



Bulletin de l'Institut français d'études andines
ISSN: 0303-7495
secretariat@ifea.org.pe
Institut Français d'Études Andines
Organismo Internacional

Carreño Collatupa, Raúl

Diagnóstico de peligros geodinámicos en los parques arqueológicos de P'ísaq y Ollantaytambo-Cusco

Bulletin de l'Institut français d'études andines, vol. 35, núm. 2, 2006, pp. 97-120

Institut Français d'Études Andines

Lima, Organismo Internacional

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12635201>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

 redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines / 2006, 35 (2): 97-120

Diagnóstico de peligros geodinámicos en los parques arqueológicos de Písac y Ollantaytambo-Cusco*

Raúl Carreño Collatupa**

Resumen

Los parques arqueológicos de Písac y Ollantaytambo son los más importantes del llamado Valle Sagrado de los inkas, siendo uno de los principales destinos turísticos del país y del continente. Por su naturaleza geológica-geomorfológica están sometidos a procesos geodinámicos y torrenciales que representan diferentes niveles de peligrosidad; en algunos casos han sufrido daño o destrucción por episodios catastróficos. Los fenómenos geodinámicos y torrenciales que representan un peligro para estos monumentos son los deslizamientos gigantes de carácter lento y permanente, *Toppling* y derrumbes asociados, los conos activos de talus, la erosión, las inundaciones y los huaycos.

Palabras clave – Valle Sagrado de los Inkas, *Písac, Ollantaytambo, peligro-vulnerabilidad, deslizamientos, derrumbes, flujo torrencial, huayco, erosión, inundación, patrimonio cultural, desastres*

* El artículo presenta los resultados abreviados de trabajos realizados en diversas etapas: inicialmente dentro del Proyecto de estudio y prevención de desastres relacionados a terrenos inestables (PROEPTI, 1995-1998), de la Escuela Politécnica Federal de Lausana - Suiza (EPFL); luego, por el Grupo AYAR, como contribución al Programa Internacional de Correlación Geológica ICP-425 «Patrimonio cultural y peligros por deslizamientos» (1998-2002), patrocinado por UNESCO y la Unión Internacional de Ciencias Geológicas; y, en la actualidad, como parte del proyecto M-122 del Programa Internacional de Deslizamientos (IPL) del International Consortium on Landslides.

** GRUDEC AYAR. Apartado postal 638, Cusco-Perú. E-mail: raulcarreno@ayar.org.pe // ayar@ayar.org.pe

Diagnostic des aléas géodynamiques dans les parcs archéologiques de P'ísaq et Ollantaytambo-Cusco

Résumé

Les parcs archéologiques de P'ísaq et Ollantaytambo sont les plus importants de la Vallée Sacrée des Inkas, principales destinations touristiques du pays et du continent. En raison de leur contexte géologico-géomorphologique ils sont menacés par divers processus géodynamiques et torrentiels qui représentent différents niveaux d'aléas-vulnérabilité.

Dans certains cas, des épisodes catastrophiques ont induit des dégâts ou ont détruit des restes archéologiques. Les phénomènes qui menacent ces monuments sont: les glissements de terrain géants à caractère lent et permanent, le fauchage associé aux éboulements, des cônes actifs d'éboulis, les inondations et les coulées de débris (*huaycos*), l'érosion en général.

Mots clés – Vallée Sacrée des Inkas, P'ísaq, Ollantaytambo, aléa-vulnérabilité, glissement de terrain, éboulement, lave torrentielle, érosion, inondation, patrimoine culturel, désastres naturels

Diagnostic on the geodynamic hazards in the archaeological parks of P'ísaq and Ollantaytambo-Cusco

Abstract

The archaeological parks of P'ísaq and Ollantaytambo are the most important of the so-called Sacred Valley of Inkas, being one of the main tourist destinations of the country and of the continent. Due to their geological-geomorphological setting, they are threatened by geodynamic and torrential processes representing different hazard-vulnerability levels. In some cases the catastrophic episodes induced damage or destruction of some archaeological elements. The geodynamic and torrential phenomena that represent a danger for those monuments are: the permanent, slow and large scale landslides, Toppling and associate rock falls, the active talus cones, erosion, floods and debris flow (*huaycos*).

