PERÚ Ministerio de Energía y Minas
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET

INGEMMET
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Caral Sagrado PERÚ
Ministerio de Cultura
UNIDAD EJECUTORA 005
Zona Arqueológica Caral

Boletín N° 5 serie I Patrimonio y Geoturismo

Geología de la Ciudad Sagrada de Caral

Víctor Carlotto
Ruth Shady
Daysi Manosalva
Teresa Velarde
Walter Pari

SERIE PATRIMONIO Y GEOTURISMO
N° 5, 2011

Hecho el Depósito Legal N° 2011-09497
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima-Perú
Primera Edición, INGEMMET 2011
Se terminó de imprimir el 31 de julio del año 2011 en los talleres de: Imprenta Cano s.r.l.

© INGEMMET
Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Walter Casquino
Secretario General: Juan Carlos Lam

Comité Editor: Lionel Fidel, Humberto Chirif, Víctor Carlotto, Giovanna Alfaro.

Dirección encargada del estudio: Dirección de Geología Regional.

Unidad encargada de la edición: Unidad de Relaciones Institucionales.

Revisión Geocientífica: José Cárdenas y Lionel Fidel
Digitalización y SIG: Martín Oviedo
Corrección gramatical y de estilo: Glenda Escajadillo
Diagramación: Sonia Bermúdez Lozano

Portada: Ciudad Sagrada de Caral

Referencia bibliográfica:
Carlotto, V.; Shady, R.; Manosalva, D.; Velarde, T. y Pari, W. (2011) - Geología de la Ciudad Sagrada de Caral - *INGEMMET,* Boletín, Serie I: 5, 81p.

RESUMEN

La Ciudad Sagrada de Caral es el asentamiento urbano con arquitectura monumental más antigua de América cuya edad es de 4600 a 4100 años y habría sido ocupada entre 500 y 660 años. Se localiza en la margen izquierda del río Supe, a una altura de 350 msnm, en la costa central del Perú, en el distrito de Supe, provincia de Barranca y departamento de Lima. Toda la ciudad sagrada fue construida con piedras, lo que otorgó monumentalidad a sus pirámides, recintos y viviendas. Aquí se puede ver el inicio de lo que más tarde, es decir 4000 años después, fueron las construcciones monumentales en piedra de Machupicchu, Choquequirao y Saqsaywaman.

La ciudad sagrada está ubicada sobre una terraza fluvial del río Supe y sobre depósitos de aluviones en la desembocadura de la quebrada Chupacigarro. Las unidades litológicas que afloran en la zona, son las dioritas y andesitas de edad cretácica. Las fracturas y diaclasas de las rocas han sido aprovechadas por los constructores de Caral con el fin de extraer las piedras de las canteras que se hallan in situ y alrededores de la ciudad. La diorita fue la roca más utilizada en las construcciones, constituyendo un buen material, tanto por su composición, así como por su estructura. Las canteras se localizan dentro y fuera de la ciudad. El caolín, la crisocola y la calcita fueron los minerales más usados en la elaboración de objetos de prestigio como cuentas y dijes, mientras que la hematita se utilizó para obtener pigmentos de color rojo.

Los depósitos cuaternarios son importantes y destacan los fluviales, aluviales, lacustres y eólicos. Lo que llama la atención en Caral es la presencia de una duna de 600 m con dirección NE-SO que se emplaza transversalmente a la quebrada Chupacigarro y está situada al sur de la ciudad a manera de un dique de contención. Al sur de la duna se ha identificado arcillas de origen lacustre, y pareciera que la duna, habría actuado como barrera formando una laguna, aunque mecánicamente esto es difícil explicar. Por lo tanto se planteó la hipótesis que habría existido una barrera o dique artificial que represo las aguas y luego, esta fue cubierta por la duna. La geofísica indica la presencia de anomalías bajo la duna, lo que podría corresponder a muros de piedras. Este muro habría sido construido por la gente de Caral hace 4500 y 4300 años para contener algún aluvión, y no destruyera la ciudad, ya que había sido afectado por el Aluvión A_1 entre 4600 y 4400 antes de Cristo. Sin embargo, este muro mas bien represó las aguas de la quebrada producto de las intensas lluvias asociadas a algún fenómeno del Niño y formar una laguna. Luego el muro fue tapado por la duna que aprovechó este accidente del terreno para formarse.

Posteriormente y en plena ocupación de Caral (hace 4300 y 4100 años) se produjo un nuevo aluvión (A_0) que destruyó parte de la duna en el sector noreste y en consecuencia el muro, que posiblemente fue reconstruido pero parcialmente. El aluvión A_0 afectó las construcciones en Caral Bajo y posiblemente el Templo del Anfiteatro. Además, las evidencias arqueológicas indican que Caral Bajo fue construido ligeramente después de Caral Alto.

Los fenómenos geodinámicos que se han reconocido en Caral son los asentamientos y aluviones. Los primeros son escasos y afectan un par de recintos de la Pirámide Mayor, siendo la causa posible un sismo importante que afectó la ciudad, pero que los daños fueron locales, por la buena calidad del suelo. Sin embargo, el mayor peligro pueden ser los aluviones, ya que estos han estado presentes en toda la historia de Caral, incluso mucho antes, sin embargo, las probabilidades de ocurrir son bajas.

ABSTRACT

The Sacred City of Caral is the most ancient urban settlement with monumental architecture in America. It is between 4600 and 4100 years old it and it would have been occupied between 500 and 660 years ago. It is located on the left bank of the Supe River, at an altitude of 350 meters, in the central coast of Peru in the district of Supe, province of Barranca and department of Lima. The entire sacred city was built with stones, which gave greatness to its pyramids, chambers and houses. Here we can see the beginning of what later became great stone construction in Machupicchu, Choquequirao and Saqsaywaman (4000 years later).

The sacred city is located on a river terrace of the Supe River and on top of alluvial deposits at the mouth of the Chupacigarro stream. The lithological units that outcrop in the area are diorites and andesites of Cretaceous age. The fractures and joints of the rocks were used by the builders of Caral to extract stones from the quarries that are located in and around the city. The diorite was the most used rock in the construction since it is considered good material not only for its composition but for its structure. The quarries are located inside as well as outside the city. Kaolin, chrysocolla and calcite were the most used minerals in the making of prestigious objects such as beads and charms, whereas hematite was used to obtain red pigments.

The Quaternary deposits are important; fluvial, alluvial, lacustrine and eolian deposits stand out. What is striking about Caral is the presence of a dune 600 m NE-SW, which is located transversely in the Chupacigarro stream in the south of the city with the appearance of a dam. South of the dune, lacustrine clays have been found. It looks as if the dune acted as a barrier forming a small lake, although mechanically, it would be difficult to explain. Therefore, there is the hypothesis that there was a barrier or artificial dam which held the water back and was later covered by the dune. The geophysics indicates the presence of anomalies under the dune, which could be a stone wall. This wall could have been built by the people of Caral between 4500 and 4300 years ago in order to stem an alluvium, and avoid the destruction of the city. This would have happened because of Alluvium A_1 between 4600 and 4400 BC .However, this wall rather dammed the water of the stream which was product of heavy rains associated with the El Niño, and it formed a small lake. After that, the wall was covered by the dune which was formed thanks to this terrain feature.

Subsequently and during the full occupation of Caral (between 4300 and 4100 years ago), there was a new alluvium (A_0) which destroyed part of the dune in the northeast sector and consequently the wall. This wall may have been partially rebuilt. Alluvium A_0 affected the constructions in Lower Caral and probably the Amphitheater Temple. In addition, archaeological evidence suggests that Lower Caral was built slightly after Upper Caral.

Geodynamic phenomena that have been identified at Caral are settlements and landslides. The settlements are rare and affect a few chambers in the Main Pyramid, due to a possible major earthquake which hit the city. This earthquake may have only caused local damage because of the good soil quality. However, the greatest danger may be alluviums, as they have been present throughout the history of Caral, even long before. Nevertheless, they are unlikely to happen.

INTRODUCCIÓN

La Ciudad Sagrada de Caral es denominada también «Ciudad de las Pirámides» (Shady, 1997) por las seis grandes estructuras piramidales que se observan desde el fondo del valle (Foto 1). Se localiza sobre terrazas fluviales y aluviales, en un paisaje desértico grisáceo y árido, rodeada por las vistosas cumbres rocosas de las estribaciones costeñas de la Cordillera de los Andes. Es un medio desértico, con dunas que contrastan con el colorido verdoso del valle de Supe, del cual se separa por una serie de terrazas, formadas sucesivamente a través de tiempos geológicos.

El ambiente natural del área contribuyó a otorgar a Caral un carácter sagrado; así la ciudad quedó aislada en una planicie entre el cielo y los cerros, elevada sobre el valle y alejada de la vida de éste. La ciudad sagrada, que cubre un área aproximada de 66 ha, está conformada por más de treinta y dos conjuntos arquitectónicos de diversa magnitud y función, de los cuales, hasta el presente, se han podido identificar seis edificaciones piramidales y una serie de construcciones medianas y pequeñas, entre templos, sectores residenciales, plazas públicas, anfiteatro, almacenes, altares, calles, etc. (Fig. 1), todas construidas con piedras. La mayoría se halla todavía cubierta con los escombros de las paredes, derribadas por el paso del tiempo, y los materiales del enterramiento ritual de las edificaciones que hacían periódicamente los habitantes de la ciudad de Caral.

Las estructuras arquitectónicas fueron erigidas siguiendo un ordenamiento espacial, en torno a grandes plazas o a espacios abiertos. En el centro de uno de éstos se yergue un gran bloque de piedra parada o *huanca*, de 2.15 m de alto por 80 cm de ancho, en armonioso diseño con unos volúmenes piramidales, entre los que destacan dos por su forma cuadrangular.

La importancia de este lugar permitió que el INGEMMET realice estudios de investigación para conocer la geología del lugar, especialmente su evolución durante los últimos 5000 años y relacionarla con los aspectos que pudieron influenciar en la vida cotidiana de Caral. Igualmente, se ha planteado analizar los peligros geológicos que podrían afectar la conservación de este patrimonio cultural.

El presente trabajo se llevó a cabo dentro de un convenio entre INGEMMET y el Proyecto Especial Caral-Supe PECS. Los trabajos consistieron en el levantamiento geológico de un área que mide aproximadamente 20 km^2, en escala 1:25000, que corresponde a los alrededores de la Ciudad Sagrada de Caral, y un levantamiento al detalle en escala 1:2000 del complejo arquitectónico. Asimismo se realizaron estudios geofísicos con el georadar de penetración GPR en las zonas de La Duna, La Explanada, La Lomita y El Cerro, con el propósito de investigar zonas anómalas relacionadas con restos arqueológicos, delimitar las diferentes capas de material cuaternario y mapear la superficie rocosa. Para ello se utilizó un georadar pulse EKKO PRO con antenas electromagnéticas de 200 MHz y 50 MHz, y en una primera etapa se obtuvieron 52 líneas con una longitud total de 3124 m. Igualmente, se presentan los primeros resultados de las determinaciones de los minerales y material lítico utilizados en Caral.

Foto 1. Vista panorámica de la Ciudad Sagrada de Caral.

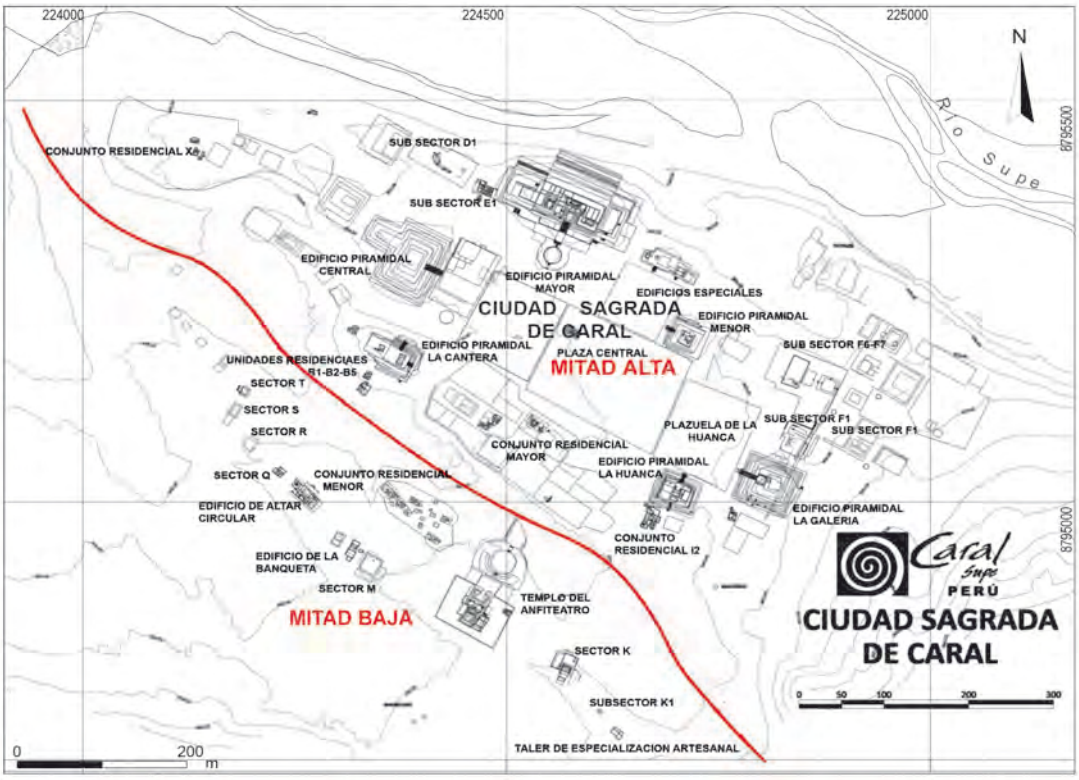


Fig. 1. Mapa de la Ciudad Sagrada de Caral.

UBICACIÓN

La Ciudad Sagrada de Caral se encuentra en la margen izquierda del río Supe, a una altura de 350 msnm, cerca del poblado actual de Caral, en la costa norcentral del Perú, en el distrito de Supe, provincia de Barranca y departamento de Lima (Fig. 2).

Desde la ciudad de Lima se llega al sitio siguiendo la carretera Panamericana, y tomando uno de dos accesos: el primero en el kilómetro 159, a la altura del Centro Poblado de Mazo, distrito de Végueta, donde se sigue un desvío que conduce a la zona arqueológica por un camino afirmado de 28 km. Esta ruta, a pesar de no encontrarse señalizada, puede recorrerse durante todo el año.

El segundo acceso se encuentra en el kilómetro 184 de la carretera Panamericana Norte, donde se sigue la señal que indica el ingreso por el lado este, es decir, el valle de Supe y se avanza 23 km por un camino de tierra afirmada. De aquí se sigue a pie cruzando un puente peatonal sobre el río Supe, para finalmente alcanzar la ciudad sagrada.

GEOMORFOLOGÍA

Se han reconocido tres unidades geomorfológicas regionales (Fig. 3): valle del río Supe, lomadas y quebradas transversales. Caral se encuentra ubicada entre el valle del río Supe y la planicie de una quebrada transversal.

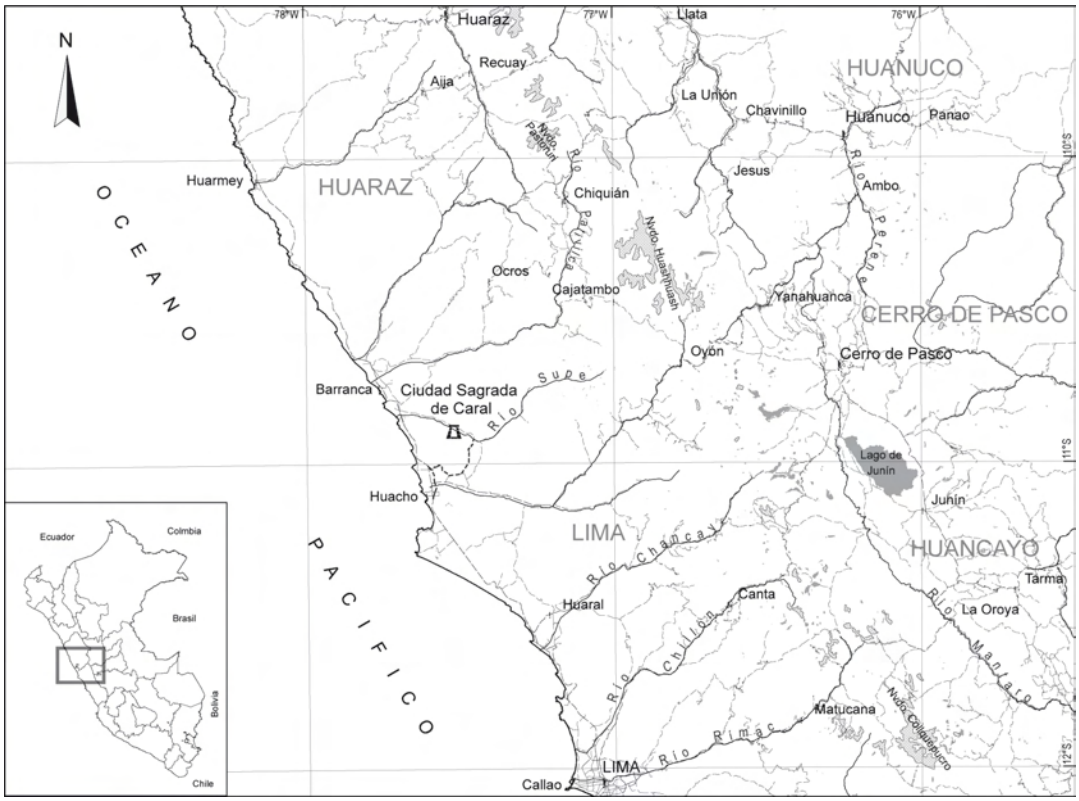


Fig. 2. Ubicación y accesos a la Ciudad Sagrada de Caral.

Valle del río Supe

En la zona de estudio, el valle del río Supe tiene una dirección aproximada Este-Oeste y se caracteriza por presentar un relieve plano, cuyo piso de valle se encuentra aproximadamente a 330 msnm en la zona de Caral.

Tiene un ancho máximo de casi 2 km cerca de Llamahuaca (noroeste de Caral) y mínimo de 200 m en Minas Chico (sureste de Caral).

El valle está conformado por tres terrazas fluviales (TF_0, TF_1 y TF_2) que marcan límites morfológicos y desniveles que se observan claramente en el campo (Foto 2).

Lomadas

Esta unidad geomorfológica es la más representativa y corresponde a una zona con relieves relativamente escarpados, cuyas altitudes medias alcanzan 450 msnm, con cumbres máximas entre 750 y 1075 msnm. La unidad está disectada por numerosas quebradas de dirección preferencial noreste-suroeste y principalmente por el río Supe.

Aquí afloran rocas volcánicas del Grupo Casma y también rocas intrusivas del Batolito de la Costa. Al sureste y suroeste de Caral se presentan lomadas que dan un fondo extraordinario a la ciudad sagrada (Foto 3).

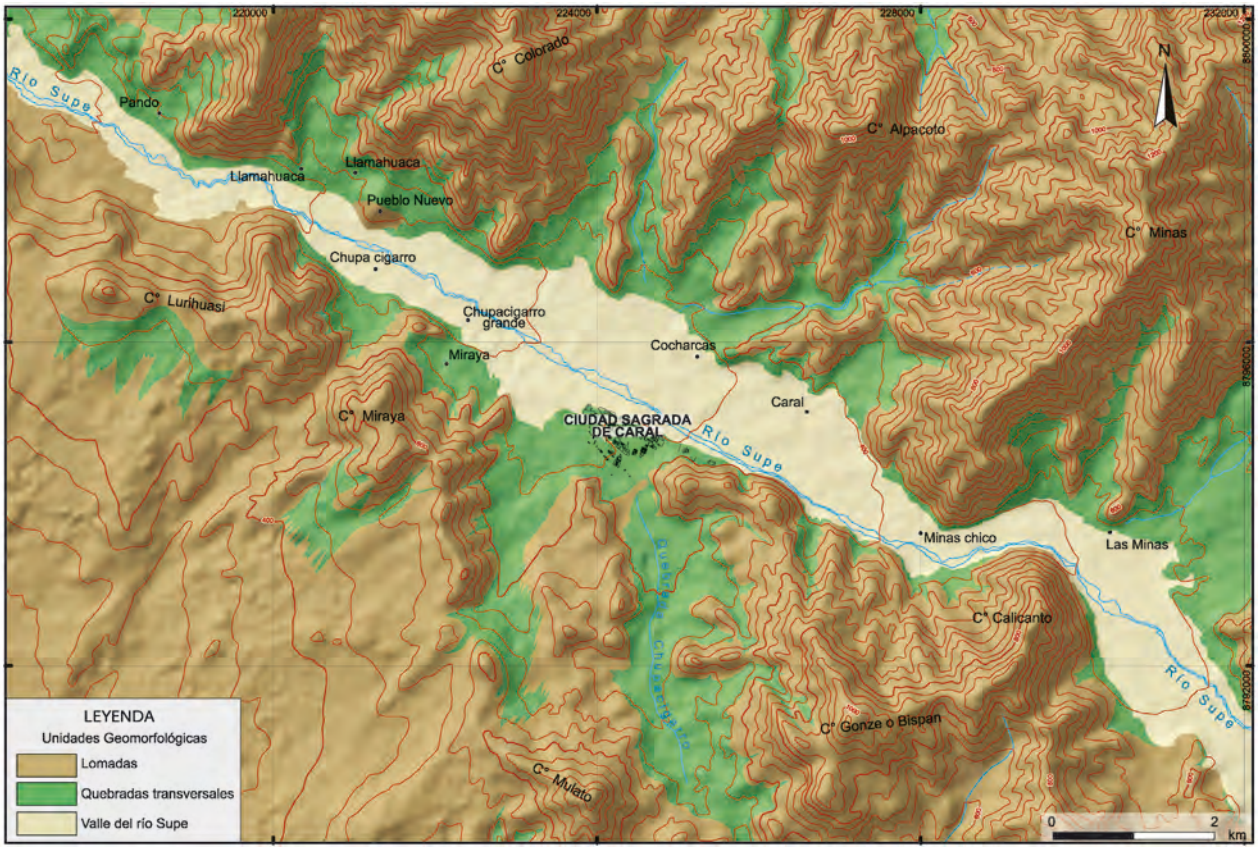


Fig. 3. Mapa geomorfológico regional de la zona de Caral y alrededores.

Foto 2. Terrazas fluviales TF_2, TF_1 y TF_0 en el valle del río Supe.

Quebradas Transversales

Son las quebradas transversales al río Supe y tienen direcciones preferenciales Noreste-Suroeste (NE-SO)a Noroeste-Sureste (NO-SE), recortan las lomadas generando laderas escarpadas y una topografía accidentada.

La extensión del piso de valle de estas quebradas varía de algunas decenas de metros en su parte más alta, donde nacen, a más de 1 km en la parte de su desembocadura en el río Supe.

La Ciudad Sagrada de Caral se encuentra en la desembocadura de la quebrada Chupacigarro (Foto 4), que nace en el cerro Muleto donde afloran rocas volcánicas del Grupo Casma. Esta quebrada tiene un perfil transversal en forma de V y es muy estrecha, con laderas de pendientes empinadas a muy empinadas mayores de 40°.

El material que se halla en el piso de las quebradas corresponde a depósitos de aluviones o flujos de detritos, antiguos y recientes. Las quebradas transversales mayores, como Chupacigarro, son cortadas a su vez por otras más pequeñas de dirección NE-SO.

Foto 3. Vista de una lomada al sureste de la Ciudad Sagrada de Caral.

Foto 4. Vista tomada desde la naciente de la quebrada Chupacigarro.
Al fondo se observa el valle de Supe y Caral.

GEOLOGÍA REGIONAL

Las unidades geológicas expuestas en la zona están conformadas principalmente por rocas intrusivas del Batolito de la Costa y rocas volcánicas del Grupo Casma, ambas de edad cretácica. Regionalmente, los afloramientos del Batolito de la Costa se restringen hacia el oeste y son casi paralelos a la línea de costa, a manera de cuerpos irregulares de varios centenares de kilómetros cuadrados. El Grupo Casma tiene amplia distribución en la zona de estudio y está constituido principalmente por andesitas basálticas (Fig. 4). Los depósitos cuaternarios son importantes y se han desarrollado sobre las rocas antes mencionadas, destacando los fluviales, aluviales, lacustres y eólicos (Foto 5).

