios. En la parte inferior uno de los volcanes monogenéticos que se aprecian en la ruta Huambo – Pedregal.
- Fotografía 11.59** Laguna temporal Llajuapampa y cono volcánico del mismo nombre; vicuñas descienden a este sector por agua. Ruta a Pedregal (Majes).
- Fotografía 11.60** Cuevas de Mollepunco con figuras rupestres de camélidos sudamericanos; promontorios aislados y torreones denominados «Castillos de Callalli», desarrollados sobre una meseta de ignimbritas erosionada. Se distingue también estructura columnar en las ignimbritas que favorece la erosión vertical.
- Fotografía 11.61** Sibayo, población con viviendas construidas en piedra con techos a dos aguas (A, B, C); templo local restaurado (D). Vista inferior (E) con cuevas estructurales y pliegues disarmónicos en las calizas Arcurquina (en el lado derecho geoforma localmente conocida como «El Lagarto»).
- Fotografía 11.62** Vertiente superior del Mismi, divisoria de aguas del río Colca (A), detalle de lavas en lajas en este sector (B); trayecto con presencia de bofedales y lagunas.
- Fotografía 11.63** Vertiente superior del Mismi; planicie antes de llegar al Mismi con vicuñas en la ruta. Poblado y templo de Ran Ran construido en piedra (sillar y lavas).

### Cuadros

- Cuadro 1** Principales vías de acceso al Colca: distancias y tiempos
- Cuadro 2** Áreas con cobertura glaciaria en los límites norte y sur de la subcuenca Colca
- Cuadro 3** Vulcanismo pliocuaternario en el valle del Colca, distribución y características
- Cuadro 4** Diversidad geológica en la subcuenca del Colca
- Cuadro 5** Lugares de interés geológico en la subcuenca del Colca entre Sibayo-Callalli y Andamayo
- Cuadro 6** Iglesias coloniales en el Colca





Av. Canadá 1470 - San Borja, Lima 41, Perú

Teléfono: 051 - 1- 618 9800

Fax: 051-1-225-3063 | 051-1-225-4540

[www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)

[comunicacion@ingemmet.gob.pe](mailto:comunicacion@ingemmet.gob.pe)