Key words – Sacred Valley of Inkas, P'ísaq, Ollantaytambo, hazard-vulnerability, landslides, rock falls, debris flow, floods, cultural heritage, natural disaster, erosion

1. EL VALLE DE YUCAY (O VALLE SAGRADO DE LOS INKAS)

La denominación de Valle Sagrado de los Inkas es reciente y producto de intereses turísticos. Esta zona corresponde a una sección de la cuenca media del río Vilcanota-Urubamba, departamento del Cusco, siendo uno de los más importantes núcleos histórico-culturales del continente. El Valle de Yucay es una mención constante en las crónicas de la Conquista; en algún momento los conquistadores pensaron fundar allí la capital del Cusco colonial (Cieza de León, 1553/1973).

La ocupación humana es aquí muy antigua, existiendo expresiones rupestres en Yanaqocha-Huayoqhari (cerca de Yucay) y Chahuaytiri (en las alturas de P'ísaq), que Barreda (1995) atribuye genéricamente al pre-cerámico. Varias culturas se asentaron aquí antes del dominio inka establecido en el siglo XIV, con la expansión iniciada por el Inka Huiraqocha (Lumbreiras, 2001), y completada por el príncipe Inka Yupanki (luego llamado Pachakúteq), quien avanzó río abajo hasta T'ampu (hoy Ollantaytambo).

Diagnóstico de peligros geodinámicos en los parques arqueológicos de Písac y Ollantaytambo

Esto debió ocurrir hacia mediados del siglo XIV, si partimos de las estimaciones cronológicas de Vásquez de Espinoza y de Esquivel y Navia, quienes plantean que Pachakúteq comenzó a reinar entre 1349 y 1351 (Angles, 1993). Písac y Ollantaytambo constituyen los puntos que permitieron el control de este valle en los límites superior e inferior de la zona que, después del Cusco, constituyó la de mayor desarrollo agrícola, militar y arquitectónico del imperio.

2. EL MEDIO FÍSICO

El valle interandino del Vilcanota, en el tramo conocido como Valle Sagrado de los Inkas, muestra una diferencia de altitud de más de tres mil metros, desde los aproximadamente 2 800 msnm en Ch'ilca hasta los 5 880 msnm (nevado Huaquayhuillka, mal llamado Verónica).

Desde una perspectiva ecológica, según el ONERN (1976), siguiendo la clasificación de Holdridge, la franja afectada por deslizamientos corresponde a las siguientes zonas de vida: Estepa Espinosa Montano Bajo Subtropical (ee-MBS), Bosque Seco Montano Subtropical (bs-MBS), Estepa Montano Subtropical (e-MS), Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS), Páramo muy Húmedo Subalpino Subtropical (pmh-SaS), Páramo pluvial Subalpino Subtropical (pp-SaS). En la clasificación de Pulgar Vidal (1967) tendríamos los pisos Quechua, Suni y Janca.

Este tramo es marcadamente seco con relación a valles vecinos. Para Urubamba, por ejemplo, De Olarte (1986) indica una media de 455 mm/año, mientras que para Calca la media sería de 494 mm/año. Estos parámetros podrían tener alguna incidencia sobre la lenta actividad de los grandes deslizamientos de esta cuenca (fig. 1).

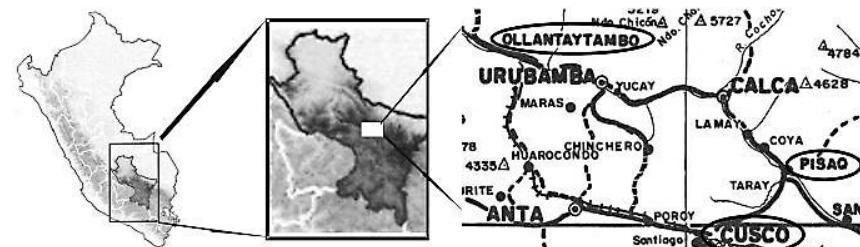


Figura 1 – Ubicación de los parques arqueológicos de Písac y Ollantaytambo

2. 1. Geomorfología

Ambos grupos arqueológicos se sitúan en estribaciones montañosas, llanuras fluvio-aluviales y conos de deyección, que forman parte del sistema de la cordillera Oriental y el inicio de la cordillera de Vilcabamba, así como del valle interandino de Vilcanota, todos los cuales siguen la llamada «dirección andina» SE-NO. Desde San Salvador hasta Ch'ilca, el fondo de valle del Vilcanota se amplía de manera notable, superando el kilómetro como ancho promedio. Esto se debe a la existencia de un nivel de base relativo constituido por el batolito de Machupicchu.