Grupo Casma

Este nombre fue usado por Cossio (1964) para describir una serie de rocas volcánicas intercaladas con rocas sedimentarias que afloran ampliamente en la zona costera, al oeste del Batolito de la Costa. La litología a lo largo de la carretera que une los ríos Huaura y Supe consiste de rocas volcánicas bien estratificadas, siendo la mayoría coladas de lavas de andesita y andesitas basálticas, masivas o porfiríticas. En la localidad de Huaura se presentan rocas volcánicas-sedimentarias en capas delgadas. Los detritos que forman estos sedimentos son de origen volcánico y se trata de areniscas de grano fino a grueso. A lo largo del corte de la carretera Panamericana, más o menos a 7 km al sur de Huacho, se puede observar horizontes sedimentarios fosilíferos, con fragmentos de ostreas, asociadas a secuencias calcáreas. Igualmente, en la quebrada Venado Muerto, lavas andesíticas masivas y estratificadas sobreyacen a una secuencia sedimentaria de areniscas y tufos finamente estratificados. Algunos horizontes calcáreos pueden ser fosilíferos.

Los estratos de las rocas buzan (se inclinan) constantemente hacia el oeste con ángulos que varían entre 10 y 20° pero no se observan pliegues en la mayor parte de los afloramientos, con excepción de la quebrada Venado Muerto.

Estas rocas volcánicas no afloran en Caral pero sí se encuentran en zonas cercanas, a algunos kilómetros de distancia, tanto al oeste (Foto 6) como al suroeste (Fig. 4). Las andesitas basálticas fueron utilizadas en la construcción de Caral, pero en menor proporción que las rocas intrusivas.

Foto 5. Vista panorámica que muestra las unidades geológicas de Caral.

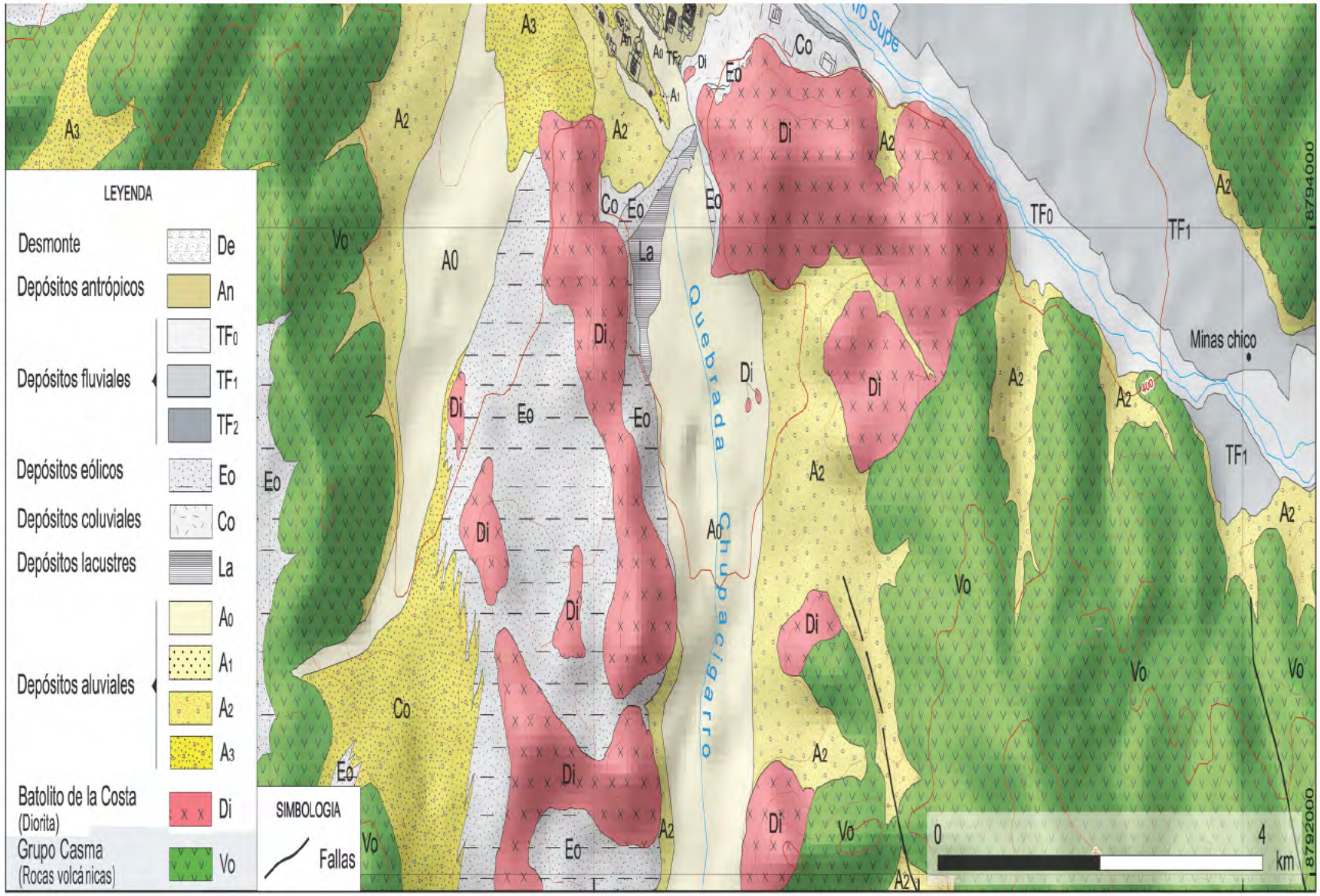


Fig. 4. Mapa geológico de la Ciudad Sagrada de Caral y alrededores.

Los estudios petrográficos de las rocas realizados en los afloramientos cercanos a Caral (Foto 7), así como en las laderas de la quebrada Chupacigarro, indican que las rocas volcánicas son andesitas y andesíticas basálticas (Fig. 5).

El estudio de secciones delgadas de las andesitas colectadas en los alrededores de Caral (como la muestra CA-18) indican una roca con textura fluidal, constituida por microlitos de plagioclasas (65%), piroxenos, anfíboles y cloritas (Foto 8). La matriz es de plagioclasas parcialmente orientadas con anfíboles, piroxenos y cloritas intersticiales. Entre los minerales accesorios se encuentran epídotas, apatitos y óxidos de hierro.

Además, en los afloramientos se pueden encontrar brechas volcánicas (muestra CA-17) que son rocas con textura glomeroporfídica, formadas por fragmentos subangulosos de roca, y que tienen plagioclasas (50 %), piroxenos y anfíboles en una matriz parcialmente fluidal de plagioclasas orientadas y máficos alterados a cloritas y epídotas.

Diques volcánicos que cortan a los intrusivos y también a las coladas volcánicas, tienen características similares a las lavas por lo que asumimos que pertenecen al mismo evento magmático. Por ejemplo, la muestra CA-03 es una roca de textura porfirítica compuesta por fenocristales de plagioclasas (70 %), piroxenos y anfíboles, con una matriz fanerítica constituida por plagioclasas y anfíboles; se observan además microfracturas rellenas por feldespatos, cloritas y epídotas.

Foto 6. Afloramientos del Grupo Casma. Las capas generalmente se encuentran buzando hacia el NE. Vista hacia el oeste de Caral.

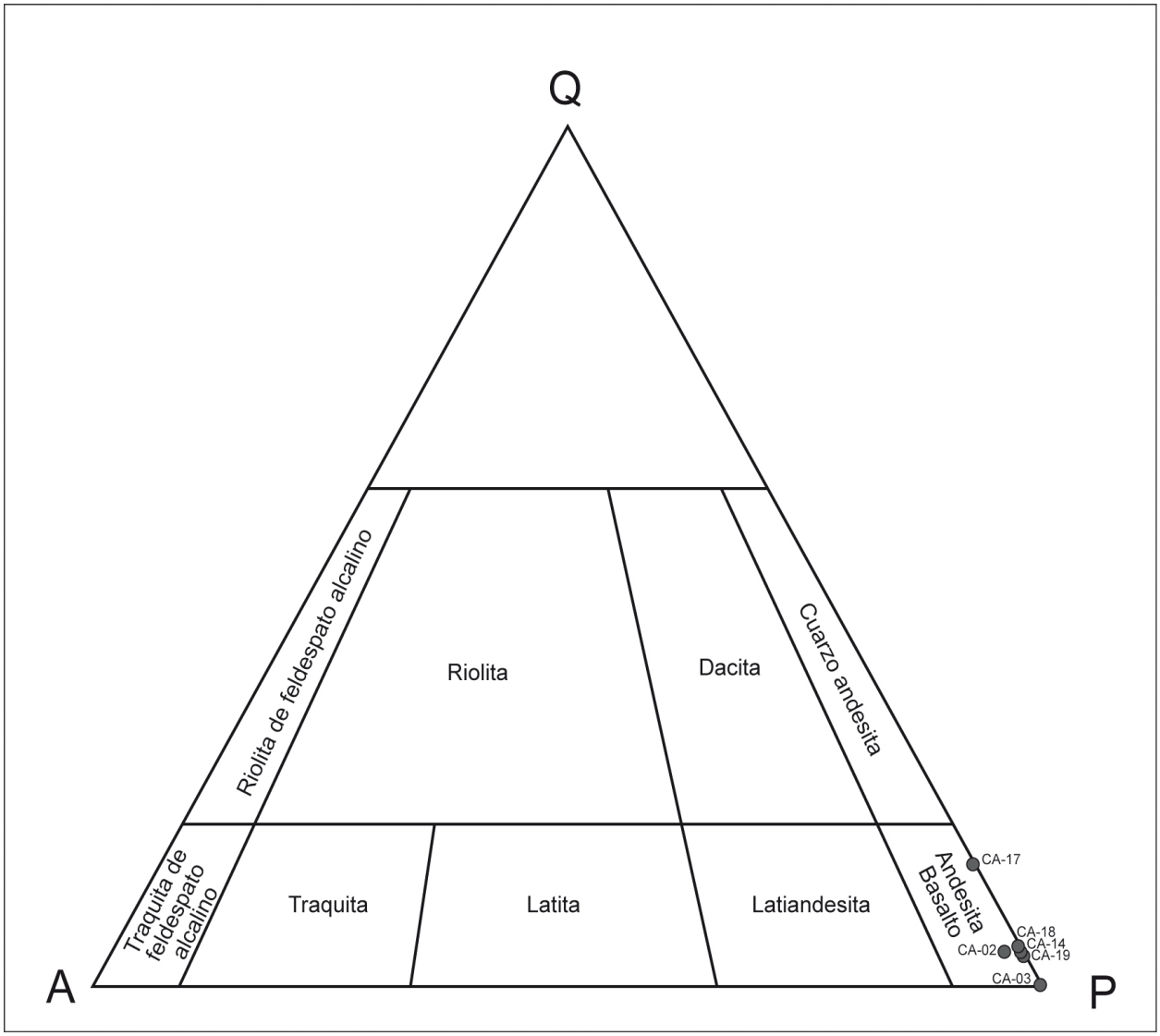


Fig. 5. Diagrama triangular QAP de Streckeisen (1976), mostrando las rocas volcánicas del Grupo Casma de Caral.

Foto 7. Muestras de mano de una andesita basáltica del Grupo Casma (izquierda) y de los diques volcánicos (derecha).

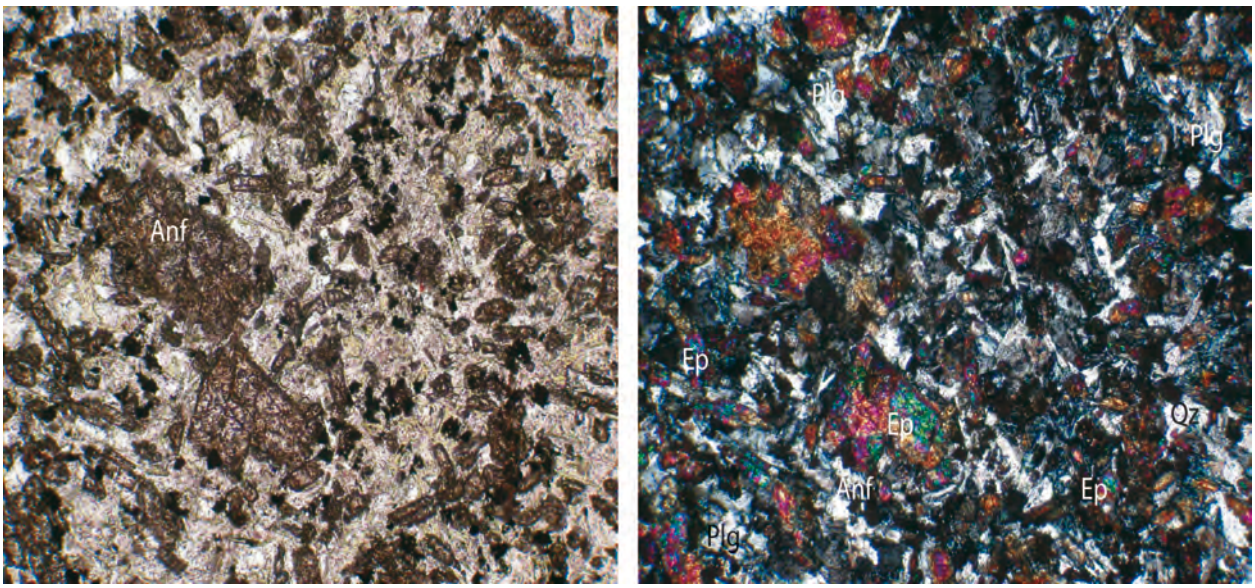


Foto 8. Sección delgada (CA-18) luz natural (izquierda) y luz polarizada (derecha) de una andesita basáltica, donde las plagioclasas se alteran a epídotas y arcillas; y los anfíboles a epídotas.

Rocas Intrusivas del Batolito de la Costa

Rocas intrusivas afloran en la zona de estudio y en los alrededores de Caral, donde cortan a las rocas volcánicas del Grupo Casma. Estas rocas pertenecen al Batolito de la Costa, que se formó en el interior de la corteza terrestre hace unos 110 millones de años, por enfriamiento de los magmas (roca fundida). Ahora el batolito se halla en superficie por el efecto del levantamiento y erosión de la Cadena de los Andes.

El Batolito de la Costa está formado por varios cuerpos que se encuentran ampliamente distribuidos en la zona de estudio. Tres pequeños stocks se presentan a 5 km del extremo meridional del cuerpo principal, y se pueden considerar como ramificaciones de una unidad mayor.

En Caral estos cuerpos intrusivos afloran al sureste, en los alrededores de la ciudad, es decir en los flancos de la quebrada Chupacigarro, y también dentro de la ciudad sobre una pequeña loma donde está construida la Pirámide de la Cantera.

Las rocas encontradas en Caral y alrededores (Foto 9) son principalmente dioritas y cuarzodioritas (Fig. 6) que macroscópicamente son rocas de grano medio, de color gris claro a gris oscuro o negruzco, por la presencia de minerales máficos, aunque por sectores pueden ser de color blanco grisáceo. Además, se presentan algunos diques de sienogranitos (CA-10) que cortan las dioritas (Carlotto et al., 2008).

Vistas en el microscopio, las muestras CA-08 (Foto 10) y CA-09 corresponden a dioritas que son rocas granulares compuestas por cristales de plagioclasas, piroxenos y anfíboles, con algo o nada de cuarzo, además de minerales opacos y arcillas (Foto 11).

Foto 9. Afloramiento de dioritas en la lomada al suroeste de Caral, de donde proviene la muestra CA-08.

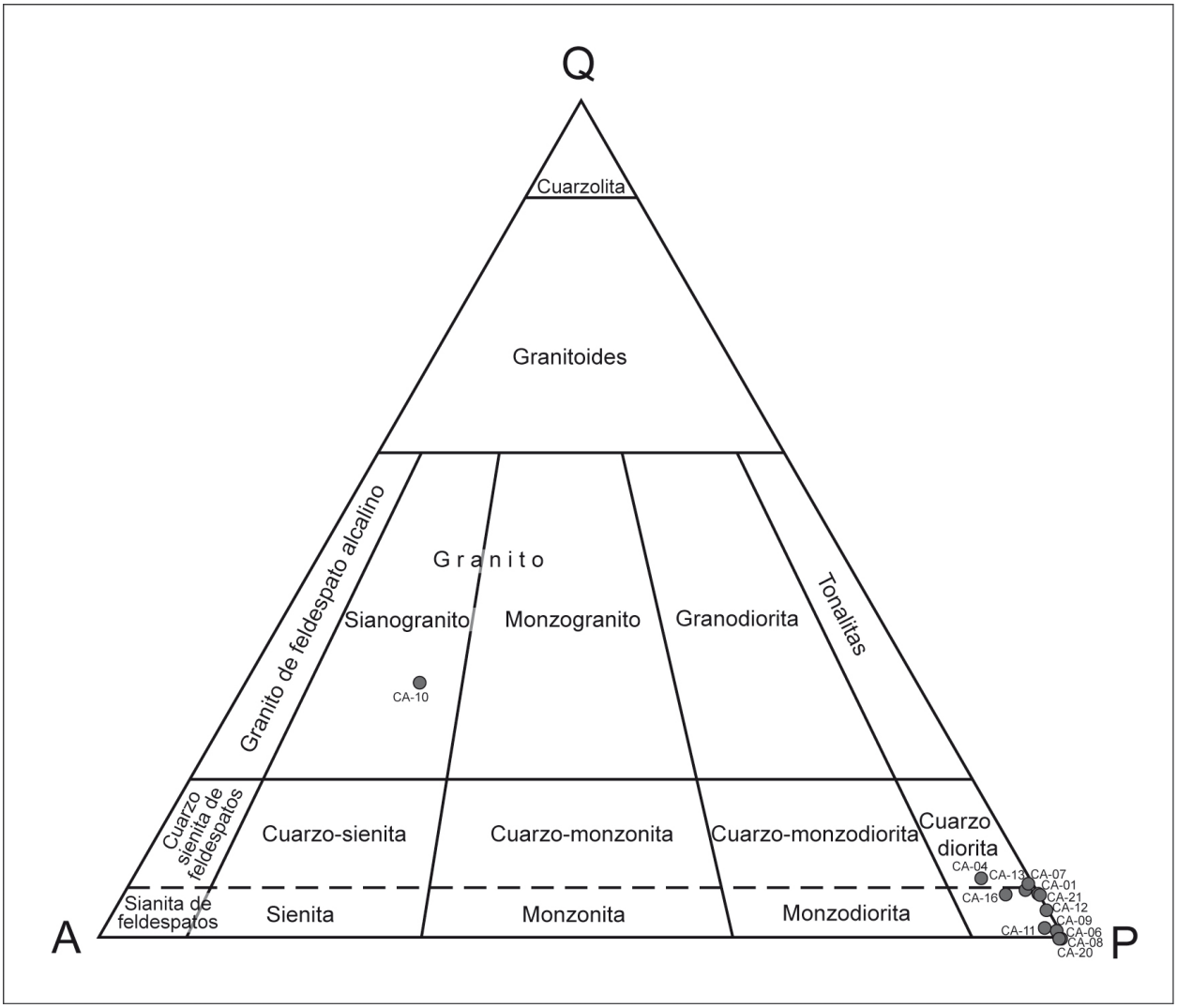


Fig. 6. Diagrama triangular QAP de Streckeisen mostrando las rocas instrusivas del Batolito de la Costa en Caral.

Los minerales esenciales de la roca son las plagioclasas (70-75%), los anfíboles (10-12%) y los piroxenos (10%); los minerales accesorios son las cloritas (3%), las arcillas (3%), el cuarzo (1%) y los opacos (3%), habiendo también carbonatos, epídotas, sericita, óxidos de hierro, apatito, esfena, rutilo y zircón, todos ellos en trazas.

Igualmente, se encuentran diques de sienogranitos que cortan las dioritas. Los sienogranitos son rocas de grano medio de color pardo grisáceo donde se observan feldespatos, cuarzo y máficos. Los minerales esenciales son los feldespatos potásicos (42%), cuarzo (25%) y plagioclasas (15%), reconociéndose además una fracción grande de arcillas (8%). Los minerales accesorios son las cloritas (3%), los piroxenos (3%), las epídotas (2%), los minerales pacos (1%); así como los carbonatos, la esfena, la sericita, los óxidos de hierro y el apatito como trazas.

Foto 10. Muestra de mano CA-08 que es una diorita.

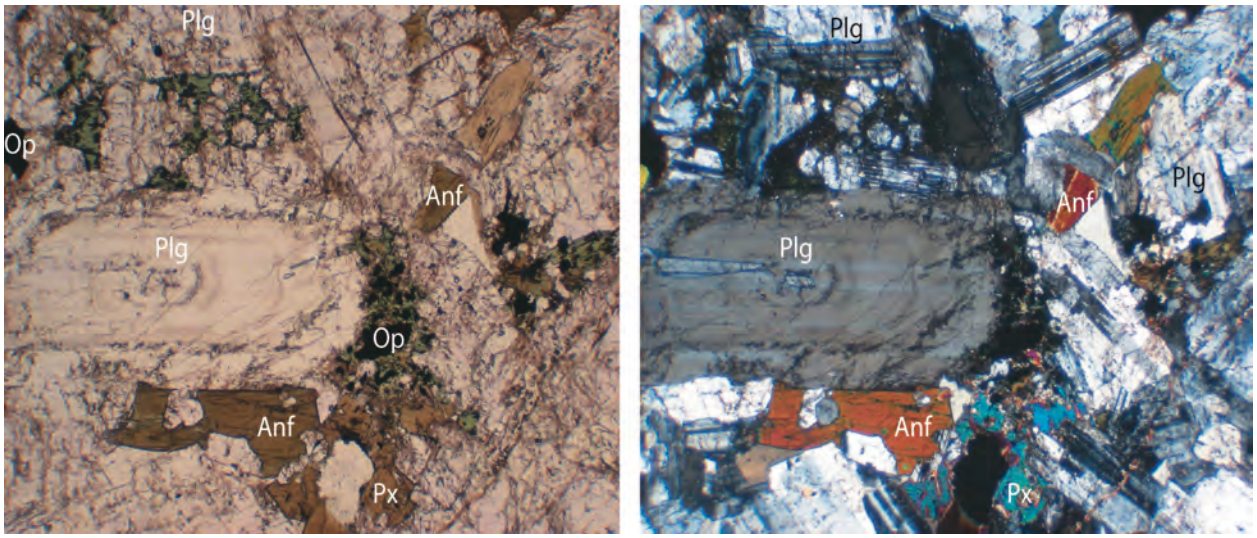


Foto 11. Sección delgada (CA-08) luz natural (izquierda) y luz polarizada (derecha) de una diorita que muestra plagioclasas que se alteran a arcillas y los anfíboles a cloritas.

Geología Estructural

Regionalmente, las rocas del Grupo Casma presentan pliegues de dirección NO-SE, además están afectadas por fallas y en algunas zonas muestran alineamientos NO-SE y N-S. Sin embargo, las características estructurales más importantes en Caral y alrededores son las fracturas y diaclasas que afectan a las rocas volcánicas y principalmente a las rocas intrusivas.

Las diaclasas son fracturas sin desplazamiento, que se originan por contracciones debidas al enfriamiento del magma (roca fundida) durante la formación del Batolito de la Costa en el interior de la corteza terrestre.

En Caral se han reconocido varias direcciones de diaclasas, predominando las NO-SE, NE-SO y N-S (Fig. 7). Estas fracturas fueron aprovechadas por los constructores de Caral con el fin de extraer las piedras de las canteras y utilizarlas en la construcción de la ciudad (Foto 12).

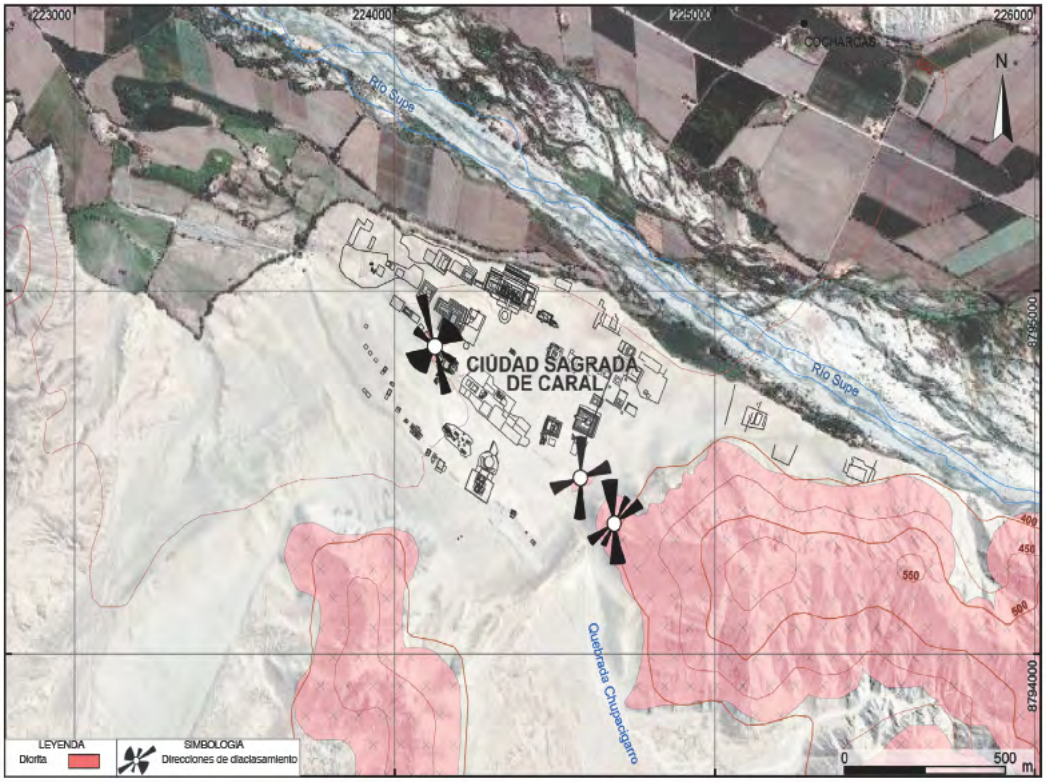


Fig. 7. Mapa geológico que indica con diagrama de rosas las principales direcciones de diaclasas.