Los grandes conos de deyección y los conos coluviales (incluyendo los de talus) representan las unidades geomórficas más abundantes y características de este tramo y sobre ellos se asientan varios sistemas de andenes e, incluso, conjuntos de viviendas inkas.

2. 2. Geología

La columna lito-estratigráfica cubre un amplio espectro, desde el Cámbrico hasta el Cuaternario reciente (Marocco, 1978; Carlotto *et al.*, 1996). A pesar de esta variedad (contamos hasta veinticinco formaciones en la hoja geológica correspondiente a esta zona), además de los depósitos cuaternarios, solo algunas de estas unidades están directamente implicadas en el tema del presente análisis:

- Formación Ollantaytambo (Cámbrico): rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas, fuertemente tectonizadas y con alto índice de fracturación.
- Formación Paucartambo (Siluro-Devoniano): rocas metamórficas mayormente esquistosas afectadas por sobrecabalgamientos. En la zona arqueológica de P'ísaq están muy alteradas.
- Grupo Mitu (Permo-Triásico): dividido en dos formaciones: Pisac, predominantemente sedimentaria; y Pachatusan, predominantemente volcánica, con índices de fracturación menores, siendo, en general, rocas más resistentes.
- Formación Rumiñocala (Plio-Pleistoceno): rocas volcánicas shoshoníticas que muestran diaclasamiento de origen térmico, siendo mecánicamente más resistentes y tenaces por su bajo nivel de intemperismo.

De manera marginal también se encuentran involucrados (en P'ísaq) afloramientos del grupo Yuncaypata y de la formación Huancané. La estructura preponderante es el anticlinal del Vilcanota, a lo largo de cuya falla de charnela fue excavada buena parte del valle. Aguas abajo se tiene el sinclinal de Yanacocha. Ambas estructuras siguen también la ya mencionada dirección andina SE-NO. Sistemas de fallas y pliegues menores ortogonales u oblicuos a los mencionados plegamientos determinan la existencia de las quebradas tributarias del Vilcanota.

Los peligros geológicos identificados son, en orden de importancia, los derivados de deslizamientos gigantes, derrumbes, conos activos de talus, lavas torrenciales, *Toppling* y erosión en cárcavas, que corresponden (a excepción de las cárcavas) a los mecanismos básicos de *slide*, *fall*, *flow* y *topple* definidos por Varnes (1978).

3. CRITERIOS DE UBICACIÓN Y TECNOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Es evidente que los inkas (y las culturas predecesoras) conocieron la naturaleza altamente dinámica de los Andes. Para reducir sus efectos optaron, en primer lugar, por evitar los lugares peligrosos; en segundo término, desarrollaron prácticas geotécnicas y constructivas de gran eficacia, como la substitución de materiales, rellenos selectos, drenaje complejo, adaptación de taludes, entre otros. La admirable concepción de sus fundaciones reducía la posibilidad de asentamientos diferenciales o las deformaciones laterales por efecto, entre otros, de compactación, disolución kárstica y sofusión.

Nuestras observaciones permiten asegurar que la deformación por empujes derivados de deslizamientos varía según el tipo de mampostería: los aparejos celulares parecen más sensibles a la deformación convexa y la caída por paños que los de tipo sedimentario y megalítico. Además de la acción de los deslizamientos, la mayor frecuencia e intensidad de deformación de muros inkas que se observa en los últimos años —sobre todo en los andenes—, podría deberse, entre otros, a las perturbaciones en la composición y comportamiento de los suelos y rellenos sometidos a ciclos continuos de riego, laboreo mecanizado, pastoreo, impermeabilización por intrusión de finos en los drenes invertidos, alteración o obstrucción de los sistemas hidráulicos, plantación de árboles en los bordes de andén y, ante todo, a la falta de mantenimiento (Carreño & Kalafatovich, 2003), todo lo cual favorece las deformaciones e, incluso, el colapso frecuente de muros en sitios como Patakancha, Kanchisraqhay T'ipunku, Huaronq'uyoq y P'ísaq.

Diagnóstico de peligros geodinámicos en los parques arqueológicos de Písac y Ollantaytambo

Con relación a la ubicación de los conjuntos arquitectónicos inkas, es notorio que prefirieron los sitios altos y rocosos, algo ya practicado por culturas pre-inkas, en especial los Lucre y los Killke, por razones militares y de control estratégico de recursos.

A excepción de Chinchoro, Moray y parte de Mauk'ataray (edificados sobre afloramientos del grupo Yuncaypata) la mayoría de conjuntos arqueológicos del Valle Sagrado están asentados sobre afloramientos predominantemente volcánicos, en oposición a lo que ocurre en el valle del Cusco, donde la mayoría de construcciones el Yuncaypata (exceptuando la ciudad misma del Cusco, edificada sobre sedimentos cuaternarios) están sobre capas rojas marinas del grupo Yuncaypata. En el caso del Cusco, este predominio responde a un condicionante geológico-geográfico: los afloramientos cretácicos y del Paleógeno (minoritarios con relación a los de los grupos San Jerónimo y Mitu) presentan una morfología más suave y horizontes edáficos más desarrollados, mientras que sobre las capas rojas continentales del grupo San Jerónimo y los volcánico-sedimentarios del grupo Mitu la capa de suelo es delgada y el relieve más abrupto (Carreño, 2005b). En el caso del Valle Sagrado, la relación no es tan clara, pues, a pesar de que el Yuncaypata ofrece tierras fértils y llanas, solo hay asentamientos menores en sus planicies.

4. NOTA SOBRE LOS FENÓMENOS DE INESTABILIDAD OCURRENTES EN LA ZONA

Son tres los principales tipos de fenómenos de inestabilidad que afectan a estos grupos arqueológicos: los deslizamientos gigantes de carácter lento y permanente, los conos activos de talus y los procesos de *Toppling* (en diferentes variedades); de manera secundaria deben también contarse los huaycos que, según las propuestas teóricas vigentes, pueden presentarse en tres estadios hidrodinámicos, de los cuales dos tipos tienen mayor potencial destructor: los flujos torrenciales intermedios y las lavas torrenciales. Los deslizamientos gigantes existentes en Písac corresponden a una muy rara categoría donde no existe plano de ruptura, siendo el plano de cabalgamiento el que actúa como superficie de transporte o deslizamiento. Esto ha sido puesto en evidencia recientemente por Carreño (2002), Carreño & Kalafatovich (2003) y Carreño et al. (2005). Su génesis está, por ende, relacionada a la tectorogénesis andina en sus fases compresivas que dieron lugar a los grandes sobrecabalgamientos que caracterizan el sector oriental de la cordillera andina. Parte de las napas de cabalgamiento dejaron escamas en depresiones someras, las que, una vez aisladas, se transformaron en deslizamientos. Son pues fenómenos de muy larga y compleja evolución, que fueron caracterizados hace poco (Carreño, 1994; 1998). Su actividad por bloques hace que los niveles de peligrosidad inducida sean muy variados; así, verbigracia, el deslizamiento de Písac está prácticamente estabilizado, mientras que en el de K'allaqhasa el bloque central está subestabilizado (sólo su parte inferior es activa) y el oriental es muy activo y el que más amenaza parte del conjunto arqueológico.