Foto 12. Afloramiento de dioritas diaclasadas en la Pirámide de la Cantera.

Historia Geológica Antigua de la Costa Central del Perú y de Caral

De acuerdo a los estudios radiométricos, la tierra tiene una edad de 4500 millones de años, sin embargo, la historia del hombre solo tiene algunos millones de años y es producto de la evolución que comenzó alrededor de 2500 millones de años, con la aparición de la vida en nuestro planeta. Durante el Mesozoico (250 a 265 millones de años), el territorio de lo que hoy es el Perú estuvo ocupado en gran parte por el mar, y en él se depositaron sedimentos que en el transcurso del tiempo se convirtieron en rocas. Por esta razón, actualmente encontramos fósiles como los amonites en las rocas de la región de Lima (La Herradura, Chorrillos o Pamplona), así como en rocas que afloran cerca de Caral. Hace unos 110 millones de años (Fig. 8), en el territorio actual de la costa se depositaron rocas volcánicas y calizas

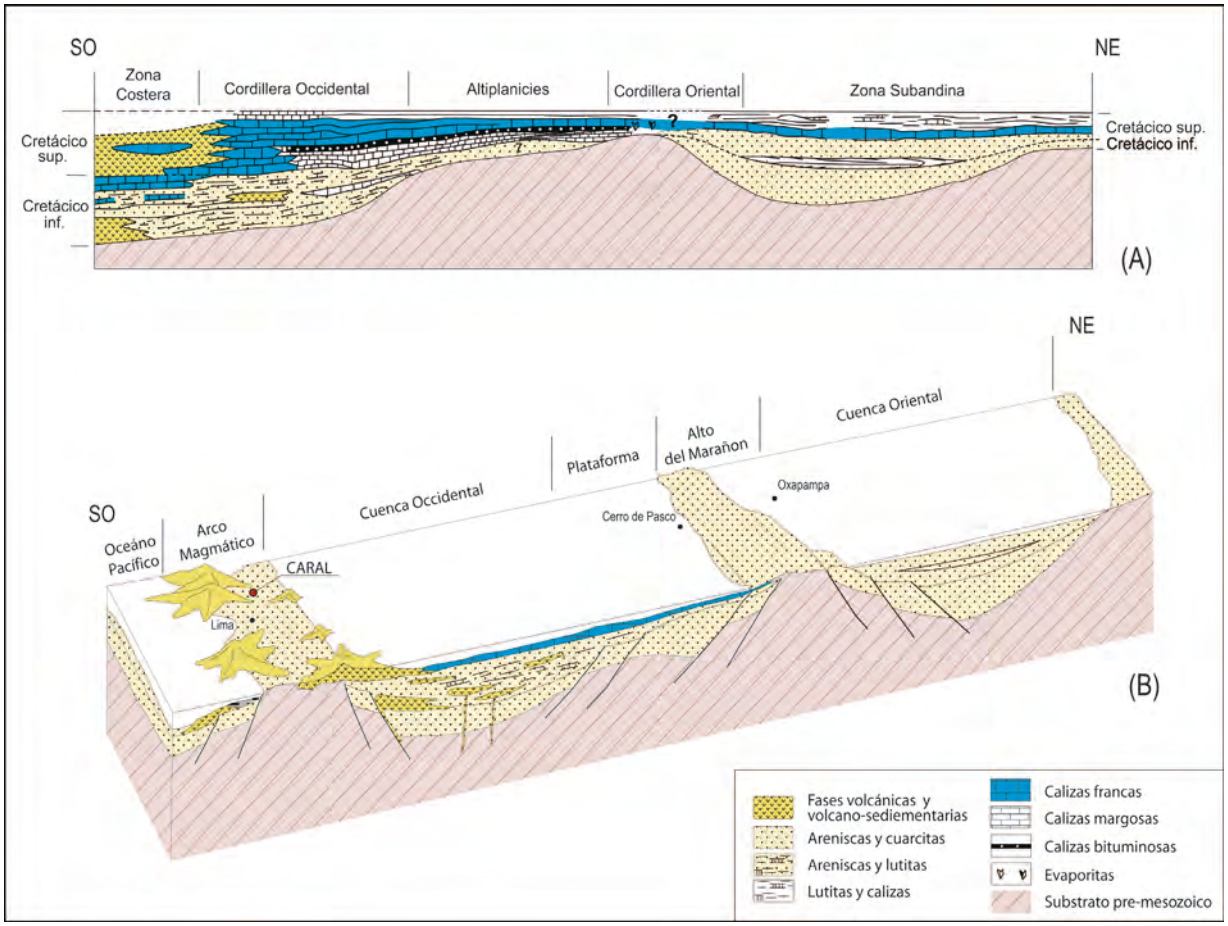


Fig. 8. Sección y esquema paleogeográfico del Perú Central (Mégard, 1979). En la figura A se muestra una sección y el relleno sedimentario de las cuencas marinas en el período Cretácico (145-105 millones de años). Las denominaciones morfológicas, como la zona costera o cordillera Occidental, son las actuales, y se colocaron para poder ubicarnos en el espacio. En la figura B se muestra el paisaje del Perú Central de hace 105 millones de años (Cretácico medio). Lima y la zona de Caral estaban en el arco volcánico rodeado por el mar, aunque es posible que en esos momentos Caral estuviese bajo un mar poco profundo. Al este, la cuenca occidental depositaba sedimentos marinos. Como referencia, Cerro de Pasco se hallaba sobre una plataforma marina y cerca de un alto estructural (geanticlinal del Marañón), mientras que la zona de Oxapampa se situaba sobre parte de la cuenca oriental. Simbología: a: rocas volcánicas y sedimentarias; b: areniscas; c: areniscas y lutitas; d: lutitas y calizas; e, calizas; f: calizas arcillosas; g: calizas bituminosas; h: evaporitas.

bajo el mar (Grupo Casma) en el denominado arco volcánico, y dentro de la corteza terrestre y bajo los volcanes se emplazaban rocas intrusivas del Batolito de la Costa, como las dioritas de Caral. Actualmente estas rocas se hallan sobre la superficie del terreno, debido al levantamiento andino y la erosión consecuente de las rocas de la parte superior de la corteza. Por efecto del movimiento de las placas tectónicas, la Cordillera de los Andes comenzó a formarse y levantarse desde el Cenozoico (65 millones de años) y continúa hasta la época actual, formando la morfología actual y alcanzando alturas que sobrepasan los 6000 msnm. En consecuencia, la paleogeografía del Perú, y particularmente de las actuales Zona Costera y la Cordillera Occidental, cambia de un ambiente marino a un ambiente continental.

Depósitos Cuaternarios

En Caral y alrededores se han cartografiado y estudiado (Carlotto et al., 2008) los depósitos fluviales, aluviales, eólicos y coluviales (Fig. 4).

Depósitos fluviales

Se presentan a lo largo del río Supe y en sus márgenes. Están constituidos por capas de gravas gruesas y finas bien clasificadas. En la zona de estudio se han identificado tres terrazas fluviales producto del acarreo y depósito de las aguas de río. La Terraza TF_0 corresponde al lecho actual del río y está conformada por gravas y arenas. La Terraza TF_1 situada del cauce, está constituida por limos y arcillas con capas de arena, que son aprovechadas como terreno de cultivo por los agricultores de la zona. La Terraza TF_2 está formada exclusivamente por gravas bien redondeadas con algunos lentes de limos y arenas; el tamaño de los clastos varía de de 10 a 60 cm de diámetro, con una matriz limo arenosa de coloración grisácea. Parte de la Ciudad Sagrada de Caral ha sido construida sobre la terraza TF_2 que se sitúa a 15 m del cauce (Foto 13).

Foto 13. Vista panorámica de los depósitos fluviales a lo largo del río Supe: Terrazas TF_0: lecho del río; TF_1: terreno de cultivo y TF_2 : plataforma sobre la que se construyó Caral.

Depósitos aluviales

En las quebradas secas, tributarias de los ríos principales, los cauces están rellenados con material brechoso compuesto por gravas con clastos angulosos a subángulos de 10 a 2 cm de diámetro y matriz areno limosa (Foto 14). Estos materiales corresponden a típicos *debris flow* o flujos de detritos originados por aluviones o huaycos.

Estos flujos se formaron en épocas de lluvias intensas, pero siendo el clima seco, se puede deducir que las lluvias pudieron estar relacionadas al Fenómeno del Niño en épocas pasadas.La cartografía detallada ha permitido reconocer al menos cuatro eventos aluviónicos de flujos de detritos en la zona de Caral que han sido denominados, del más antiguo al más reciente: Aluvial A_3, Aluvial A_2, Aluvial A_1 y Aluvial A_0.

Foto 14. Depósitos de aluviones compuestos por gravas angulosas en la quebrada Chupacigarro.

Foto 15. Vista panorámica de la duna ubicada en la entrada a la ciudad de Caral.

Depósitos eólicos

Son depósitos de arenas transportadas por el viento, que alcanzan en la zona de estudio una penetración máxima de 30 km. Existen dunas longitudinales y barcanas, además se observan dunas trepadoras, es decir, ocupan espacios en las laderas, alineadas con dirección preferencial NE-SO.

Uno de los rasgos morfológicos que llama la atención en Caral es la presencia de una duna con dirección NE-SO que se emplaza transversalmente a la quebrada Chupacigarro (Foto 15). Esta duna —situada al sur de la ciudad— tiene una longitud aproximada de 600 m y una altura que varía entre 20 y 30 m.

Depósitos lacustres

En la quebrada Chupacigarro se ha identificado secuencias métricas compuestas por arcillas y limos de color amarillo y rojizo, con algunas capitas de arenas finas bien laminadas (Figs. 8 y 9). La granulometría fina y las estructuras sedimentarias han permitido interpretar estas secuencias como lacustres (Fotos 16 y 17).

El límite de afloramientos septentrionales de estos depósitos coincide con la duna emplazada transversalmente a la quebrada donde se encuentra Caral (Foto 16). Las capas de arcillas se hallan deformadas y muestran una inclinación de 10° al sur, lo que les permite sobresalir en el paisaje casi plano (Foto 16).

El espesor de estos depósitos es pequeño, máximo de 2 m, incluyendo las capas de arenas eólicas intercaladas (Fig. 9). La parte superior de las capas muestran grietas de desecación que indican periodos de clima seco (Foto 17).

Los depósitos lacustres sobreyacen y a su vez son cubiertos por gravas de origen aluvial que marcan la evolución temporal de estos depósitos (Fig. 9). Así, de acuerdo a la cartografía, los depósitos lacustres están encima de las gravas aluviales A_2, pero están cubiertas por las gravas que atribuimos a los aluviales A_0. Por otro lado, las arcillas están intercaladas con las arenas eólicas, lo que sugiere la fuerte actividad eólica de ese momento.

Finalmente, es importante mencionar que las estructuras sinsedimentarias observadas del tipo *convolutes* podrían ser sismitas relacionadas con sismos importantes que se produjeron durante la sedimentación lacustre (Fig. 10).

Depósitos coluviales

Las laderas de las lomadas presentan un manto superficial de depósitos coluviales (Foto 18) que varían de espesor, desde algunos centímetros a casi un metro de gravas arcillosas y bloques.

Estos depósitos se originan por la descomposición in situ de las rocas formando gravas o bloques que luego son transportados por la gravedad. Pueden o no formar pequeños conos de deyección, que en algunos casos están cubiertos por las arenas eólicas.

Foto. 16. Vista donde se muestra el contacto entre los depósitos eólicos (derecha) y las arcillas origen lacustre (izquierda).

Foto 17. Secuencias de limo arcillitas que presentan grietas de desecación en el techo.

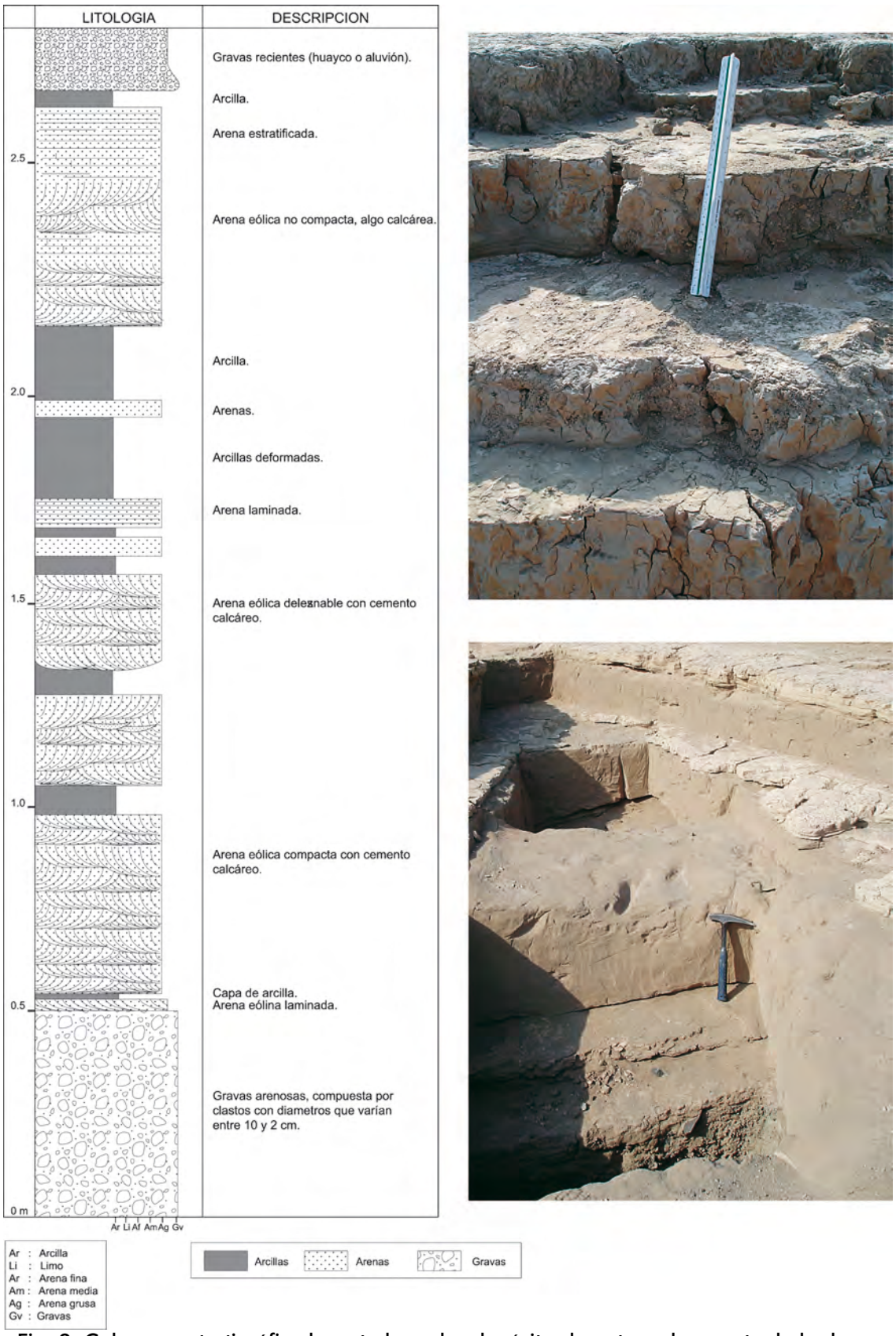


Fig. 9. Columna estratigráfica levantada en los depósitos lacustres al suroeste de la duna.

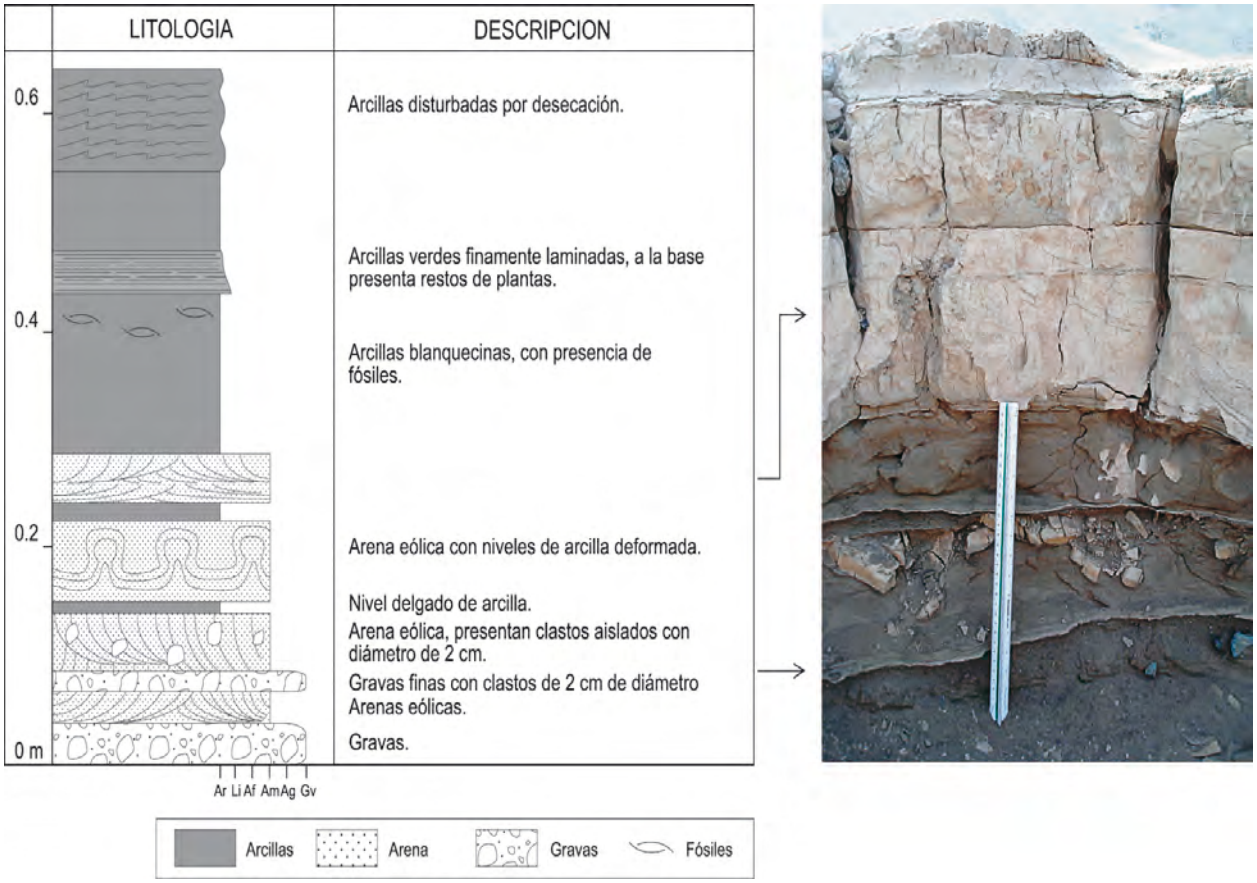


Fig. 10. Columna estratigráfica de depósitos lacustres levantada al sureste de la duna.

Foto 18. Depósitos coluviales que forman conos de deyección en un quebrada trasversal a la quebrada Chupacigarro.

GEOLOGÍA-GEOMORFOLOGÍA DE LA CIUDAD SAGRADA DE CARAL

La Ciudad Sagrada de Caral ocupa 66 hectáreas y está organizada en una zona nuclear, que contiene treinta y dos estructuras públicas y varios conjuntos residenciales, además de una zona periférica que limita con el valle de Supe (Shady, 1997).

Aquí se construyeron viviendas agrupadas a modo de islotes o pirámides. En el espacio nuclear los edificios estuvieron distribuidos en dos grandes mitades: Caral Alto, en el lado norte, y Caral Bajo, en el sur (Foto 19). Toda la ciudad sagrada fue construida con piedras, lo que otorgó monumentalidad a sus pirámides, recintos y viviendas.

El tamaño de las piedras varía de algunos centímetros a varios metros de largo, y varias de ellas pesan varias toneladas. Algunas de las canteras de donde se extrajeron estos materiales estaban situadas dentro de la ciudad y otras en los alrededores de Caral (Carlotto et al., 2008 y 2010).

Para conocer las características geológicas de la Ciudad Sagrada de Caral se realizó una cartografía detallada en escala 1:2000, y para ello se definieron unidades geológico-morfológicas locales (Fig. 11):

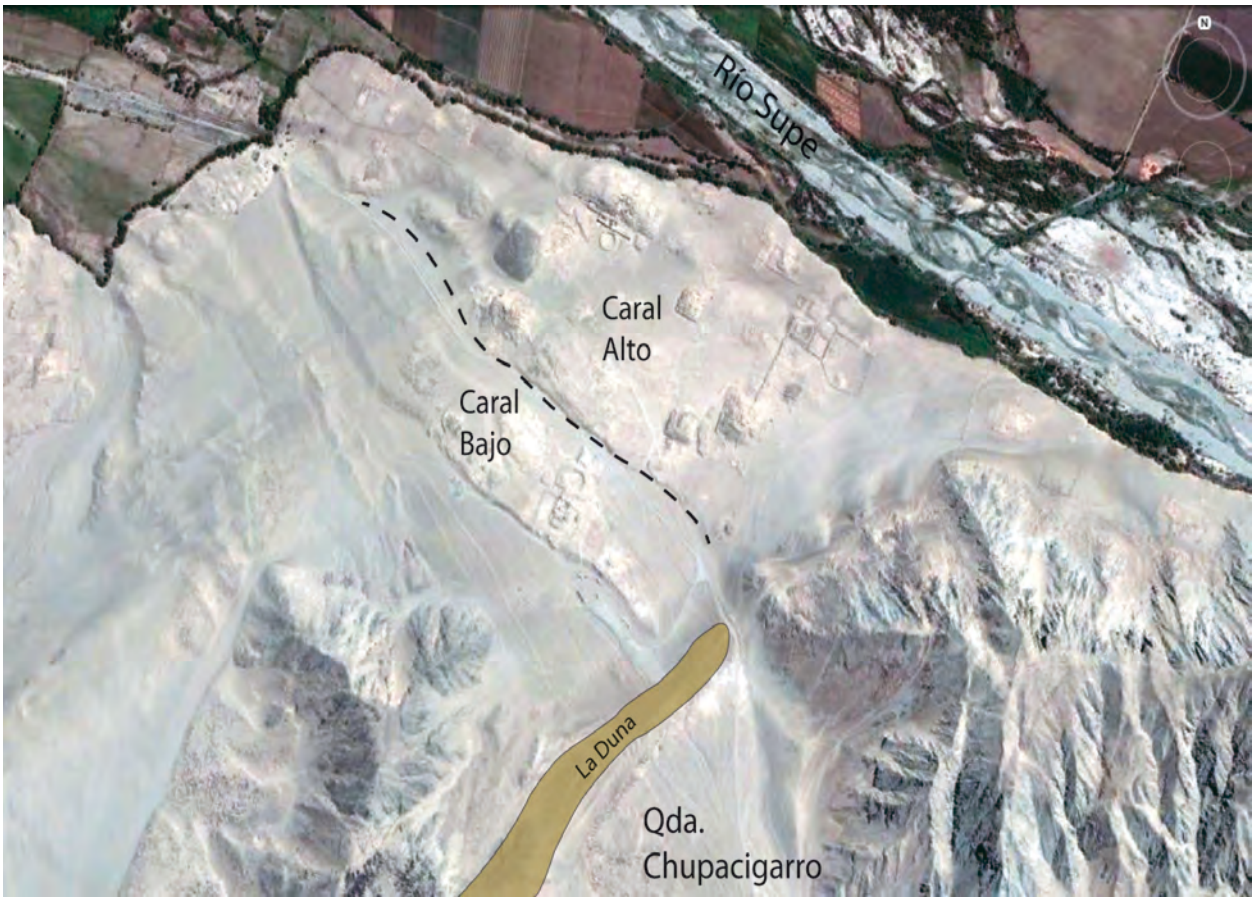


Foto 19. Imagen satélite que muestra a la Ciudad Sagrada de Caral en la margen izquierda del río Supe.

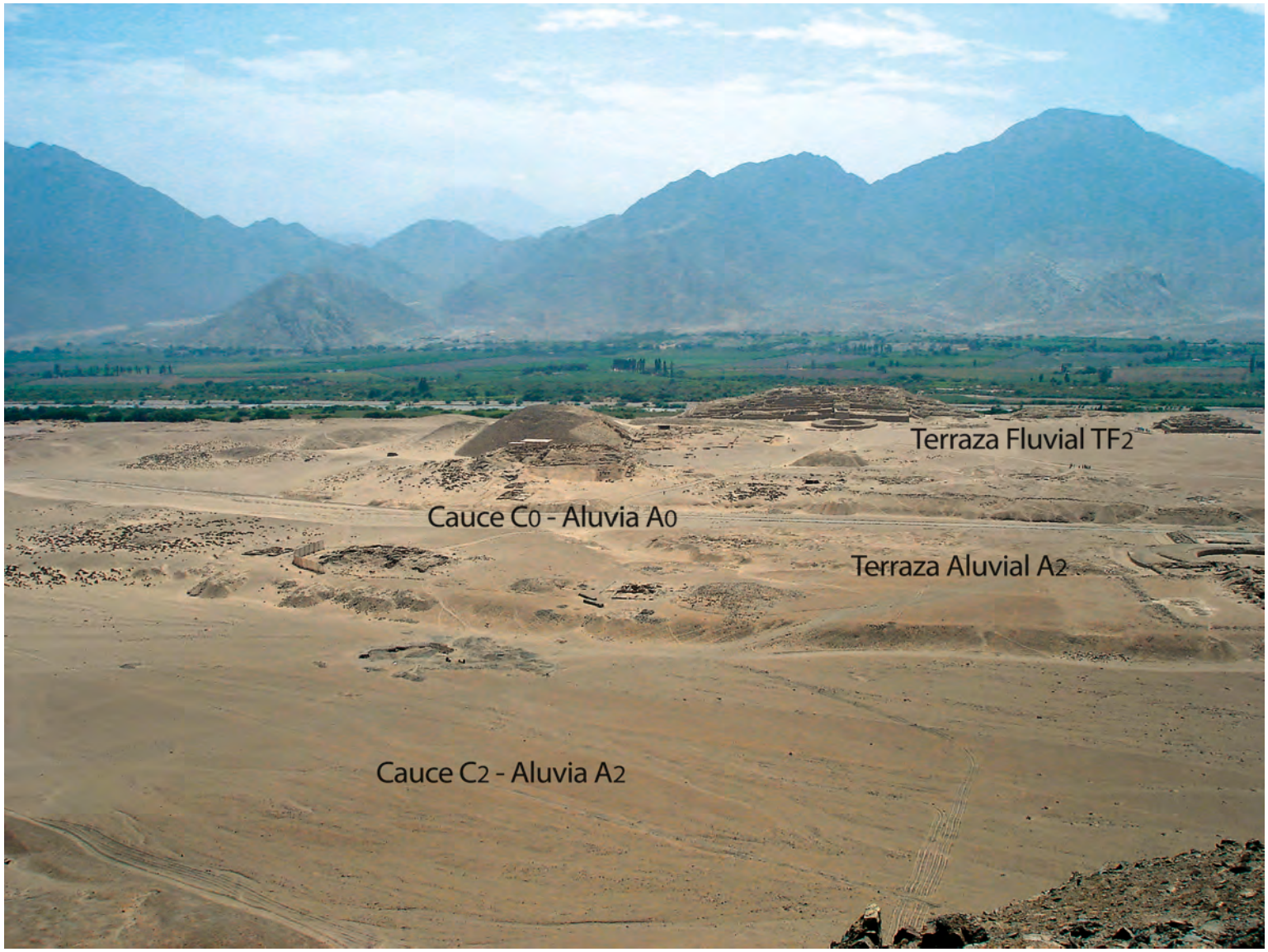


Foto 20. Principales unidades geológico-morfológicas de la Ciudad Sagrada de Caral.

Unidades Geológico-Morfológicas

Las unidades geológico-morfológicas que se presentan en la Ciudad Sagrada de Caral (Foto 20) son las siguientes (Fig. 11):

- Lomadas pequeñas de dioritas.
- Terraza Fluvial $TF_{2.}$
- Terraza Aluvial $A_{3.}$
- Cauce C_2-Aluvial $A_{2.}$
- Cauce C_1-Aluvial $A_{1.}$
- Cauce C_0-Aluvial $A_{0.}$
- La duna.
- *El lago.*

Lomadas pequeñas de dioritas

En la ciudad de Caral se han reconocido dos lomadas de rocas intrusivas que sobresalen al paisaje algo plano de la Terraza Fluvial TF_2. La primera lomada corresponde a la zona de la Pirámide de la Cantera, que fue construida adaptando un promontorio rocoso natural de dioritas. Mide 150 m de largo por 80 m de ancho y 15 m de altura (Foto 21).

Foto 21. Lomada natural conformada por dioritas en la Pirámide de la Cantera.

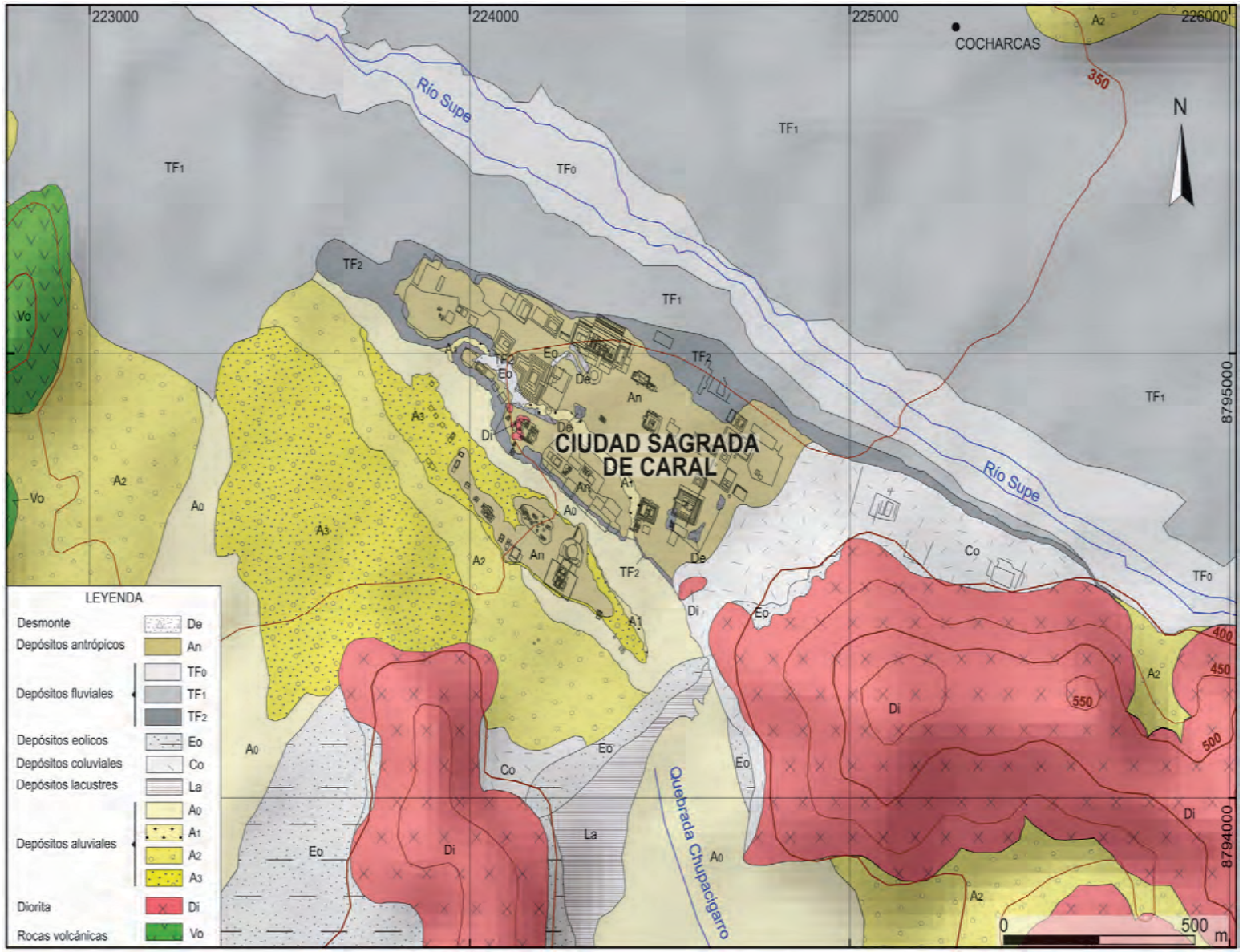


Figura 11. Unidades Geológico-Morfológicas Locales.

Este promontorio fue utilizado como cantera por los primeros pobladores de Caral, quienes aprovecharon las rocas fracturadas que conforman esta lomada para utilizarla como cantera e iniciar las primeras construcciones.

Las dioritas de esta geoforma están fuertemente fracturas (Foto 12), lo que facilitó el trabajo de cantera y también la adaptación para las construcciones de muros y recintos.

La otra lomada se localiza en la zona SE, entre la Plazuela Huanca y la Pirámide Huanca. Este promontorio tiene dimensiones métricas.

Aquí afloran dioritas pero en la parte superior se presenta como caos diorítico, es decir bloques de diorita que se han desprendido del macizo rocoso por efectos del intemperismo y la gravedad (Foto 22). El material de esta zona también fue utilizado como cantera.

Foto 22. Caos diorítico ubicado al sureste de la Pirámide de la Huaca.

Terraza Fluvial TF_2

En Caral, el río Supe presenta tres terrazas fluviales, siendo TF_2 la más antigua y por lo tanto la más elevada, con altitudes entre 365 y 345 msnm (Figs. 11 y 12).

La Terraza Fluvial TF_2 forma una superficie relativamente plana con declives hacia el oeste y noroeste, se halla en la margen izquierda del río Supe y aproximadamente a 15 m sobre el cauce. Tiene dirección paralela al río, longitud mayor a 1 km y ancho variable entre 500 y 200 m.

Por estas características de relieve y por ser una parte alta, es posible que fuera la zona elegida para construir Caral Alto (Fotos 13 y 20).

Actualmente, gran parte de esta terraza se halla recubierta por las construcciones y los rellenos antrópicos. Sin embargo, los afloramientos de estos depósitos están en los barrancos o desniveles que se presentan en el límite con la terraza TF_1 y más escasamente en los bordes del cauce actual C_0 de la quebrada Chupacigarro (Foto 23).

Foto 23. Depósitos de gravas fluviales TF_2 cerca de la lomada suroeste de Caral.

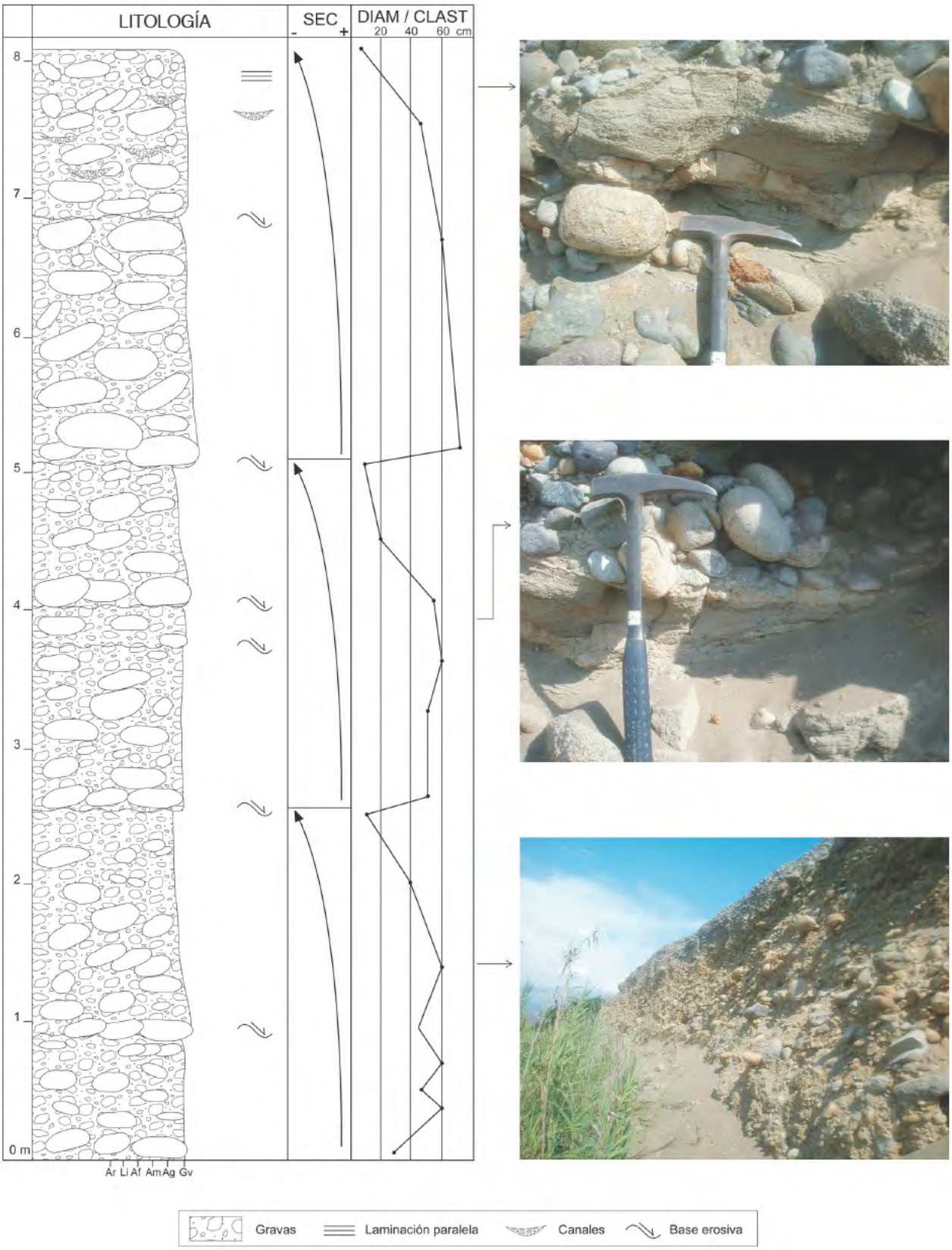


Fig. 12. Columna estratigráfica de la Terraza Fluvial TF_2.

La Terraza Fluvial TF_2 está conformada por bloques y gravas bien redondeadas, con algunos lentes de limos y arenas. Los bloques alcanzan 60 cm de tamaño y los clastos menores tienen 5 a 10 cm de diámetro promedio, con una matriz limo arenosa de coloración grisácea. Los bloques y clastos se hallan bien redondeados (cantos rodados), lo que testimonia su origen fluvial.

En la columna levantada se muestra que los depósitos fluviales tienen un espesor mayor de 8 m y que se han reconocido tres secuencias grano decrecientes que corresponden a diferentes periodos de depositación del río y que dieron lugar a la terraza (Fig. 12). Estos depósitos cuaternarios son los más antiguos de la zona de Caral y son anteriores a 5000 años de antigüedad.

Desde el punto de vista de la geomecánica, estos suelos, si bien no están bien consolidados, presentan buenas a regulares capacidades de fundación y capacidad portante alta a media. Eso explica por qué Caral se halla en buen estado de conservación, teniendo en cuenta que la zona es altamente sísmica y que en los últimos 5000 años debió soportar grandes sismos.

Terraza Aluvial A_3

Los eventos aluviónicos o de flujos de detritos de la quebrada Chupacigarro han sido variables, algunos como el aluvión A_3 formaron terrazas, en cambio A_2, A_1 y A_0 parecen haber rellenado paleocauces dejados por eventos anteriores a cada uno de ellos.

La Terraza Aluvial A_3 tiene una altura similar a la Terraza Fluvial TF_2 y está a 360 msnm en promedio. La terraza está cortada por dos cauces que se han denominado C_2 y C_0, y que la han dividido en dos (Fig. 11). Una, situada al este, es las más importante porque gran parte de Caral Bajo está construida sobre ella.

Esta parte de la terraza tiene dirección NO-SE, paralela a la terraza TF_2 y en consecuencia al río Supe; tiene una longitud de 900 m y un ancho máximo de 150 m, disminuyendo en sus bordes tanto al noroeste como al sureste. La otra parte de la terraza está más bien pegada a las lomadas de la parte suroeste de la ciudad (Foto 23).

La terraza A_3 está compuesta por gravas angulosas a subangulosas con tamaño promedio de 7 cm, y máximo de 40 cm; los clastos están en una matriz soportada, lo que los clasifica como depósitos de aluviones. La matriz varía de arena a limos y en algunos niveles está casi ausente. La edad de estos depósitos aluviónicos no puede determinarse de manera directa pero un examen de la estratigrafía permite afirmar que son bastante antiguos y más viejos que 5000 años. Posiblemente son más o menos contemporáneos con los depósitos de la Terraza Fluvial TF_2.

Este tipo de depósitos constituyen un buen elemento de fundación motivo por el cual este sector de la ciudad tampoco fue afectado por los numerosos y grandes sismos que ocurrieron en los pasados 5000 años.

Cauce C_2-Aluvial A_2

Los depósitos formados por los flujos del aluvión A_2 (Fig. 13) han desarrollado y ocupado un cauce o un canal natural denominado C_2 (Foto 24). Este cauce es uno de los que cortó la terraza A_3, separándola en dos; sobre una de ellas se encuentra Caral Bajo y la otra se extiende hasta la lomada al suroeste de la ciudad.

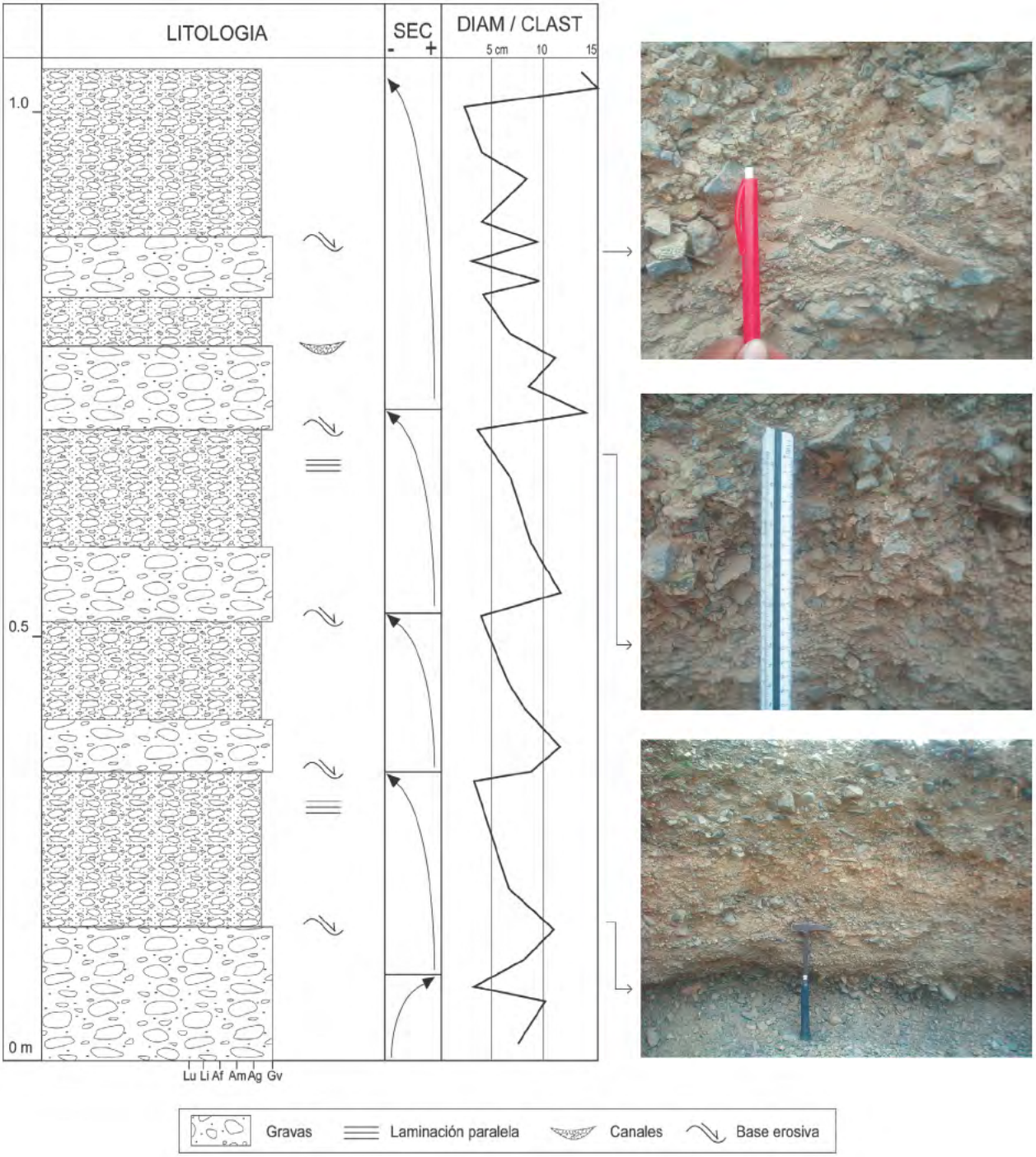


Fig. 13. Columna estratigráfica del depósito aluvial A_2.

Foto 24. Cauce C_2 rellenado por el aluvión A_2.
Al fondo la duna que cierra la quebrada.

Foto 25. Gravas del aluvión A_2.

La depresión del cauce C_2 tiene desniveles entre 3 y 5 m respecto a la terraza A_3. Su dirección es NO-SE, tiene una longitud mayor de 1100 m y va desde la duna hasta los límites de la zona de estudio (Fig. 11), en tanto que el ancho varía entre 250 y 70 m.

La depresión C_2 está rellenada por depósitos de aluvión A_2 de gravas subangulosas (Foto 25) con tamaños de clastos que van de 10 a 5 cm de diámetro, alcanzando máximos de 20 cm, en una matriz areno-limosa (Fig. 13). Los materiales son poco consolidados pero tienen buenas características mecánicas. Sin embargo, sobre este cauce no hay construcciones relevantes. Estos depósitos y el cauce se desarrollaron antes de la ocupación de Caral, es decir, son anteriores a 5000 años.

Cerca de la duna, este cauce C_2 se junta con el cauce C_0, lo que permite afirmar que bajo C_0 se encuentran depósitos aluviales A_2 y que el origen antiguo del cauce C_0, está en relación al aluvión A_2 (Fig. 11).

Cauce C_1-Aluvión A_1

Es un pequeño cauce que erosionó la Terraza Fluvial TF_2 y cuyo origen se puede relacionar con el desborde de un flujo de detritos del aluvión denominado A_1. Depósitos de este flujo también se presentan en la margen izquierda del Cauce C_0 (Fig. 11).

Cerca de la Pirámide Central se han encontrado afloramientos aislados de gravas que sobreyacen a la Terraza Fluvial TF_2 (Foto 26). Estos afloramientos siguen una pequeña depresión que ha sido cartografiada y corresponde al Cauce C_1. Tiene dirección general NO-SE, longitud mayor a 600 m y ancho promedio de 20 m. Aguas abajo, el Cauce C_1 se junta con el Cauce C_0.

Las gravas son subangulosas, con tamaños de clastos que tienen de 10 a 5 cm de diámetro y máximos de 20 cm, con matriz areno-limosa (Foto 27 y Fig. 14).

Los materiales son poco consolidados pero tienen buenas características mecánicas, aunque aquí tampoco hay construcciones importantes.

Aparentemente, estos depósitos y el cauce se desarrollaron durante la construcción de Caral, ya que este material afectó a las construcciones, tal como se puede ver en la estructura circular descubierta recientemente entre la Pirámide Central y la Pirámide de la Cantera, donde incluso se observan limos rojizos que se habrían originado por pequeños represamientos durante el aluvión A_1 o un poco antes. Sin embargo, los flujos pudieron ser también un poco anteriores a estas construcciones, ya que en partes la estructura circular está encima de estas gravas.

Cauce C_0-Aluvial A_0

El Cauce C_0 es un desnivel que existe entre la Terraza Fluvial TF_2 y la Terraza Aluvial A_3 (Foto 28), es decir, separa Caral Alto de Caral Bajo. Este cauce es una morfología debida a la erosión y el relleno parcial de varios flujos de detritos y actualmente está rellenado superficialmente por depósitos del flujo aluviónico denominado A_0 (Fig. 11).

Los depósitos formados por el aluvión A_0, es decir, el último que afectó la Ciudad Sagrada de Caral, ocuparon un cauce elaborado anteriormente por los aluviones A_2 y A_1, es decir que el cauce C_0 está encajonado al relieve ya creado. Un pequeño brazo de este aluvión A_0 se puede reconocer también sobre el cauce C_2 pero de manera restringida (Fig 11).