Los conos activos de talus (que afectan aquí mayormente a rocas volcánicas) no son, como se explica más adelante, estrictamente conos coluviales, pues responden a otros mecanismos genéticos, por un lado; por otro, el tipo de material es diferente. Su origen y evolución no han sido aún bien precisados. Al parecer son un efecto residual y muy retardado del rebote elástico consiguiente al retiro de los glaciares durante las últimas deglaciaciones; no se descarta la influencia tectónica como factor preparatorio. Los principales mecanismos actuantes son los derrumbes y la caída de bloques. No hay, por efecto de la altitud, intervención del hielo ni, por la ausencia de cubierta forestal, acuñamiento radicular.

Los procesos de *Toppling*¹ son una expresión residual del tectonismo que fracturó las rocas. Al perder soporte lateral o inferior estas masas prismáticas y tabulares comenzaron a doblarse o inclinarse, pero de manera muy lenta. Con el tiempo, estos bloques se derrumban; allí radica su peligrosidad.

¹ Guardamos, a pesar nuestro, el término inglés de *Toppling*, o *Topple*, por no tener un equivalente exacto en español. La propuesta de traducirlo por basculamiento o pivoteo no es suficiente (en algunos casos resulta

5. PARQUE ARQUEOLÓGICO DE P'ÍSAQ

Angles (1988) menciona la existencia de diecinueve grupos o unidades dentro del ámbito de este parque arqueológico, distribuidos entre el macizo del Intihuatana, el cerro Nust'ayoq y la llanura fluvial del Vilcanota. La mayoría se ubica en riscos y crestas del Intihuatana, entre las quebradas de Chongo y K'itamayu (fig. 2).

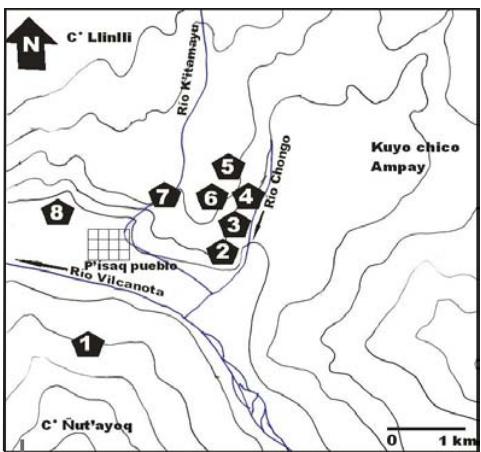


Figura 2 – El parque arqueológico de P'ísaq: esquema geográfico y ubicación de los principales grupos arqueológicos

1: Chakchimpa; 2: Qosqa; 3: P'ísaq; 4: K'allaqhasa; 5: Kanchisraqhay; 6: Intihuatana; 7: Ajchapata-Antachaka

mientras que los riscos y crestas rocosas (estables o de mayor estabilidad relativa) fueron asiento de viviendas e instalaciones militares. También los principales canales de abastecimiento de agua pasan por áreas poco amenazadas por fenómenos de inestabilidad y erosión. Todo esto garantizaba la subsistencia casi autárquica de cada población.

Los informes oficiales de Instituto Nacional de Cultura señalan que parte de los problemas de deterioro se deben a «deslizamientos de tierra y desprendimiento de grandes piedras» (INC, 1993). A esto se suman las continuas referencias sobre pequeños desbordes o huaycos que bajan de la quebrada de K'itamayu hacia el pueblo de P'ísaq. A pesar de que la magnitud de los flujos que se forman en dicha quebrada es menor, éstos adquieren gran energía cinética, por la fuerte pendiente longitudinal del cauce, que incluye una cascada de unos veinte metros de altura.

La mayor parte del conjunto arqueológico se emplaza sobre rocas del grupo Mitu, que, aparte de procesos de *Toppling*, muestra una muy baja susceptibilidad a deslizamientos. Estructuralmente es una zona de cierta complejidad, pues, por un lado, se tiene el anticlinal de Vilcanota y, por otro, la serie de fallas inversas que dieron lugar a los varios cabalgamientos que son los responsables de la mayoría de los procesos de inestabilidad. El fenómeno más importante es el gran deslizamiento de K'allaqhasa, que involucra una napa de rocas metamórficas siluro-devonianas de la formación Paucartambo, aflorantes en esa zona por efecto de un sobrecabalgamiento.

abiertamente incorrecta) pues sólo describe uno de los varios mecanismos que el *Toppling* involucra, y que nosotros agrupamos en dos grandes grupos: *Toppling* dúctil y *Toppling* rígido (Carreño & Noverraz, en preparación). La mayoría de casos identificados en P'ísaq y Ollantaytambo corresponden al segundo grupo; solo en el cerro Pinquylluna se ha observado un caso de *Toppling* dúctil.