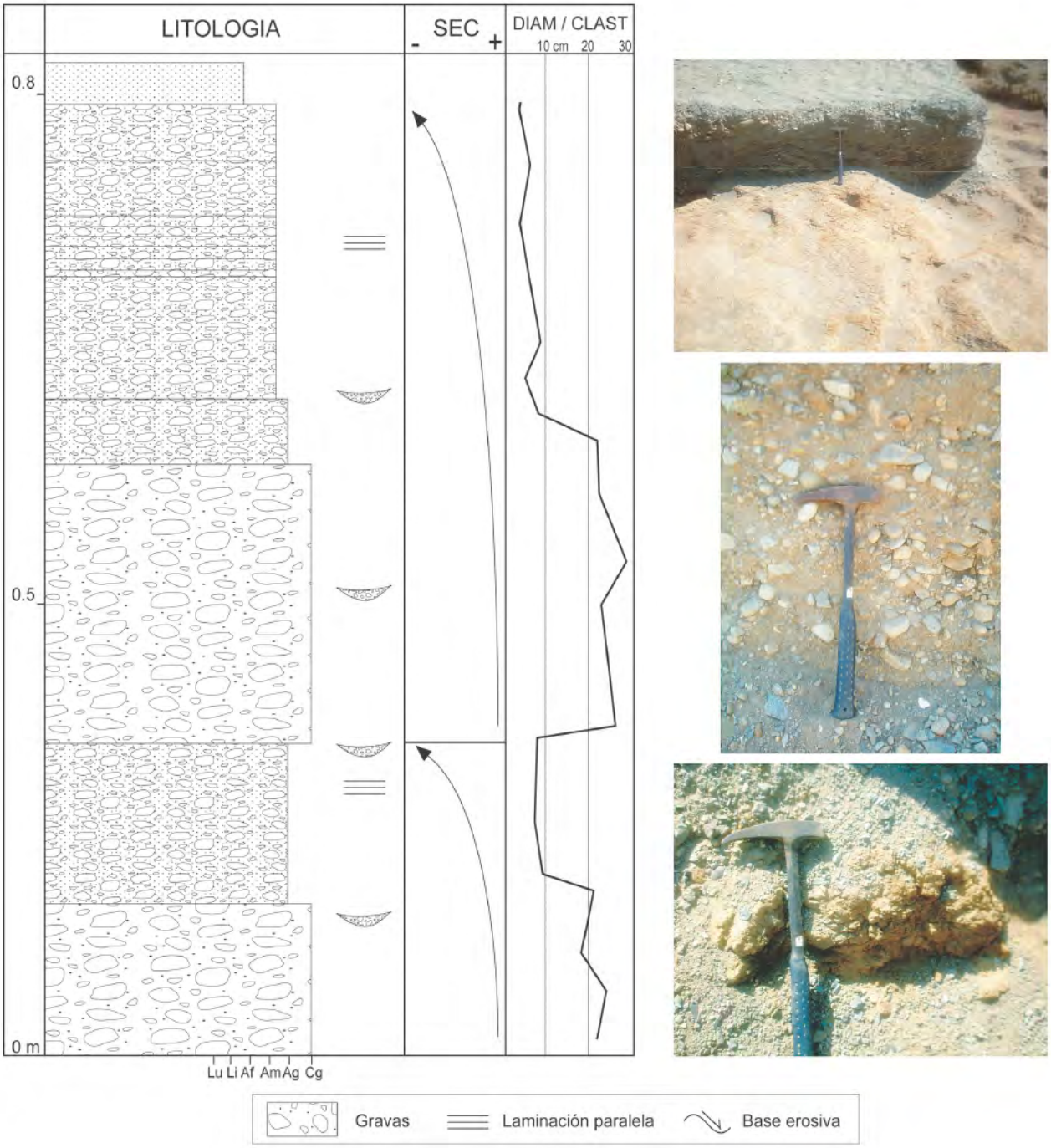


Fig. 14. Columna estratigráfica del depósito aluvial A_1.

Foto 26. Estructura circular entre la Pirámide de la Cantera y la Pirámide Central, con gravas del aluvión A_1.

Foto 27. Gravas del aluvión A_1 en la estructura circular.

Foto 28. Cauce C_0 entre las terrazas fluvial y aluvial.

Foto 29. Gravas del aluvión A_0 depositadas al sur de la duna.

El Cauce C_0 tiene dirección noroeste-sureste y longitud mayor de 1100 m, con ancho promedio entre 100 y 40 m. Tiene un desnivel de 3 a 5 m respecto a las terrazas que lo bordean.

Cerca de la duna, el cauce C_0 se une con el cauce C_2 y también lo hacen en la parte baja, por lo que se deduce que el origen principal de C_0 se debe al aluvión A_2.

La depresión dejada por el cauce C_0 está rellenada por dos o tres metros de gravas subangulosas con diámetros promedio de clastos de 7 cm, en matriz limo arenosa (Foto 29). Los materiales son poco consolidados pero tienen regulares características mecánicas. Sin embargo, sobre este canal no hay construcciones importantes, a excepción del extremo norte de la Pirámide del Anfiteatro.

En efecto las evidencias muestran que el flujo del aluvión $A_{0,}$ que erosionó y rellenó parcialmente el cauce $C_{0,}$ probablemente afectó las construcciones de este sector de la pirámide.

Es posible que el aluvión A_0 se produjera durante la construcción de Caral y particularmente de Caral Bajo. Por otro lado, la cartografía muestra que este aluvión estuvo restringido a la margen derecha de la quebrada Chupacirrago y franqueó a la duna por su extremo noreste, afectándola y destruyéndola, lo que indica que fenómeno es posterior a la formación de la duna.

Otras evidencias del flujo del aluvión A_0 se notan claramente al sur de la duna, donde sobreyacen a los depósitos lacustres (Foto 30).

Foto 30. Depósitos aluviales A_0 que ocupan el cauce actual de la quebrada Chupacigarro.

Foto 31. Montículo de material de desmonte.

Material de relleno antrópico: construcciones y desmontes

Son rellenos hechos por el hombre, como zonas de plataformas, y en general las construcciones que ocupan gran parte de la ciudad. También se ha cartografiado las zonas de desmonte moderno (Fig. 11), originadas por los trabajos de exploración arqueológica y limpieza de las construcciones que han estado cubiertas. En general, se trata de gravas en una matriz areno limosa (Foto 31).

La duna

La duna es el límite sur de la Ciudad Sagrada de Caral. Está constituida por arenas que han sido transportadas y depositadas por el viento. Tiene forma alargada, con 600 m de longitud, ancho de 10 a 20 m y de forma piramidal. Esta geoforma eólica es longitudinal y abarca todo el ancho de la quebrada Chupacigarro a manera de un dique de contención (Foto 32).

Esta geoforma se ubica en un sitio poco usual y queda la impresión de tratar de tapar o contener a la quebrada Chupacigarro (Carlotto et al., 2008). El estudio de los depósitos de flujos de aluviones de Caral indica que el cauce principal de la quebrada Chupacigarro fue rellenado por el flujo de aluvión A_2 cuando aún no existía la duna, ya que existe un nivel de referencia a ambos lados de ella que pueden correlacionarse. Las evidencias señaladas indican que la duna es anterior al aluvión A_0 que es el último

Foto 32. Emplazamiento de la duna en forma transversal a la quebrada Chupacigarro y ocupando todo el ancho. A la derecha se desarrolló la laguna.

Foto 33. Arcillas lacustres que sobreyacen a las gravas del aluvión A_2.

flujo que afectó a Caral. Por otro lado, la duna es posterior al aluvión A_2. La relación entre el aluvión A_1 y la duna puede establecerse pero es probable que ella sea contemporánea o ligeramente posterior al aluvión A_1.

Depósitos lacustres: la laguna

En realidad es una geoforma plana desarrollada en el cauce de la quebrada Chupacigarro, al sur de la duna (Foto 32), pues al norte no existe.

Se trata de arcillas y escasas arenas de origen lacustre (Foto 33) que afloran solamente al sur de la duna, la que habría actuado como barrera (Foto 32), aunque mecánicamente es difícil explicar ya que la arena eólica, que no es compacta, difícilmente resistiría la presión de una acumulación relativamente importante de agua. Por lo tanto, se plantea la hipótesis que habría existido una barrera o dique artificial que fue cubierta por la duna (Carlotto et al., 2008).

La edad de la laguna está relacionada a la de la duna. Como se vio anteriormente, los depósitos lacustres sobreyacen a gravas del aluvión A_2 (Foto 33) e infrayacen a gravas del aluvión A_0.

La duna fue afectada por el aluvión A_0 al igual que construcciones de la Pirámide del Anfiteatro, en consecuencia, la laguna que es posterior a la duna y anterior al Aluvión A_0, se habría formado durante el periodo de asentamiento de Caral.

RELACIÓN ENTRE LA GEOLOGÍA Y LA ARQUEOLOGÍA DE CARAL

Las investigaciones arqueológicas en el valle de Supe, provincia de Barranca, desarrolladas desde 1994, han demostrado que Supe fue el asiento del primer Estado político formado en el Perú, con el fechado más antiguo en este continente, y que Caral es el asentamiento urbano con arquitectura monumental más antiguo de América. Su antigüedad ha sido confirmada por cuarenta y dos dataciones de carbono 14 entre 2627 y 2100 años antes de Cristo aproximadamente; además, estos fechados señalan que este asentamiento habría sido ocupado a lo largo de 500 o 600 años (Shady et al., 2001; 2010).

Un aspecto saltante es la presencia de una duna ubicada en forma transversal a la quebrada Chupacigarro, al sur de la Ciudad Sagrada de Caral (Fig. 11, Foto 32). Otro es la presencia de depósitos lacustres que solo se encuentran al sur de la duna.

Como se sabe, para la formación de un depósito lacustre o una laguna se necesita una barrera natural o artificial. Para conocer el origen de la laguna de Caral es necesario tomar en cuenta que los depósitos lacustres están restringidos al sur de la duna, es decir, ella habría actuado como barrera represando las aguas. Sin embargo, la lógica y la resistencia de materiales no explican cómo una duna eólica soportó la presión lateral que ejercen las aguas, y por otro lado, no permitió que el agua se filtre, siendo las arenas demasiado permeables. En efecto, las dunas están compuestas de arenas sueltas y por eso son fácilmente levantadas por el viento. Por lo tanto, para que el lago se forme tuvo que existir una barrera que pudiese represar las aguas (Foto 34).

Foto 34. Imagen satelital que muestra la laguna, la duna y el aluvión A_0

Por tanto, bajo la duna debe haber una estructura que cumplió las funciones de dique o presa. Para explorar esta hipótesis se aplicó un método geofísico denominado georradar de penetración (GPR), cuyos resultados indican que bajo la duna hay anomalías que pueden ser interpretadas como afloramientos rocosos.

Sin embargo, el estudio de los flujos aluviónicos indica que en el cauce de la quebrada Chupacigarro no había afloramientos. Por lo tanto, las anomalías que muestra el radar corresponderían más bien a bloques de rocas intrusivas (dioritas) que forman un muro (Figs. 15 y 16).

En consecuencia, es probable que bajo la duna existan estructuras hechas por el hombre que actuaron como diques o represas, posiblemente para contener flujos de detritos como los que ya habían afectado a Caral, pero estos permitieron más bien la formación de la laguna y sus evidencias son las arcillas encontradas. Por otro lado, en el transcurso del tiempo este muro fue cubierto poco a poco por arenas eólicas hasta formar una verdadera duna.

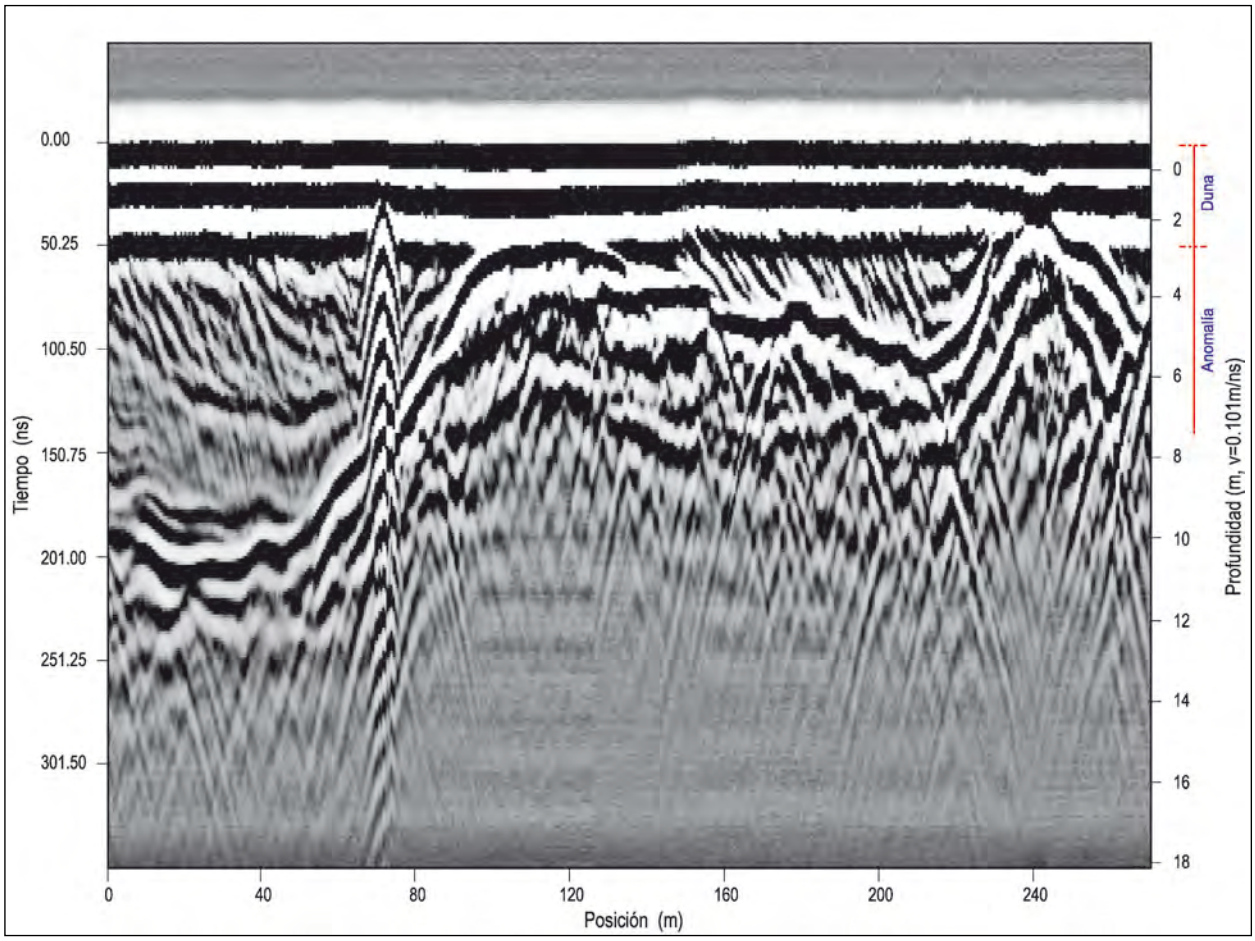


Fig. 15. Sección tomada con el georradar. En la parte superior (horizontal) se encuentra la duna y debajo se ven anomalías que pueden corresponder a un muro de piedra.

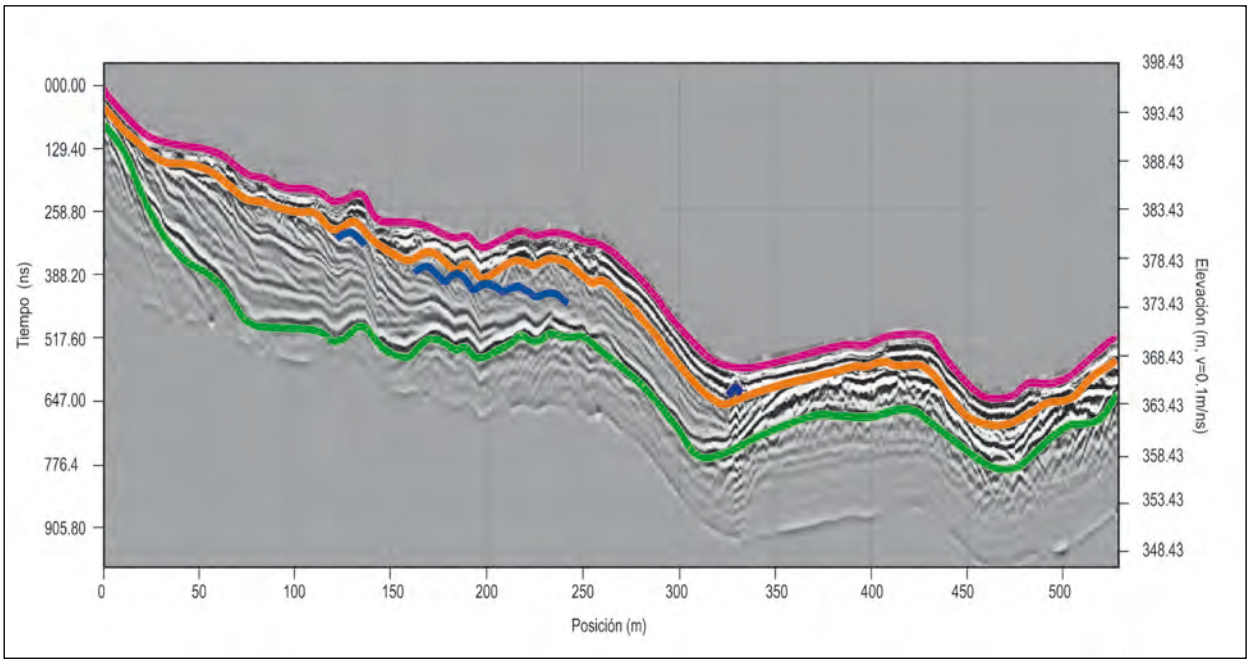


Fig. 16. Sección identificada con el georradar a lo largo de la duna, sin corrección de altura. Se ven dos interfases que corresponden a tres capas: las dos primeras constituyen las arenas eólicas y la tercera representa la roca o muro. Se ven también siete anomalías de tipo hiperbólico, las seis primeras estarían relacionadas a muros y la otra (a 328 m) es conductiva.

Las descripciones anteriores muestran que la edad relativa de la duna corresponde a un periodo previo al aluvión A_0 que afectó a la ciudad de Caral. Además, la duna es posterior al aluvión A_2 que se produjo más de 5000 años atrás. Es decir, la duna se habría formado durante la ocupación de la Ciudad Sagrada de Caral, entre 4600 y 4200 años atrás.

Cronología e interpretaciones

Las observaciones descritas anteriormente llevan a plantear como hipótesis la siguiente cronología e interpretaciones (Carlotto et al., 2008):

La quebrada Chupacigarro desde el sur de la duna hasta la ciudad de Caral fue rellenada por depósitos de gravas aluviales que corresponden a un flujo de aluvión importante A_2 originado antes de 5000 años. Este aluvión formó dos cauces en Caral, y erosionó un aluvión más antiguo (A_3). En ese momento no existía la duna. Es posible que el aluvión A_1 haya afectado la ciudad durante el inicio de las primeras construcciones de Caral Alto, y probablemente se formó hace 4600 a 4400 años. Si bien este aluvión no fue muy grande, comparado con A_2, la experiencia vivida por los pobladores pudo dar lugar a la decisión de construir un muro de protección al sur de la ciudad.

Este muro habría sido construido alrededor de 4500 y 4300 años atrás para proteger a la ciudad de los aluviones o huaycos que la afectaban en épocas de lluvias y relacionados seguramente a periodos

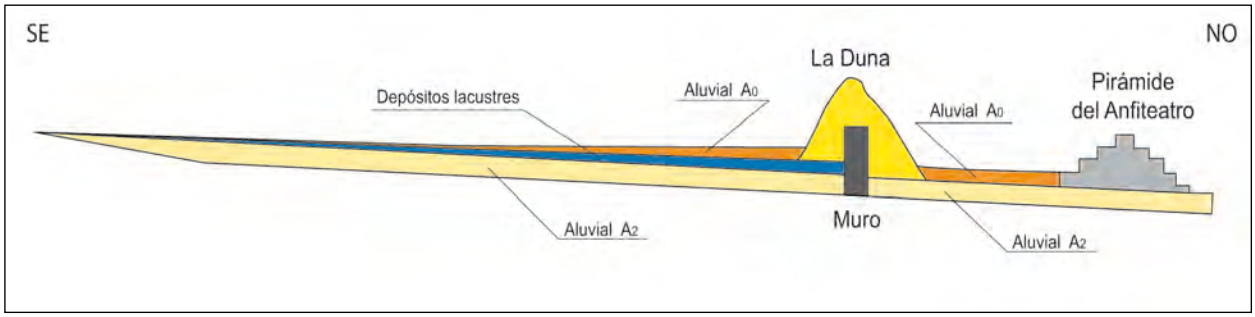


Fig. 17. Propuesta de cómo se habrían formado la laguna y la duna en Caral.

Foto 35. Arcillas lacustres deformadas posiblemente por sismos e intercaladas con capas de arena.

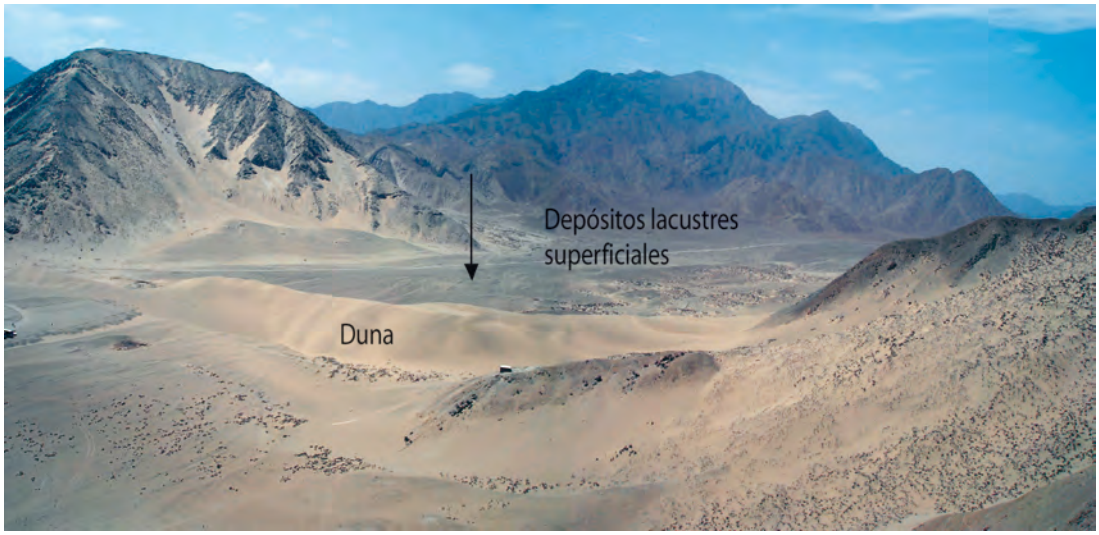


Foto 36. Vista panorámica que muestra la duna y el lugar por donde pasó el aluvión A_0.

en los que se presentaba el Fenómeno de El Niño. Este muro parece haber cumplido parcialmente su papel ya que represó las aguas de lluvia formando una laguna, aunque no necesariamente un aluvión con flujos de detrito (Fig. 17). En consecuencia la edad de la laguna es la misma de la época del muro, durante el esplendor de Caral. Esta laguna se secó y se activó varias veces, como lo muestran las superficies de endurecimiento encontradas y las capas de arena eólica (Foto 35) que se intercalan con las arcillas. Esto puede ser interpretado como evidencia de años con muchas lluvias que lograban llenar la laguna.

Otro aspecto a resaltar es que los depósitos lacustres están deformados posiblemente por efecto de sismos significativos (Foto 35). En La Pirámide Mayor existe un asentamiento importante que afecta a un sector de esta estructura y se deduce que se produjo durante la construcción de la ciudad. Este asentamiento puede ser explicado en relación a un fuerte sismo, ya que el suelo de fundación y la buena construcción que muestra Caral no argumentan a favor de un simple asentamiento por efecto de gravedad o por suelos de baja capacidad portante. Este sismo importante podría ser también la causa de las deformaciones observadas en los depósitos lacustres que se formaron al sur de la duna. Posteriormente y en plena ocupación de Caral se produjo un nuevo aluvión (A_0) que destruyó parte de la duna en el sector noreste (Foto 36) y en consecuencia el muro, que posiblemente fue reconstruido pero parcialmente. Es por esto que ahora ya no existe la parte del muro ni de la duna por el actual acceso a Caral viniendo de Végueta, en el flanco este de la quebrada.

El aluvión A_0 afectó las construcciones en Caral Bajo y posiblemente el Templo del Anfiteatro (Foto 37). Además, las evidencias arqueológicas indican que Caral Bajo fue construido ligeramente después de Caral Alto.

Foto 37. Evidencias del aluvión A_0 que afectó las construcciones de Caral Bajo.

LAS CANTERAS DE CARAL

La Ciudad Sagrada de Caral fue construida con piedras (Foto 38), por eso la importancia de este material y de la ubicación e identificación de canteras, sin olvidar el conocimiento sobre sus características litológicas y sus propiedades físico mecánicas. El uso de esta materia prima se consolidó 5000 años atrás y sus resultados más impresionantes se observan en Machupicchu (Carlotto et al., 2007), Choquequirao o Saqsaywaman, por citar algunos lugares incas (Carlotto et al., 2010).

Los estudios de campo y laboratorio de algunas muestras de las construcciones de Caral indican la presencia de dioritas como las rocas más utilizadas, en una proporción mayor al 50 %; luego le siguen rocas volcánicas que incluyen diques de composición andesita basáltica y en menor proporción están las brechas volcánicas y los sienogranitos.

La diorita fue utilizada en Caral para la construcción, constituyendo un buen material, tanto por su composición como por su estructura (cortado por fracturas), que permitieron una separación natural y también artificial en bloques paralelepípedos de diversos tamaños.

El pulido de las rocas se realizó tanto en las canteras (Foto 50) como en la misma ciudad, luego del transporte de las rocas (Foto 43). Sin embargo, muchas de ellas ya tenían un pulido natural debido al fracturamiento natural de las rocas (Foto 41).

Los estudios de campo han permitido reconocer varias canteras que se encuentran en la misma ciudad y en los alrededores. Sin embargo, otra de las zonas que proveyeron materia prima fueron los cauces de la quebrada Chupacigarro, donde todavía se observan bloques de rocas de diferentes tamaños que

Foto 38. Vista de la Pirámide Mayor con las construcciones de piedra labrada.

fueron traídos por los aluviones (Foto 39). Se ha distinguido cuatro zonas de cantera y además se ha descrito la roca utilizada en la Pirámide Mayor (Fig. 18).

Cantera del Suroeste de la Ciudad

Es una de las canteras más importantes por la cantidad de material que pudo extraerse de ella para las construcciones de Caral. Se localiza en sus alrededores y más precisamente al suroeste de la ciudad, en la ladera norte de una de las lomadas que rodea la ciudad, y a unos 500 m de distancia de Caral Bajo. Aquí afloran principalmente dioritas pero también existen algunos diques de sienogranitos. Las rocas se hallan fracturadas (Foto 40), lo que facilitó el trabajo de extracción. Las rocas son duras y en general presentan buenas características para ser utilizadas en la explotación, sin embargo, en algunas partes están alteradas, y por lo tanto no fueron utilizadas para la construcción.

Actualmente en las canteras se observa todavía evidencias antiguas de la extracción de bloques de dioritas; la explotación se realizó aprovechando los sistemas de fracturas principales (Foto 41). Para la separación utilizaron los mismos bloques de rocas, de tamaño menor, que introducían en las fracturas para ir separando gradualmente. Otro método que probablemente se utilizó era el uso de troncos de madera que eran remojados en agua para producir hinchamiento y separación gradual de los bloques. En las fracturas que se iban abriendo, los constructores de Caral introducían las piedras de menor tamaño a manera de cuñas, hasta la separación total de los bloques de rocas.

La explotación se realizaba también a manera de terrazas o banquetas, como se muestra en la Foto 42, aprovechando en este caso las fracturas horizontales, lo que facilitó el trabajo.

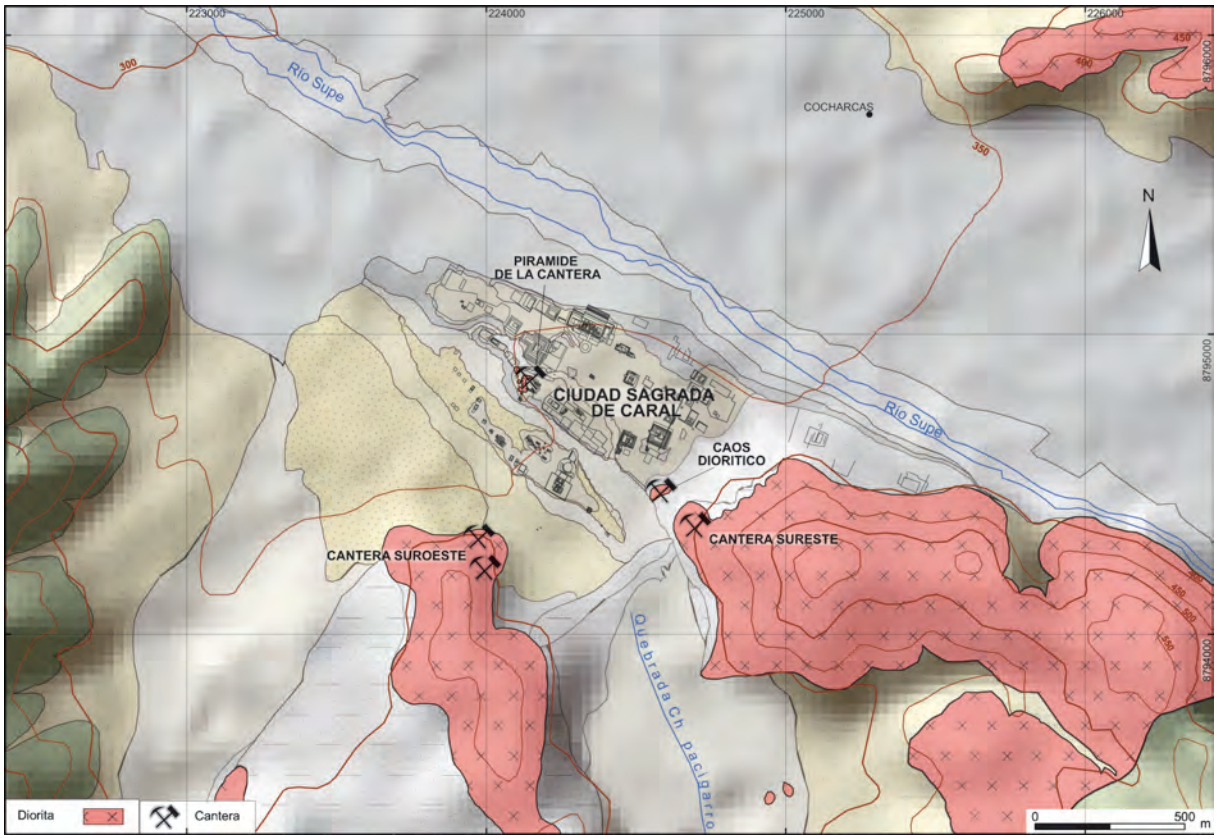


Fig. 18. Mapa geológico que presenta la ubicación de las zonas de canteras.

Foto 39. Bloques de rocas que son parte de los materiales traídos por los aluviones.

Foto 40. Vista panorámica de una parte de la cantera suroeste.

Foto 41. Evidencias de separación de bloques utilizando las mismas piedras como cuñas.

Foto 42. Evidencias de explotación en banquetas aprovechando las fracturas horizontales.

Foto 43. Bloque del jeroglífico que pudo haber sido utilizado como base de pulidor para bloques de rocas más pequeños.

Desde el punto de vista petrográfico, las rocas de esta cantera son principalmente dioritas de grano medio (Fotos 43 y 44), de color gris a gris oscuro debido a la presencia de minerales máficos. Por sectores, la roca tiene un color blanco grisáceo debido a las alteraciones y la presencia de cuarzo.

Al examinarse en el microscopio las muestras CA-08 y CA-09 tomadas de esta cantera, se observa que son rocas granulares compuestas por cristales de plagioclasas, piroxenos y anfíboles intersticiales, con algo de cuarzo y opacos en moldes de cristales (Foto 45).

Los minerales esenciales de la roca son las plagioclasas (70-75 %), anfíboles (10 %) y piroxenos (10%); los minerales accesorios son las cloritas (3-5 %), arcillas (3 %), cuarzo (1 %) y los opacos (3 %); también hay carbonatos, epídotas, sericita, óxidos de hierro, apatito, esfena, rutilo y zircón, todos ellos en trazas.

Las plagioclasas se presentan en formas euhedrales y subhedrales, el tamaño promedio es de 1 a 2 mm, macladas, microfracturadas, zonadas, ligeramente alteradas a sericita, arcillas, calcita, cloritas y óxidos de hierro. Presentan microfracturas rellenas por carbonatos, epídotas y cloritas. Los escasos granos de cuarzo, algunos con extinción ondulante, se presentan de formas anhedrales y tienen tamaños menores de 1.4 mm; se presentan en intersticios y en algunos sectores hay cristales de cuarzo que contienen inclusiones en forma de agujas que posiblemente sean apatito y zircón.

Los cristales de anfíboles se presentan con formas subhedrales y anhedrales, de tamaños menores de 2.6 mm y están parcialmente alterados a cloritas y epídotas. Los piroxenos están parcialmente reemplazados por actinolita, alterados a cloritas y arcillas. Los minerales opacos ocurren de formas euhedrales a anhedrales, tienen tamaños menores de 1.45 mm, están diseminados en la roca y en

Foto 44. Muestra de mano de la diorita CA-09.

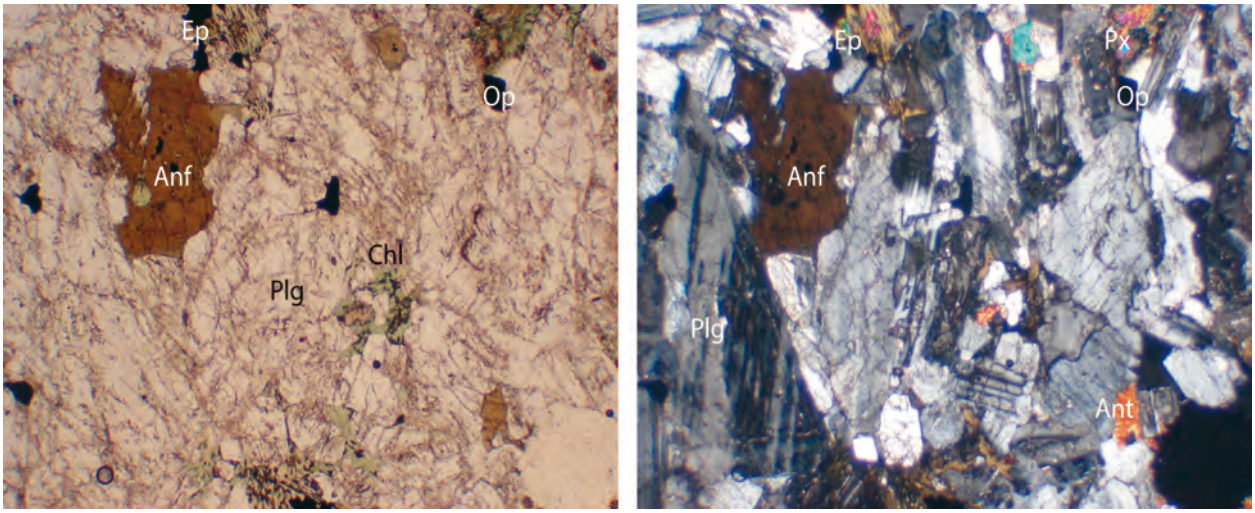


Foto 45. Sección delgada de la diorita CA-09 que muestra las plagioclasas macladas, anfíboles, piroxenos, cloritas, epídota y opacos.

intersticios, y reemplazan a los minerales máficos. Se observan cristales de cloritas, algunas veces acompañados por epídotas, y otros, ambos rellenan los intersticios.

Igualmente en la cantera suroeste se han reconocido sienogranitos que son rocas de grano medio de color pardo grisáceo (Foto 46); en ella se observan feldespatos, cuarzo y máficos. Presenta fracturas subparalelas, textura granular y está compuesta por cristales de feldespatos potásicos, plagioclasas con cuarzo, piroxenos y moldes de máficos alterados por cloritas y epídotas en los intersticios (Foto 47).

Según la muestra CA-10, los minerales esenciales son feldespatos potásicos (42 %), cuarzo (25 %) y plagioclasas (15 %), y se reconocen además como minerales secundarios las arcillas (8 %), las cloritas (3 %), los piroxenos (3 %), las epídotas (2 %) y los minerales opacos (1 %). También se ha reconocido como trazas esfena, sericita, óxidos de hierro, micas, sericita, apatito, biotita.

Los feldespatos potásicos se presentan en tamaños de 700 micras, alterados a arcillas, sericitas, carbonatos y óxidos de hierro; se observa intercrecimiento micropertítico de albita y feldespatos potásicos. Las plagioclasas se encuentran con formas euhedrales a subhedrales y tamaño promedio de 800 micras, macladas, algunas zonadas, alteradas a arcillas, carbonatos y epídotas. Los piroxenos ocurren en cristales subhedrales con tamaños menores de 600 micras, en intersticios y como inclusiones en cuarzo, están alterados a cloritas y epídotas, y algunos rodeados por óxidos de hierro. Los cristales de cuarzo primario menores a 600 micras tienen formas irregulares, con bordes corroídos y extinción ondulante. Los minerales opacos de formas euhedrales y subhedrales se encuentran diseminados. Agregados de carbonatos, micas y cloritas rellenan intersticios.

Foto 46. Muestra de sienogranito CA-10.

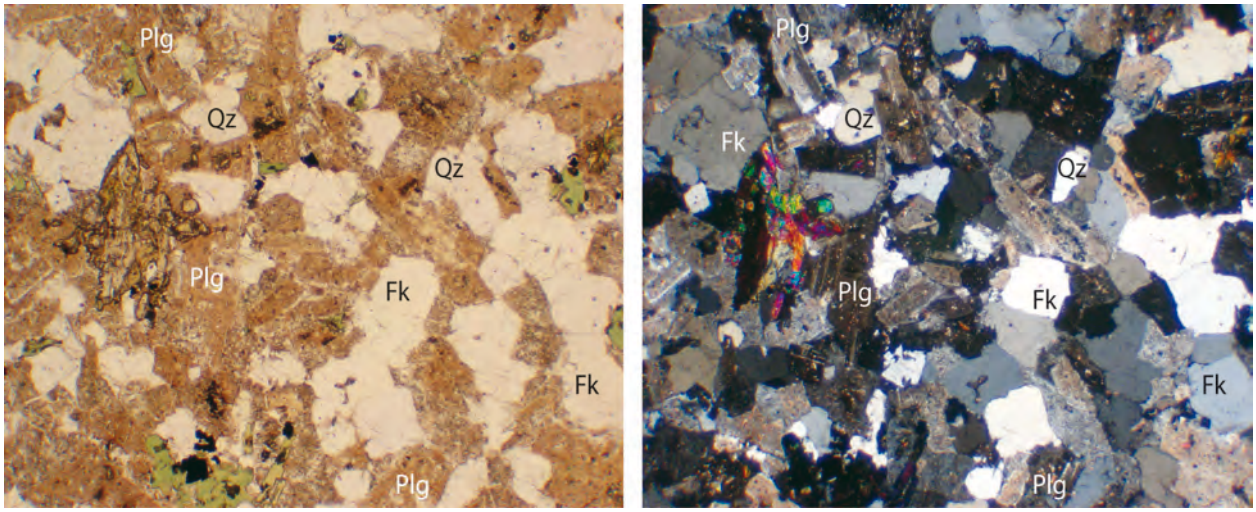


Foto 47. Muestra CA-10 de sienogranito compuesta de feldespatos potásicos y plagioclasas que se alteran a arcillas, epídotas y cloritas.

Pirámide de la Cantera

Esta cantera se localiza en plena ciudad de Caral, en una lomada que sobresale a la morfología plana y ha sido aprovechada además para construir la pirámide sobre los afloramientos de diorita. Las fracturas principales en este sector tienen orientación noroeste-sureste y este-oeste, además de las fracturas casi horizontales. La intersección de estas fracturas le da una forma geométrica casi perfecta a los bloques de dioritas (Foto 48).

Este lugar, por su significado mágico religioso, debe haber sido una de las canteras más importantes, ya que se hallaba en la misma ciudad y ofrecía las condiciones más favorables para ser explotadas y utilizadas en la construcción de la pirámide.

Es posible que la parte superior de esta lomada haya estado conformada por un apilamiento de bloques de diorita que se desprendieron por gravedad, lo que es conocido como «caos diorítico». Evidencias de este caos todavía se pueden ver en la parte occidental de la pirámide (Foto 49). Los bloques sueltos del caos fueron los primeros materiales utilizados para la construcción de la pirámide.

Hoy en día se observa evidencias de la explotación a cielo abierto en una zona donde la diorita se encuentra ligeramente alterada. Incluso se ven restos de desbroce y un gran bloque de diorita que pudo servir de base para partir y tal vez pulir otros bloques de menor tamaño (Foto 50).

Para el estudio petrográfico se tomaron las muestras CA-05, CA-06 y CA-07. Se trata de dioritas de grano medio (Foto 51), en las que se observan cristales de feldespatos de color gris con cristales grises oscuros de máficos. Examinadas en el microscopio se observa que tienen una textura granular hipidiomórfica compuesta por fenocristales de plagioclasas, anfíboles y piroxenos que en algunos casos son alterados a cloritas, epídotas y arcillas.

Foto 48. Dioritas diaclasadas en formas geométricas casi perfectas, listas para ser explotadas.

Foto 49. Bloques de dioritas amontonadas a manera de caos.

Foto 50. Excavaciones a cielo abierto para extraer bloques de dioritas aprovechando las fracturas. Además se observa un bloque utilizado para el pulido.

Foto 51. Muestra (CA-07) de diorita de la Pirámide de la Cantera.

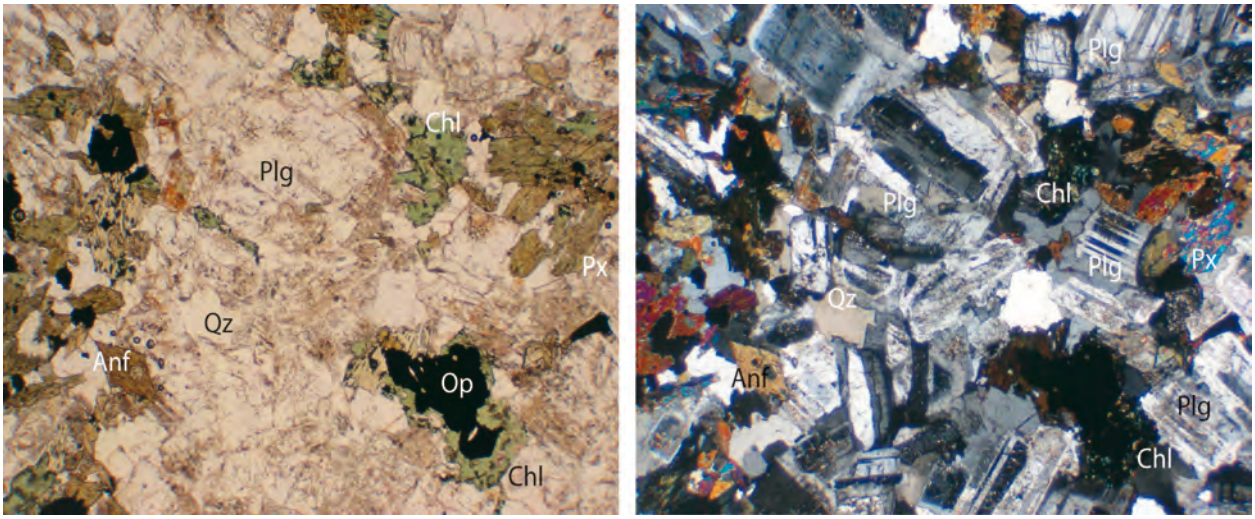


Foto 52. Sección delgada de diorita (Muestra CA-07) conformada por plagioclasas macladas, cuarzo, anfíboles, piroxenos y cloritas.

Las plagioclasas (80-70 %) ocurren con formas euhedrales y subhedrales con tamaño entre 2,7 a 1,30 mm, macladas, zonadas, microfracturadas, y alteradas por arcillas, sericita y carbonatos; presentan microfracturas rellenas por epídotas y carbonatos. El cuarzo primario se halla en intersticios de plagioclasas y presenta microfracturas rellenas por epídotas y óxidos de hierro. Asimismo, se encuentran inclusiones de máficos y de apatito. Los anfíboles (12-10 %) están alterados por cloritas y epídotas. Los piroxenos (4-3 %) se encuentran parcialmente reemplazados por anfíboles y alterados por cloritas (Foto 52).

Los minerales secundarios son los opacos (4-2 %), que tienen formas euhedrales a subhedrales, se hallan diseminados y rellenando los intersticios de anfíboles y biotitas. Las cloritas (3-2 %) se presentan en agregados fibrosos, alterando moldes de máficos y en agregados radiales rellenando intersticios de plagioclasas; son el resultado de la alteración que han sufrido las plagioclasas y los anfíboles. Igualmente se observan trazas de biotitas, epídotas, esfena, óxidos de hierro, apatito y zircón.

Zona del caos diorítico

Es un pequeño promontorio de 59 m de largo por 20 m de ancho. Aparece al sureste de la Pirámide de la Huanca y cerca de las canteras sureste. Se le denomina caos pues la parte superior del promontorio muestra bloques de diorita que se han desprendido del macizo rocoso por efecto de la gravedad (Foto 53).

El origen de este caos, en pequeña escala, es muy similar a las geoformas que presenta la ciudad inca de Machupicchu (Carlotto et al., 2007). En Caral el afloramiento de roca madre no es muy evidente, ya que se halla cubierta por arenas eólicas, por lo que puede pensarse que estos bloques habrían sido traídos de otro lugar cercano. Sin embargo, en algunas partes se puede ver los afloramientos, donde la explotación se ha realizado aprovechando las fracturas (Foto 54).

Las rocas aquí también son dioritas (CA-21) de color gris verdoso y blanquecino, de grano medio (Foto 55). Tienen textura granular compuesta por plagioclasas, anfíboles y opacos (Foto 56).

Las plagioclasas (70 %) son macladas y zonadas, de formas euhedrales y tamaños menores de 3.2 mm, están alteradas débilmente a cloritas, epídotas y arcillas (Fig. 56). Los anfíboles (16 %) se presentan con formas euhedrales y subhedrales de tamaños menores a 2 mm. Algunos cristales contienen inclusiones euhedrales de plagioclasas y están alterados parcialmente a cloritas y epídotas. En algunos sectores se observa que los anfíboles reemplazan a los piroxenos. Los componentes secundarios son los cuarzos (2 %) de formas anhedrales y de tamaños menores de 600 micrones, que ocurren en

Foto 53. Caos diorítico que fue utilizado como cantera.

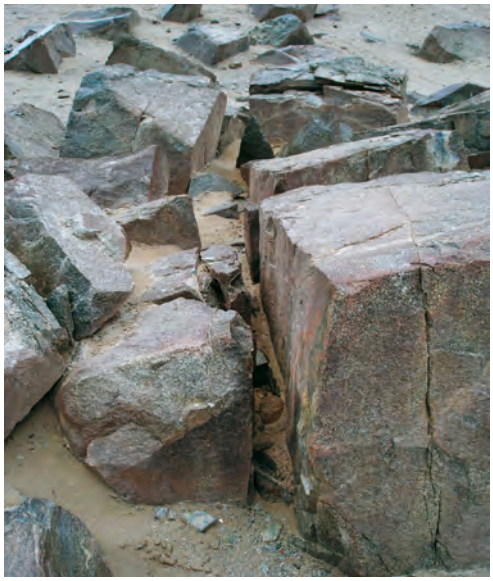


Foto 54. Fracturas que fueron aprovechadas para extraer el material. Nótese en la foto de la izquierda una cuña de roca que ayuda a separar el material.

Foto 55. Muestra CA-21 de diorita.

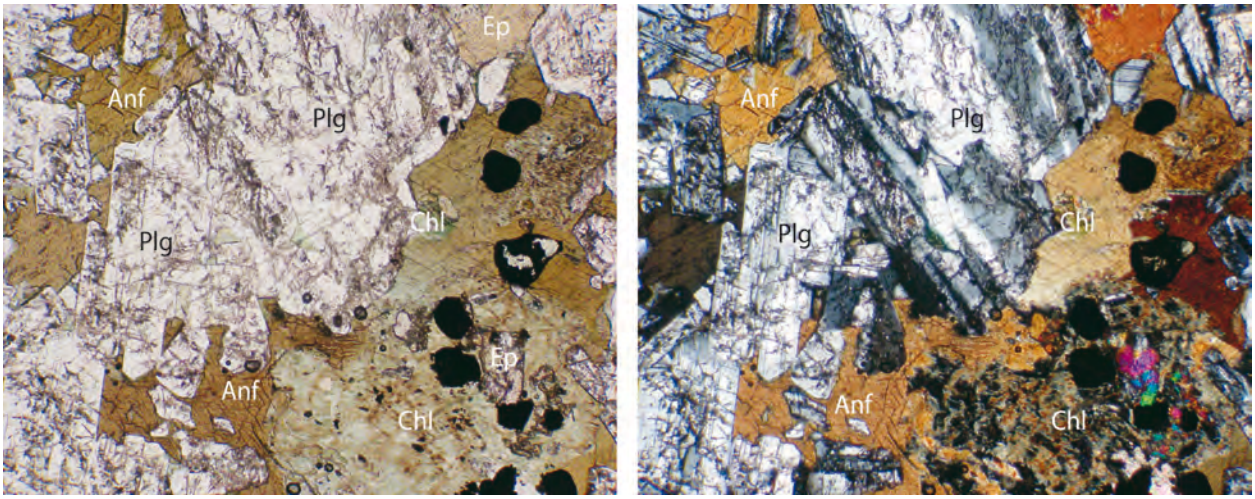


Foto 56. Dioritas de la muestra CA-21, conformada por plagioclasas zonadas, anfíboles y epídotas.

intersticios entre los cristales de las plagioclasas. Los piroxenos (2 %) tienen formas anhedrales y tamaños menores de 400 micrones, y han sido reemplazados por los anfíboles. Los minerales opacos (3 %) de formas euhedrales y subhedrales, y tamaños menores de 600 micrones se presentan como relleno de los intersticios de los anfíboles. La esfena y los óxidos de hierro se encuentran como trazas.