Diagnóstico de peligros geodinámicos en los parques arqueológicos de P'ísaq y Ollantaytambo

Este tipo de deslizamiento asociado a napas de sobrecabalgamiento es frecuente en esta región y constituye un tipo muy particular de deslizamiento sin superficie de ruptura derivada de cizallamiento: el plano de transporte es prácticamente el mismo que el de contacto o cabalgamiento (Carreño, 2002). De otro lado, estas napas muestran una característica muy peculiar —que facilitó su transformación en deslizamientos—: son masas aisladas a manera de escamas que, posiblemente, ocuparon depresiones pre-existentes o contemporáneas a las últimas fases de la orogenia andina (Carreño et al., 2005) (fig. 3). Tanto aquí, como en muchos otros casos del Valle Sagrado, los deslizamientos y frentes de derrumbe se han desarrollado en vertientes contrarias, en los cortes del citado anticlinal de Vilcanota, esto debido a que las estructuras secundarias (diaclasas) derivadas del plegamiento y de la falla de charnela predominan sobre la estructura principal, a lo que se sumó la acción erosiva fluvial y glaciar.

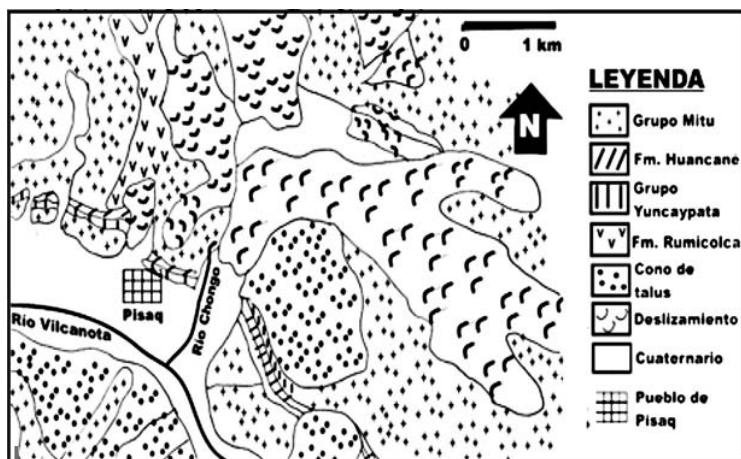


Figura 3 – Esquema geológico-geodinámico del parque arqueológico de P'ísaq

5. 1. Chakachimpa-Mauk'apanteón

Son básicamente dos grupos de andenerías rústicas localizadas en la vertiente NE del cerro Ñust'ayoc, sobre la margen izquierda del río Vilcanota. Existen también algunos vestigios de viviendas y dos acueductos que estuvieron en funcionamiento hasta hace unos cuarenta años. Los paramentos son de lajas apenas desbastadas, a veces con mortero de barro. Todo el conjunto de construcciones —que Angles (2001) supone pre-inkas, rehechas y mejoradas por los inkas— está en abandono y muy deteriorado. Parte de él fue destruido por los cortes derivados de la carretera turística Cusco-Valle Sagrado y de un antiguo camino colonial de herradura.

Ambos grupos están edificados sobre un amplio cono de talus (fig. 4), producto de un gran derrumbe prehistórico y de posteriores derrumbes menores. Las edificaciones son, de toda evidencia, posteriores a este evento. Hasta la construcción de la carretera pavimentada, esta ladera no mostraba mayores signos de actividad geodinámica. Los cortes realizados, así como la habilitación de canteras de agregados, han generado varios frentes de derrumbe, erosión y flujos. A pesar de ello, aún no hay signos de una reactivación general de la masa disgregada ni evidencia de su evolución hacia un mecanismo de deslizamiento, aunque sí existen varias franjas susceptibles de sufrir erosión y derrumbe a lo largo de la carretera y en los préstamos de agregados.