Cantera Sureste

Esta cantera se localiza al sureste de Caral, donde no solamente se explotaron dioritas sino también diques de andesitas basálticas que cortan al Batolito de la Costa (Foto 57 y Foto 58). Las rocas están fuertemente fracturadas y forman bloques casi paralelepípedos, por lo que han sido aprovechadas para su explotación (Foto 59).

El estudio de la muestra CA-13 indica que se trata de de una diorita de color gris blanquecino que varía a gris oscuro, y de grano medio (Foto 60). Presenta una textura granular hipidiomórfica compuesta por cristales de plagioclasas, anfíboles y biotitas que sufren leve alteración a arcillas, al igual que las plagioclasas (Foto 61).

Las plagioclasas (70 %) están zonadas y macladas; tienen formas euhedrales y subhedrales, tienen tamaños menores a 2.8 mm y están débilmente alteradas a arcillas. Los anfíboles (10 %) se presentan con formas euhedrales a anhedrales y tamaños menores de 1.2 mm; algunas veces se presentan en agregados o son reemplazados parcialmente por las biotitas o minerales opacos.

Los piroxenos (5 %) viene en forma subhedrales y están alterados a arcillas. Como componentes secundarios se encuentran la biotita (6 %), el cuarzo (3 %), las arcillas (2 %), los feldespatos potásicos (1 %), las cloritas (1 %), los opacos (1 %) y lastrazas (1 %).

Foto 57. Diques de andesitas basálticas que cortan a las dioritas cerca de la cantera sureste.

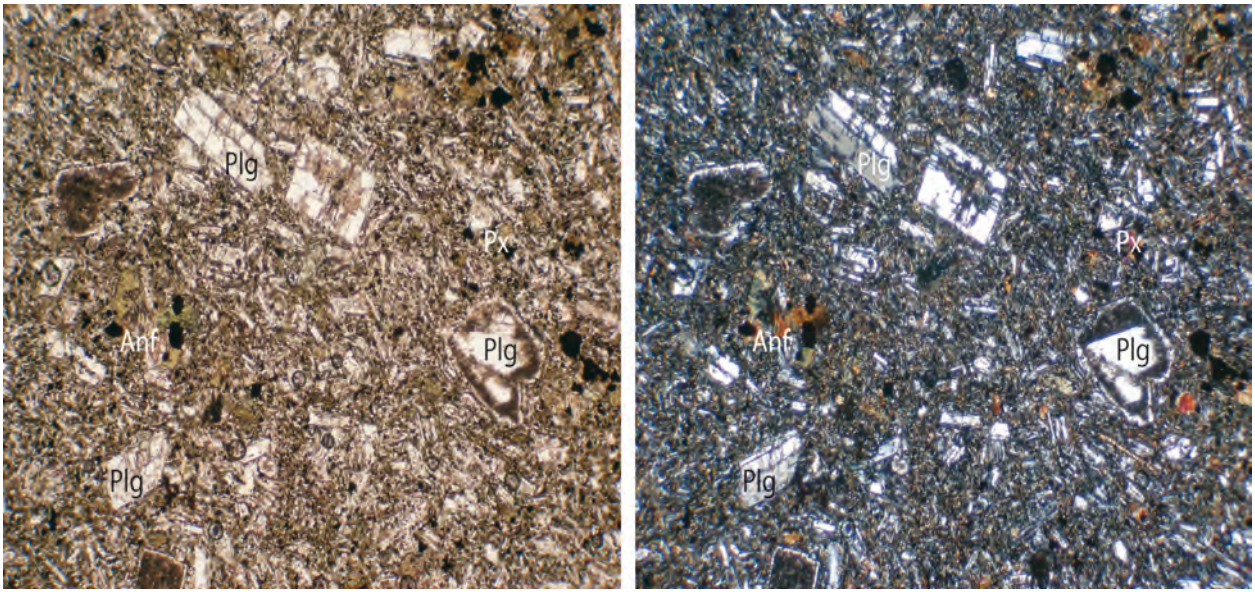


Foto 58. Sección delgada de un dique andesítico-basáltico que contiene plagioclasas de formas tabulares y macladas, y anfíboles que se alteran a cloritas.

La muestra CA-14 es una andesita basáltica que se encuentra a manera de dique, es decir, corta a las dioritas. Este dique tiene dirección N30° y es de espesor métrico (Foto 57). Es una roca porfirítica en la que se presentan fenocristales blanquecinos de plagioclasas y negruzcos de máficos en una matriz de color gris oscuro, con impregnaciones pardo rojizas de óxidos de hierro. En el microscopio (Foto 58) se observa que tiene una textura porfirítica en la que se observan fenocristales de plagioclasas, máficos y cuarzo en una matriz constituida por plagioclasas débilmente orientadas, piroxenos, cloritas y escasos carbonatos en los intersticios.

Las plagioclasas (Na o Ca) (70 %) se encuentran como fenocristales euhedrales a subhedrales, macladas, zonadas, con microfracturas, halo de alteración de arcillas y cloritas en los bordes, con similar dirección de zonamiento.

Los anfíboles (15 %) se presentan como fenocristales, y se deben la alteración de los piroxenos. Tienen débil alteración a la clorita.

Los componentes secundarios son minerales opacos (5%) que tienen formas euhedrales a subhedrales y tamaños que varían de 0.05 a 0.26 mm, diseminados por toda la muestra. Ocurren fenocristales de cuarzo primario con formas subangulosas a redondeadas y tamaños menores de 0.7 mm, con bordes corroídos por la matriz; presentan inclusiones de apatito y esfena. Además, existen arcillas y óxidos de hierro.

Foto 59. Afloramientos de dioritas fracturadas en bloques paralelepípedos.

Foto 60. Muestra CA-13 de diorita.

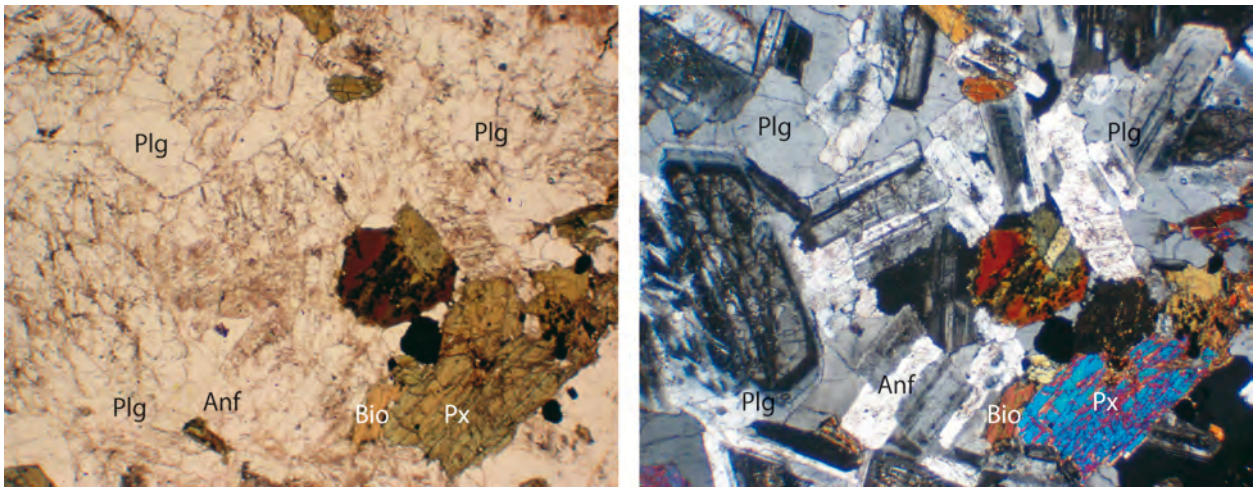


Foto 61. Dioritas de la muestra CA-13. Nótese las plagioclasas zonadas, los piroxenos y los anfíboles ligeramente alterados.

Muestras de las Construcciones

Se han tomado muestras de las rocas utilizadas en las construcciones de la ciudad sagrada de Caral, particularmente en las cercanías de la Pirámide Mayor. Las dioritas se encuentran en mayor proporción (Foto 62) y para estudiarlas mejor se tomaron dos muestras: CA-11 y CA-12.

Las dioritas son de grano medio (Foto 63) y color gris; tienen textura granular hipidiomórfica, y están compuestas por cristales de plagioclasas, cuarzo, piroxenos y moldes de máficos alterados a cloritas o carbonatos (Foto 64). Al observar en el microscopio, las plagioclasas (80-78 %) presentan tamaños que varían de 0.7 a 1.3 mm, se encuentran en formas euhedrales y subhedrales, alteradas a epídotas, arcillas y cloritas. Los piroxenos (6-1 %) presentan formas euhedrales a subhedrales alterados a cloritas. Se observa también cuarzo (1 %) con tamaño promedio de 140 micras, en intersticios, con inclusiones de apatito y piroxenos. Las cloritas (3 %) rellenan moldes de máficos, así como los cristales de piroxenos.

Los minerales opacos (4-2 %) tienen formas euhedrales a subhedrales y tamaños que varían de 10 a 450 micras; están diseminados por toda la muestra y se les observa incipientemente alterados por óxidos de hierro, y también algunos seudomorfos; algunos se encuentran rodeados por epídotas a modo de corona. Las epídotas aparecen alterando incipientemente a los piroxenos y rellenando intersticios. También se ven relictos de biotita alterada a clorita, además de carbonatos y epídotas que rellenan intersticios. Se hallan también cristales euhedrales de apatito como inclusiones en plagioclasas, así como esfena y agregados de rutilo como inclusiones en moldes de máficos cloritizados.

Foto 62. Grandes bloques de dioritas utilizados en la construcción de la Pirámide Mayor.

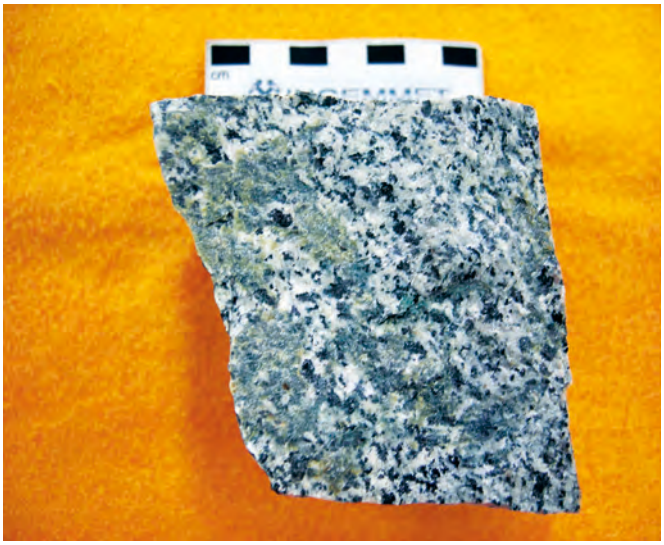
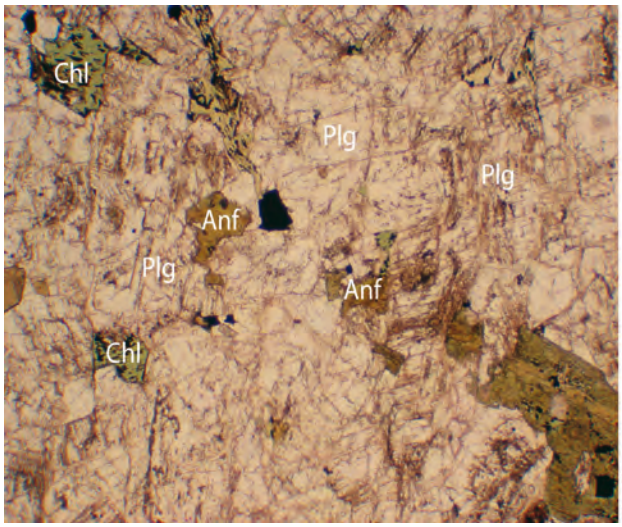


Foto 63. Muestra de mano de la diorita CA-11.



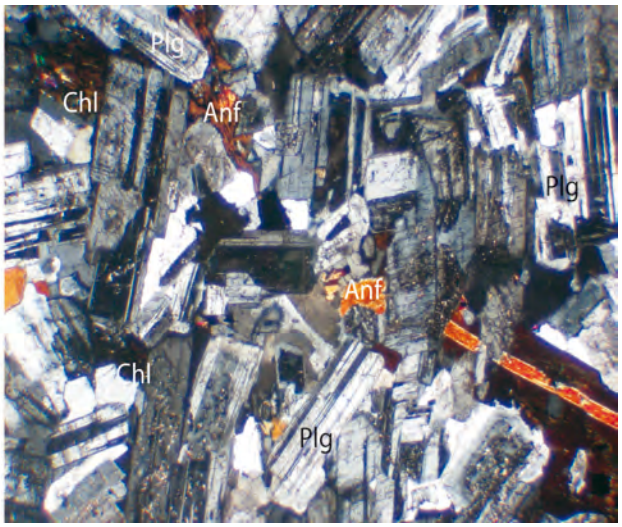


Foto 64. Dioritas de la muestra CA-11, en las que se observa que las plagioclasas están zonadas y macladas, los anfíboles maclados y las cloritas rellenan intersticios.

Además de las dioritas, los sienogranitos y las andesitas basálticas encontradas en las construcciones de Caral, se ha reconocido brechas volcánicas como el monolito o bloque en la entrada de la Plaza Circular Hundida (Foto 65).

Estas brechas están constituidas por fragmentos o clastos centimétricos de rocas volcánicas en una matriz más fina. Estas muestras posiblemente provienen de una cantera que está cerca del conjunto arqueológico de Miraya, próximo a Caral.

Foto 65. Bloques de brechas volcánicas en la pirámide mayor que posiblemente provienen de las canteras de Miraya.

Canteras y arqueología

Por lo anteriormente expuesto, podríamos inferir que los volúmenes y envergadura de las construcciones indican un trabajo organizado y la planificación de tareas concretas de construcción, notorias en las diferentes etapas o fases que implica la construcción de un edificio complejo. Al trabajo base de cantería se superponen varias etapas que implican el traslado al punto de construcción; el acopio de materiales asociados; la selección de materiales de acuerdo a las dimensiones y características técnicas requeridas; el desarrollo del modelo arquitectónico; etc.

Los trabajos necesarios en cada edificio no solo conllevan a una acumulación simple de materiales para ganar volumen, sino que obedecen a un modelo preestablecido que se desarrolla de acuerdo a fases y esquemas que se ejecutan bajo una organización muy precisa, la cual solo es posible mediante el empleo de grandes grupos de personas con funciones específicas.

La información etnohistórica existente también nos indica el grado de especialización de las sociedades andinas para el trabajo en las canteras, tal como se percibe en los monumentos y la arquitectura de Caral. Guaman Poma (1993), por ejemplo, cuando habla de los oficiales al servicio de los incas, menciona a los *rumitachicoc*, como los canteros.

LOS MINERALES Y EL MATERIAL LÍTICO REGISTRADO EN CARAL

Las muestras líticas y minerales analizados provienen de los diferentes edificios piramidales y viviendas de la Ciudad Sagrada de Caral.

Según el análisis efectuado en objetos de prestigio —como cuentas y dijes— encontrados en Caral (Fig. 19), los minerales más utilizados para la elaboración de los mismos fueron: caolín, crisocola, calcita, siderita y rodocrosita. Dichos objetos fueron recuperados en las pirámides y las viviendas, la mayoría de veces formando parte de importantes ofrendas, junto con otros elementos. La producción de bienes de prestigio estuvo a cargo de especialistas. Ellos se instalaron en diversos talleres donde elaboraron collares, cuentas, dijes y otros objetos para el adorno personal de vivos y muertos. En la manufactura se usaron diversos instrumentos como percutores, alisadores y perforadores elaborados en roca y hueso (Shady et al., 2009). Asimismo, se analizaron estatuillas manufacturadas en arcilla no cocida, lográndose determinar que la arcilla tenía determinados componentes minerales como el caolín, la esmectita, la illita y la anhidrita que hacían posible el modelado y la preservación de estos importantes objetos (Foto 66). Entre las principales propiedades físico-químicas de estos minerales destacan: tamaño de grano, capacidad de absorción de agua y alto grado de plasticidad, entre otras. Las estatuillas modeladas, mayormente rotas y con ausencia de algunas partes (brazos, piernas o cabeza), formaron parte de rituales relacionados con la renovación de los edificios y la propiciación de la fertilidad. Habrían sustituido a los humanos en los sacrificios rituales. (Shady et al. 2009).

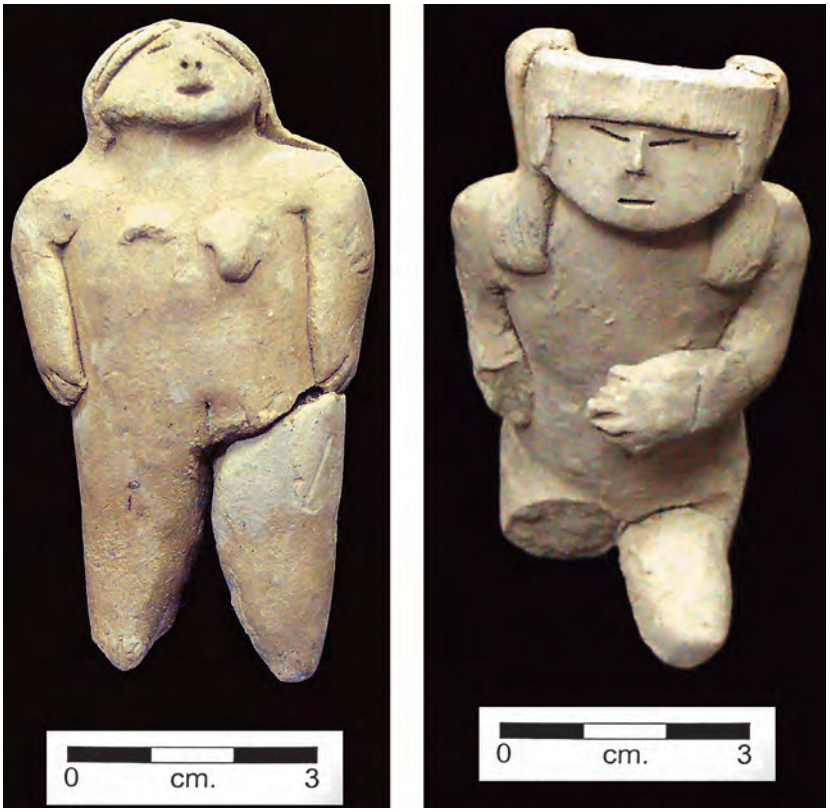


Foto 66. Estatuillas antropomorfas elaboradas en arcilla no cocida provenientes del Edificio Piramidal La Cantera. Sexo masculino (derecha) y sexo femenino (izquierda)

Foto 67. Plato elaborado en andesita y mortero elaborado en granito.

Foto 68. Pulidor elaborado en basalto y alisador elaborado roca volcánica

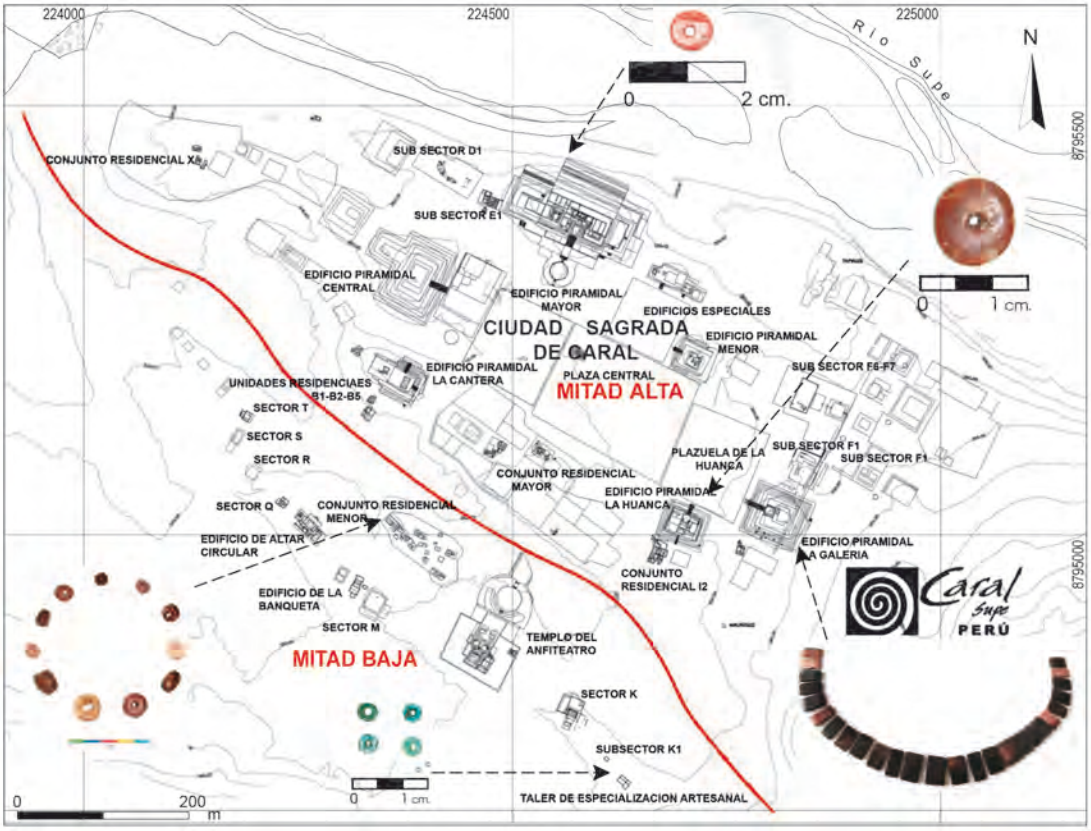


Fig. 19. Principales minerales utilizados y su ubicación en los diferentes edificios de la Ciudad Sagrada de Caral.

Por otra parte, es importante mencionar la presencia de la hematita u óxido de hierro, que junto con otros minerales se empleó para obtener pigmentos de tonalidades rojizas. Según las evidencias arqueológicas analizadas, dicho mineral fue empleado principalmente para pintar los muros de las viviendas y los edificios piramidales, como es el caso del Conjunto Residencial A cuyas paredes fueron pintadas de color rojo, además de usar otros colores como el blanco, gris claro, beige y amarillo claro. Asimismo, en el Templo de la Banqueta encontramos paredes pintadas de rojo, las cuales cambiaban periódicamente de color (blanco-crema, y amarillo mostaza), según las sucesivas fases arquitectónicas relacionadas con determinadas mediciones astronómicas. (Shady y Leiva, 2003).

Al respecto, el cronista fray Bernabé Cobo (1956[1653]) relataba que usaban tierras de colores como la *colpa* para el color ocre, la *ojra* o *quellu* para el amarillo; el *pitu* de color anaranjado y la *puca alpa*, para el rojo o almagre. Señala también que la piedra *corahuari* era muy usada por los pintores por su color verde. En la relación elaborada por Francisco Falcón (1918[1582]), referente a los oficios asignados a los yungas por los incas, también se incluye a los «Ychma camayoc, yndios que labran tierra de colores», probablemente se refiera a quienes debían procesar los pigmentos necesarios para los murales y otros objetos. También Guamán Poma (1993) hacía referencia a los *Cuscoc llimpec*, cuyo oficio era ser «…pintores en paredes, queros y mates…». La palabra *llimpec* es una derivación de *llimpi*, que significa color o pintura. Además de los minerales, la roca fue un elemento muy utilizado, no solo para construir edificios, sino también para elaborar instrumentos destinados a cumplir diversas funciones relacionadas con las actividades cotidianas y los trabajos especializados. Según el análisis realizado, se ha podido determinar que utilizaban de manera frecuente rocas ígneas como andesita, granito, basalto, granodiorita y diorita, entre otras, que sirvieron para elaborar diferentes instrumentos como platos y morteros (Foto 67) relacionados principalmente con las actividades de la vida cotidiana. Además, elaboraron pulidores, alisadores y batanes (Foto 68), relacionados con el proceso de construcción de edificios piramidales y viviendas.