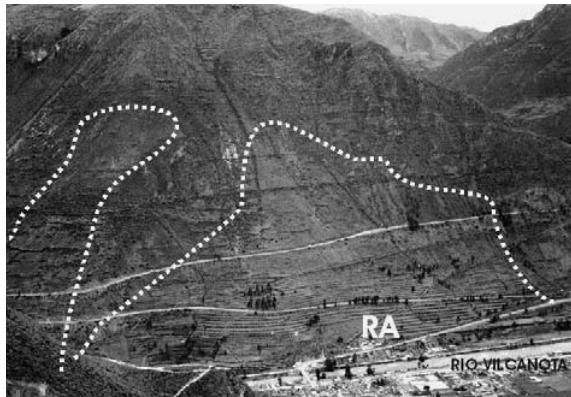


Figura 4 – Vista de los conos de talus (línea punteada) y andenerías de Chakachimpa (RA), en primer plano, el pueblo de P'ísaq

La situación presenta cierta tendencia a agravarse a largo plazo, por la desaparición de la canalización inka del río Vilcanota, por los cortes de ampliación de la carretera P'ísaq-Huambut'ío y por la extracción no autorizada ni controlada de agregados al pie de los conos de talus, todo lo cual contribuye a la erosión del pie de estas acumulaciones sedimentarias y a acelerar la deformación plástica de los conos, algo que puede evolucionar hacia el dominio de la ruptura progresiva. Este problema es particularmente más agudo en el segundo y más pequeño cono de talus, donde se hace evidente el desarrollo de un deslizamiento que, en poco tiempo, debe alcanzar la fase de ruptura plena, lo cual incuba el riesgo de represamiento del río Vilcanota y la amenaza de un movimiento regresivo hacia la cabecera del depósito, algo que, sin duda, afectaría al

segundo sistema de andenes. Resulta claro que se requieren trabajos de control de erosión en cárceas, rehabilitación de la canalización inka, control o prohibición de la extracción de agregados y tratamiento de los cortes de carretera, además de las consabidas redes de drenaje y trabajos de fijación vegetal de los conos de talus para reducir los niveles de peligrosidad.

5. 2. Andenerías de Qosqa y K'allaqhasa

Se cuentan entre los más famosos y espectaculares sistemas de andenes prehispánicos, por su magnitud y su configuración curveada y convergente: los andenes curvos de Qosqa, al pie del barrio P'ísqa, hacia el sureste, y los inconclusos andenes de K'allaqhasa, dispuestos de manera casi ortogonal a los anteriores, están construidos sobre dos deslizamientos yuxtapuestos desarrollados en dos escamas de cabalgamiento (fig. 5).

Puede afirmarse que estos andenes fueron fruto de una concepción multi-propósito: además de su evidente fin agrícola (la mencionada escama de cabalgamiento con sus rocas metamórficas —muy tectonizadas y alteradas— favoreció la formación de una capa edáfica más potente que la de los pobres suelos que esporádicamente se desarrollan sobre las rocas del grupo Mitu), debió tener una orientación defensiva-militar, ya que la altura de los muros y la restricción en la disposición

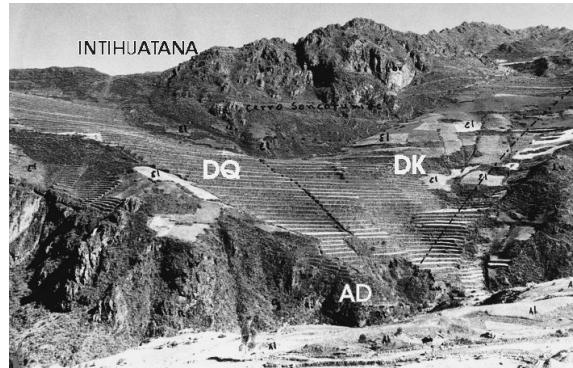


Figura 5 – Vista general de los deslizamientos yuxtapuestos y andenerías de Qosqa (DQ) y K'allaqhasa (DK)
AD señala el bloque inferior muy activo y parte de los andenes destruidos

Diagnóstico de peligros geodinámicos en los parques arqueológicos de Písac y Ollantaytambo

de las sarutas (escalones de acceso) dificultaban el paso de un nivel a otro; además de ello, la estructura interna de los andenes y su disposición coincidente con la masa inestable hacen pensar que también tuvieron un objetivo de estabilización de los deslizamientos (Carreño, 1994).