Conclusiones

Mediante la división y sistematización del trabajo, la sociedad de Caral pudo contar con especialistas encargados de las construcciones arquitectónicas y de la producción de instrumentos asociados a las actividades de la vida cotidiana. La especialización a partir de elementos constructivos estuvo muy avanzada, al punto de distinguirse perfectamente los diferentes oficios y técnicas empleadas en cada uno de los edificios investigados.

La diorita y la andesita fueron la principal materia prima utilizada por los especialistas de Caral, lo cual responde a la geología del sitio, pues las principales unidades litológicas que afloran en la zona son dioritas del batolito de la Costa y andesitas del Grupo Casma. La diorita fue el material constructivo predominante en la arquitectura de los edificios públicos piramidales de la Ciudad Sagrada de Caral. Dicha roca se obtuvo de canteras ubicadas en el mismo sitio y en zonas aledañas; mientras que la andesita fue empleada en la elaboración de diversos instrumentos para la construcción y en bienes para la vida cotidiana.

El caolín, la crisocola y la calcita fueron los minerales más utilizados en la elaboración de objetos de prestigio como cuentas y dijes, mientras que la hematita se utilizó para obtener pigmentos de color rojo. Esta última responde a una larga tradición compartida por diferentes culturas contemporáneas a Caral, pues los óxidos de hierro se han utilizado ampliamente a lo largo de la historia de la humanidad.

LOS PELIGROS GEOLÓGICOS EN CARAL

En la Ciudad Sagrada de Caral se han identificado dos fenómenos de geodinámica externa que tienen cierto grado de peligrosidad: los asentamientos y los aluviones.

Los Asentamientos o Hundimientos

Los asentamientos son desplazamientos verticales del suelo. Se originan por la sobrecarga o el peso de las estructuras edificadas, en relación a la gravedad y pérdida de capacidad de carga del suelo, esto último por presencia de agua o como consecuencia de los sismos que hacen que las estructuras puedan asentarse o hundirse.

Los asentamientos más importantes han sido reconocidos en un recinto de la Pirámide Mayor (Fotos 69 y 70). Este es el complejo arquitectónico de mayor extensión y volumen de la ciudad. Por su tamaño, ubicación y asociación con la plaza circular, debió ser el principal edificio público de Caral. En un par de recintos ubicados en la parte alta se ha encontrado evidencias de asentamiento diferencial que afecta a las paredes. En medio de la pared con orientación norte-sur, se observa un desnivel con orientación casi NO-SE (Foto 69), donde se nota que la parte norte se asentó desacomodando las lajas. Aparentemente, la construcción prosiguió nivelando la parte del desnivel, y por ello las lajas tienen una ligera inclinación al norte.

Foto 69. Asentamiento en la pared occidental de un recinto de la Pirámide Mayor.

En otro recinto, el asentamiento parece seguir una dirección N20° y la pared oeste se ha asentado. En este caso también se aprecia una inclinación de las lajas en el sentido del asentamiento (Foto 70). Encima de las lajas inclinadas la pared está corregida pues se ha nivelado con las lajas superiores. Estas evidencias indican que los asentamientos ocurrieron durante la construcción de la Pirámide Mayor.

Las causas del asentamiento del piso o la base de la pared serían la mala calidad del relleno o lluvias importantes que habrían saturado los suelos de relleno. Si este último hubiese sido el caso, se habrían afectado áreas mayores, sin embargo, no se observa estos asentamientos en ningún otro sitio de la pirámide.

En consecuencia es probable que los asentamientos hayan estado relacionados con algún evento sísmico mayor, y si no se observan por toda la ciudad es porque la calidad de los suelos gravosos de origen fluvial y aluvial tienen buenas características mecánicas y buena capacidad de carga que soportó este y otros eventos sísmicos. Solo algunos sitios, como la parte descrita de la Pirámide Mayor, fallaron y se produjeron los asentamientos.

Además, algunas paredes o muros externos de Caral han colapsado o caído, sea por el paso de los años y en consecuencia por la falta de conservación, o también por los sismos que son frecuentes. Estos fenómenos pasan un poco desapercibidos porque se atribuyen al paso de los años.

Por otro lado, los depósitos lacustres depositados al sur de la duna tienen deformaciones sin sedimentarias debido a efectos sísmicos importantes. Es posible especular que estos dos efectos, la deformación de las arcillas lacustres y los asentamientos en la pirámide, se deban a efectos sísmicos y tal vez de un mismo sismo (Foto 71).

Foto 70. Asentamiento en la pared norte de un recinto de la Pirámide Mayor.

Foto 71. Deformaciones de las arcillas posiblemente originadas por sismos.

Los Aluviones

Un aluvión se puede definir como un movimiento en masa por el cual el lodo y el material detrítico son transportados y depositados por un flujo que puede ser repentino y provocar destrucciones o simples inundaciones. Dicho material puede estar compuesto por bloques, gravas, arenas y arcillas o limos. Los depósitos de aluvión se acumulan en los canales de las corrientes (quebradas), en las planicies inundables (terrazas) y en los conos aluviales.

En términos modernos, un aluvión o huayco es en realidad un flujo de detritos o de escombros (Foto 72), según la cantidad de sedimento y detritos que traiga. Los aluviones se originan por la caída violenta de agua que arrastra lodo, piedras, árboles y todo lo que encuentre a su paso. Su origen puede ser una lluvia intensa, tal como ocurrió con el huayco de Chosica en el verano de 1987, o el desborde de un río o laguna en las alturas de las montañas.

En el caso de Caral, se ha reconocido la ocurrencia de cuatro grandes aluviones (Figs. 4 y 11). Al menos dos eventos (aluviones A_1 y A_0) tuvieron lugar en plena ocupación. Su origen posiblemente se relaciona con el Fenómeno de El Niño ya que Caral se localiza en una zona muy árida. Aquí, las lluvias intensas y violentas que originarían un nuevo aluvión tendrían que relacionarse con eventos excepcionales como El Niño. De ocurrir este hecho, la ciudad sagrada podría ser afectada.

En la parte alta de la quebrada Chupacigarro hay un afluente denominado Que-1. Esta quebrada tiene una dinámica muy activa. En efecto, allí las rocas volcánicas del Grupo Casma, es decir las

Foto 72. Planicie de la quebrada Chupacigarro rellenada por gravas del aluvión A_0, al fondo Caral. Nótese un aparente trazo de una plataforma algo perpendicular a la duna.

andesitas basálticas, están fuertemente fracturadas (Foto 73). A esto se suman las condiciones climáticas áridas, con fuerte calor en el día y frío en las noches, que provocan dislocaciones en las rocas. Adicionalmente, en la zona no existe cobertura vegetal y las fuertes pendientes del terreno pueden alcanzar hasta 70°. Todo esto hace que en las cabeceras de la quebrada Que-1 se acumulen detritos a manera de conos de deyección (Foto 73).

Un antecedente observado en la cabecera de la quebrada Que-1 es la presencia de restos de material aluviónico bastante recientes que podrían corresponder a alguno de los aluviones reconocidos en Caral (Foto 74), y muy probablemente al aluvión A_1 o A_0 —ocurridos durante la ocupación de este sitio arqueológico— que destruyó parte de la duna y de la ciudad (Foto 75). Este material no se encuentra totalmente estable, por lo que también se puede considerar que es potencial para ser llevado por un nuevo aluvión.

Bajo estos factores y si se originan intensas lluvias, podría ocurrir un nuevo aluvión cuya magnitud dependería de la cantidad de agua acumulada durante las lluvias. En consecuencia, según la periodicidad de los grandes Fenómenos de El Niño y con lluvias excepcionales, en el área de Caral puede ocurrir un aluvión que pondría en peligro toda la ciudad sagrada o parte de ella. Si ocurre este megafenómeno no solo se destruiría Caral sino que también se represaría el río Supe, poniendo en peligro la vida de los pobladores del valle. Sin embargo, las probabilidades de que ocurra este fenómeno no son altas (Fig. 20).

Foto 73. Cabecera de la quebrada Que-1 con rocas muy fracturadas y terreno con pendientes muy empinadas.

Inundaciones

El río Supe recorre de este a oeste el valle del mismo nombre. En época de lluvias transporta una cantidad importante de aguas pluviales y sedimentos. Tiene un ancho máximo de casi 2 km cerca de Llamahuaca (noroeste de Caral) y mínimo de 200 m en Minas Chico (sureste de Caral). El valle está conformado por tres terrazas fluviales (TF_0, TF_1 y TF_2) que marcan límites morfológicos y desniveles que se observan claramente en el campo (Foto 2). La Terraza TF_0 corresponde al cauce actual del río, la Terraza TF_1 está a una altura variable entre 1 y 4 m del cauce y la Terraza TF_2 a 15 m; sobre ella se ubica parcialmente la Ciudad Sagrada de Caral.

La evolución geodinámica del río Supe muestra que cada verano ocupa todo su cauce, incluyendo sus llanuras de inundación, y que las lluvias extraordinarias llegan a ocupar parte de la terraza TF_1. Se ha determinado como de Peligro Muy Alto a las zonas que son afectadas o pueden ser afectadas por las lluvias muy fuertes que se producen anualmente o con un periodo de recurrencia de 10 años. Dentro de esta clasificación se encuentran los bordes del río con algunas construcciones adyacentes, con o sin obras de encauzamiento.

El Peligro Alto a Medio corresponde a las zonas que pueden ser inundadas en periodos de lluvias extraordinarias que se producen cada 10 a 100 años, destruyendo las obras de encauzamiento que en muchos casos no consideran estos aspectos. Por el periodo de recurrencia muy largo, la población muchas veces no tiene conciencia de estos fenómenos en el largo plazo.

Foto 74. Material acumulado por un aluvión antiguo cuyos productos llegaron también a Caral que se encuentra al fondo de la vista.

Foto 75. Aluvión A_0 que destruyó la duna y parte de la Pirámide del Anfiteatro.

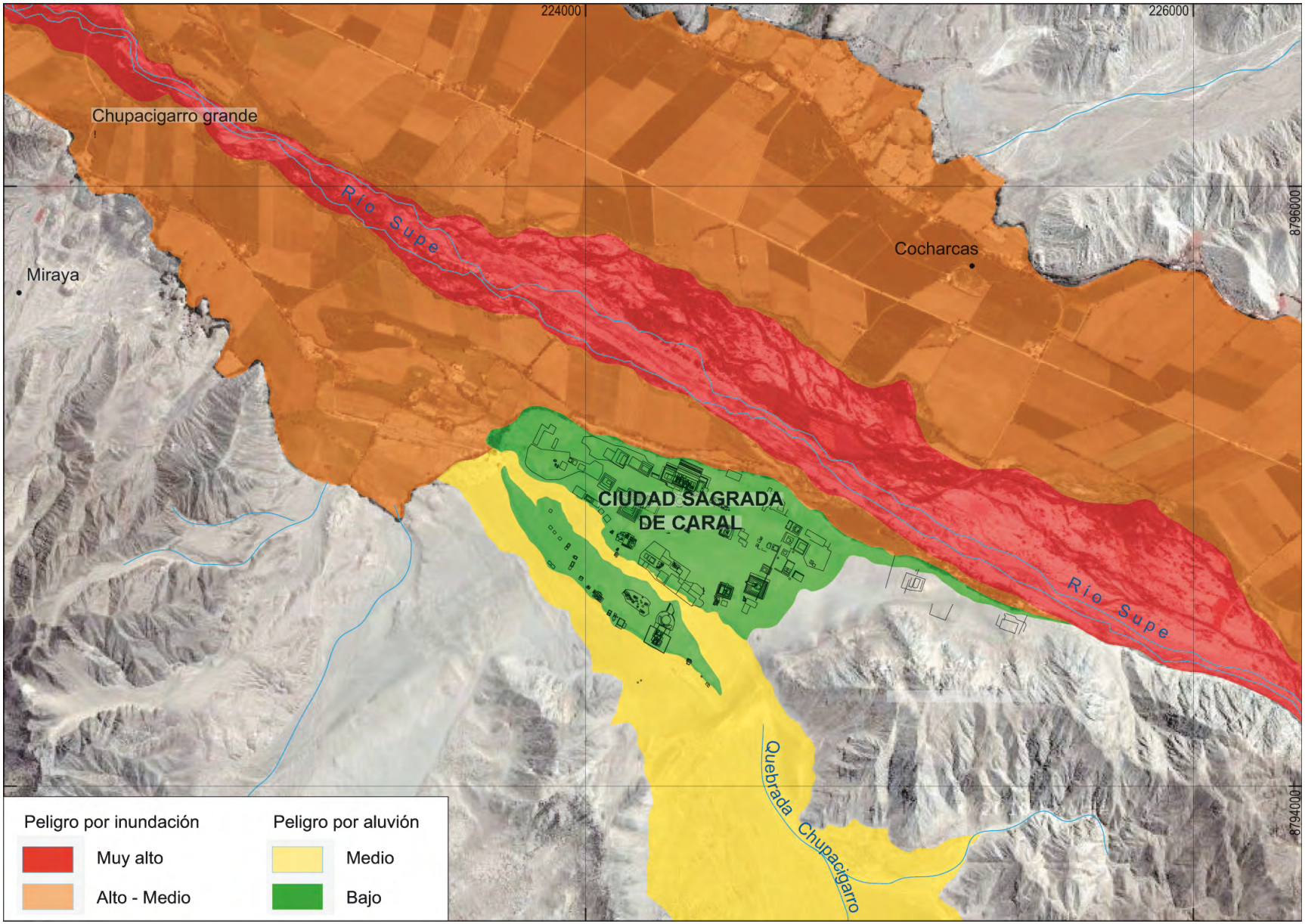


Fig. 20. Mapa de peligros de Caral y alrededores, incluyendo el valle del río Supe.

CONCLUSIONES

La Ciudad Sagrada de Caral se encuentra en la margen izquierda del río Supe, a una altura de 350 msnm, cerca del poblado actual de Caral, en la costa norcentral del Perú, en el distrito de Supe, provincia de Barranca y departamento de Lima.

Caral ocupa 66 hectáreas y está organizada en una zona nuclear, que contiene treinta y dos estructuras públicas y varios conjuntos residenciales, además de una zona periférica que limita con el valle de Supe. Aquí se construyeron viviendas y también pirámides. En el espacio nuclear los edificios estuvieron distribuidos en dos grandes mitades: Caral Alto, en el lado norte, y Caral Bajo, en el sur.

Toda la ciudad sagrada fue construida con piedras, lo que otorgó monumentalidad a sus pirámides, recintos y viviendas. El tamaño de las piedras varía de algunos centímetros a varios metros de largo, y muchas de ellas pesan varias toneladas. Algunas de las canteras de donde se extrajeron estos materiales estaban situadas dentro y en los alrededores de Caral.

Las investigaciones arqueológicas en el valle de Supe han demostrado que fue el asiento del primer Estado político formado en el Perú, con el fechado más antiguo en este continente, y que Caral es el asentamiento urbano con arquitectura monumental más antiguo de América. Su antigüedad ha sido confirmada por cuarenta y dos dataciones de carbono 14 entre 2,627 y 2,100 años antes de Cristo aproximadamente; además, estos fechados señalan que este asentamiento habría sido ocupado entre 500 y 600 años.

En Caral y alrededores se han reconocido tres unidades geomorfológicas regionales: el valle del río Supe, las lomadas y las quebradas transversales. Caral se encuentra ubicada entre el valle del río Supe y la planicie fluvio-aluvial de la quebrada Chupacigarro.

Las unidades geológicas expuestas en la zona están conformadas principalmente por rocas intrusivas dioríticas del Batolito de la Costa y rocas volcánicas andesíticas del Grupo Casma, ambas de edad Cretácica. Las fracturas y diaclasas que afectan a las rocas volcánicas y principalmente a las rocas intrusivas han sido aprovechadas por los constructores de Caral con el fin de extraer las piedras de las canteras y utilizarlas en la construcción de la ciudad.

Los depósitos cuaternarios son importantes y destacan los fluviales, aluviales, lacustres y eólicos. Las terrazas fluviales se presentan a lo largo del río Supe y en sus márgenes, están constituidas por depósitos de gravas y arenas. Se han identificado tres terrazas fluviales. La terraza TF_0 corresponde al lecho actual del río, la terraza TF_1 es aprovechada como terreno de cultivo por los agricultores de la zona y sobre parte de la terraza TF_2 fue construida la Ciudad Sagrada de Caral.

En las quebradas transversales al río Supe y particularmente en la quebrada Chupacigarro, los cauces están rellenados con material compuesto por gravas areno-limosas originadas por flujos de aluviones o huaycos. La cartografía ha permitido reconocer cuatro eventos aluviónicos o flujos de detritos en la zona de Caral, que han sido denominados, del más antiguo al más reciente: Aluvial A_3, Aluvial A_2, Aluvial A_1 y Aluvial A_0.

Uno de los rasgos morfológicos que llama la atención en Caral es la presencia de una duna con dirección NE-SO que se emplaza transversalmente a la quebrada Chupacigarro (Foto 15). Esta duna —situada al sur de la ciudad— tiene una longitud aproximada de 600 m y una altura que varía entre

20 y 30 m. La duna es el límite sur de la Ciudad Sagrada de Caral. Está constituida por arenas que han sido transportadas y depositadas por el viento. Esta geoforma eólica es longitudinal y abarca todo el ancho de la quebrada Chupacigarro a manera de un dique de contención (Foto 32).

En la quebrada Chupacigarro y solamente al sur de la duna se ha identificado arcillas de origen lacustre, intercaladas con capitas de arenas finas eólica. La presencia de estos depósitos lacustres se debería a que la duna habría actuado como barrera, aunque mecánicamente es difícil explicar ya que la arena eólica no es compacta y difícilmente resistiría la presión de una acumulación relativamente importante de agua.

Durante el estudio se planteó como hipótesis que habría existido una barrera o dique artificial que fue cubierta por la duna. Para explorar esta hipótesis se aplicó el método geofísico denominado georradar de penetración (GPR), cuyos resultados indican que bajo la duna hay anomalías que pueden ser interpretadas como bloques de rocas que forman un muro.

En consecuencia, es probable que bajo la duna existan estructuras hechas por el hombre que actuaron como diques o represas, posiblemente para contener flujos de detritos como los que habían afectado antes a Caral, pero estos permitieron más bien la formación de la laguna. En el transcurso del tiempo este muro fue cubierto poco a poco por arenas eólicas hasta formar una verdadera duna.

Durante el inicio de las primeras construcciones de Caral Alto, hace 4,600 a 4,400 años, es posible que ocurriera el aluvión A_1 que afectó la ciudad. Si bien este aluvión no fue muy grande, comparado con A_2, la experiencia vivida por los pobladores pudo dar lugar a la decisión de construir un muro de protección al sur de la ciudad.

Este muro habría sido construido alrededor de 4.500 a 4.300 años atrás, para proteger a la ciudad de los aluviones o huaycos que la afectaban en épocas de lluvias y relacionados seguramente a periodos en los que se presentaba el Fenómeno de El Niño. Este muro represó las aguas de lluvia formando una laguna. En consecuencia, la laguna es de la misma época que el muro, durante el esplendor de Caral, y se relaciona con periodos de muchas lluvias que lograban llenar la laguna.

Posteriormente y en plena ocupación de la ciudad, se produjo un nuevo aluvión (A_0) que destruyó parte de la duna en el sector noreste (Foto 36) y en consecuencia el muro, que posiblemente fue reconstruido pero parcialmente. Además, el aluvión A_0 afectó las construcciones en Caral Bajo y particularmente el Templo del Anfiteatro. Además, las evidencias arqueológicas indican que Caral Bajo fue construido ligeramente después de Caral Alto.

La Ciudad Sagrada de Caral fue construida con piedras y aquí se puede ver el inicio de lo que 4000 años después fueron las construcciones monumentales en piedra de Machupicchu, Choquequirao o Saqsaywaman,

La diorita fue la roca más utilizada, constituyendo un buen material tanto por su composición como por su estructura (cortado por fracturas), que permitieron una separación natural y también artificial en bloques paralelepípedos de diversos tamaños. El pulido de las rocas se realizó tanto en las canteras como en la misma ciudad, luego del transporte de las rocas. Sin embargo, muchas de ellas ya tenían un pulido natural debido al fracturamiento natural de las rocas.

Los estudios de campo han permitido reconocer varias canteras que se encuentran en la misma ciudad y en los alrededores, incluyendo los explotados en la quebrada Chupacigarro, la zona de la Pirámide de la Cantera y la zona de caos diorítico, además de las canteras suroeste y sureste.

Los minerales más utilizados en Caral para la elaboración de objetos de prestigio como las cuentas y los dijes, fueron: caolín, crisocola, calcita, siderita y rodocrosita. Dichos objetos fueron recuperados en pirámides y viviendas. En la manufactura se usaron diversos instrumentos como percutores, alisadores y perforadores elaborados en roca y hueso. La hematita se empleó para obtener pigmentos de tonalidades rojizas, para pintar los muros de las viviendas y los edificios piramidales.

En la Ciudad Sagrada de Caral se han identificado dos fenómenos de geodinámica externa, los asentamientos y los aluviones. Los asentamientos más importantes han sido reconocidos en un par de recintos de la Pirámide Mayor, y afectan a las paredes. Las causas de este asentamiento parecen estar relacionadas a algún sismo importante que afectó la ciudad, pero que los daños fueron locales por la buena calidad del suelo.

En Caral se ha puesto de evidencia cuatro grandes eventos de aluviones. Sin embargo, al menos dos eventos la habrían afectado: el flujo aluviónico A_1 y el flujo aluviónico A_0, que ocurrieron en plena ocupación. El origen de estos flujos se relaciona posiblemente con el Fenómeno de El Niño. Otro fenómeno similar que provocase intensas precipitaciones, mayores a las ocurrida en los últimos años, podría afectar la Ciudad Sagrada Caral, sin embargo, las probabilidades de que ocurra este fenómeno no son altas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos agradecer a todas las personas que permitieron la firma del convenio entre el INGEMMET y el Proyecto Especial Caral Supe PECS, principalmente al Ing. Víctor Lay.

Las siguientes personas han colaborado con los trabajos de campo y gabinete: Diego Baez, Martín Oviedo, Victor Túpac Yupanqui, Ronald Concha, Pedro Novoa, Francisco Vallejo y Carlos Leiva. Para todos ellos nuestro reconocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carlotto, V.; Cárdenas, J. & Fidel, L. (2007) - La geología en la conservación de Machupicchu. *INGEMMET, Boletín, Serie I: Patrimonio y Geoturismo*, 1, 305 p.

Carlotto, V.; Shady, R.; Báez, D.; Pari, W. & Velarde, T. (2008) - Geología de la ciudad sagrada de Caral: implicancias en el conocimiento arqueológico (CD-ROM). En: Congreso Peruano de Geología, 14 & Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.

Carlotto, V.; Shady, R.; Manosalva, D.; Velarde, T. & Neyra, A. (2010) - Las canteras y los minerales utilizados en la ciudad sagrada de Caral. (CD-ROM). En: Congreso Peruano de Geología, 15, Cusco, 2010. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 4 p.

Cobo, Fray B. (1956) [1653] - *Historia del Nuevo Mundo*. Madrid: Ed. Atlas, 2 t. Biblioteca de Autores Españoles, t. 91-92.

Cossío, A. (1964) - Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. *Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín* 8, 69 p.

Falcón, Lic. F. (1918) – Relación sobre el Gobierno de los Incas [1582]. En: Agustinos. Informaciones acerca de la religión y gobierno de los Incas. Lima: Imp. y Lib. Sanmarti, Colección de Libros y Documentos referentes a la Historia del Perú, 1ª serie, tomo XI, p. 133-176.

Guamán Poma, F. (1993) - Nueva Crónica y buen gobierno [1615]. Lima: Fondo de Cultura Económica, 3 t.

Mégard, F. (1979) - Estudio geológico de los Andes del Perú Central. *INGEMMET, Boletín, Serie D: Estudios Especiales*, 8, 227 p.

Shady, R. (1997) - La ciudad sagrada de Caral - Supe en los albores de la civilización en el Perú. Lima: Fondo Editorial UNMSM, 42 p.

Shady, R.; Haas, J. & Creamer, W. (2001) - Dating Caral, a preceramic site in the Supe valley on the central coast of Peru. *Science*, 292(5517): 723-726.

Shady, R. & Leyva, C. (2003) - *La ciudad sagrada de Caral-Supe. Los orígenes de la civilización andina y la formación del Estado prístino en el antiguo Perú*. Lima: Proyecto Especial Arqueológico Caral-Supe, 342 p.

Shady, R.; Cáceda, D.; Crispín, A.; Machacuay, M.; Novoa, P. & Quispe, E. (2009) - La Civilización más antigua de América, 15 años develando su historia. Lima: PEACS, 138 p.