Los problemas de inestabilidad eran ya conocidos desde hace casi treinta años, pues Kalafatovich (1977) realizó un estudio pionero de parte del deslizamiento de K'allaqhasa, a consecuencia de la destrucción de alrededor de setenta metros de andenes. Esta evaluación no descarta la posibilidad de que la aceleración de este deslizamiento secundario haya sido producto de un embalse del río Chongo, provocado por el avance del gigantesco deslizamiento de Kuyo Chico-Ampay, situado al frente, y que cubre un área superior a los 7 km², siendo uno de los más activos de la región (Carreño, 1998; PROEPTI-EPFL, 2001). La carretera a Colquepata-Paucartambo (de donde parte también el acceso al grupo arqueológico) atraviesa este deslizamiento, sufriendo, desde hace más de veinte años, grandes deformaciones y hasta la pérdida parcial de su plataforma, lo cual afecta temporalmente el tránsito y el acceso de los visitantes.

Silgado y Giesecke (1978), citando crónicas alusivas al terremoto de 1650, dan a conocer la ocurrencia de varios deslizamientos en los valles de Písac y Paucartambo, uno de los cuales habría formado un embalse, sin precisar en cuál de los valles mencionados. Nuestro análisis de sitios (Carreño, 2003a) muestra que tal represamiento pudo darse ya sea en un históricamente muy activo deslizamiento del río K'enqomayo, cerca de la localidad de Paucartambo, o en este deslizamiento de Kuyo Chico-Ampay, por lo que la hipótesis de Kalafatovich tendría buen asidero. En cualquier caso, este hecho, y posteriores aceleraciones ocurridas entre el 2001 y el 2003, prueban la fuerte actividad de al menos la parte inferior del deslizamiento de K'allaqhasa.

Durante la temporada lluviosa de 1997, otro episodio de aceleración de uno de los bloques secundarios localizado al pie de la vertiente, destruyó o dañó cinco hileras de terrazas, en la misma zona anteriormente estudiada por Kalafatovich. Desde entonces, se nota que la actividad es permanente en esta parte del deslizamiento.

El de K'allaqhasa tiene otro deslizamiento yuxtapuesto en la parte oriental (para fines cartográficos y de análisis se consideran como un solo fenómeno), el mismo que es mucho más activo, hecho que seguramente fue bien conocido por los inkas, pues sobre él no se hicieron construcciones de ningún tipo. En la última década, este deslizamiento ha sufrido varios episodios de aceleración, formando deslizamientos rápidos y hasta deslizamientos-flujo, los que, a pesar de su volumen restringido (menos de 5 000 m³) interrumpieron, en el 2003, la carretera de acceso al monumento por varias semanas (fig. 6). Se han efectuado algunos trabajos destinados, en teoría, a estabilizar esta masa, pero tanto los drenes de coronación como otras obras de captación se sitúan dentro de la masa inestable y no en los bordes; esto relativiza su efectividad. Los movimientos han continuado



Figura 6 – «Túnel» (Topple simple): separación de prisma rocoso por pérdida de soporte lateral (línea punteada), generado por arrastre en zona de cizallamiento
La flecha indica la dirección de separación

en estos últimos años. Los exagerados cortes de talud para habilitar un ramal de la carretera hacia una entrada más elevada del conjunto arqueológico (ramal que nunca debió ser construido y que, por lo demás, no resultaba muy necesario) contribuyeron, sin duda alguna, a acelerar este deslizamiento, en una zona donde las rocas metamórficas están muy alteradas y donde la esquistosidad es tangencial a la pendiente topográfica.

Además de la carretera de acceso, este bloque oriental representa un peligro —por ahora indirecto— para parte de las edificaciones inkas del sector de Kanchisraqhay, pues, de continuar el desarrollo regresivo de las cabeceras del deslizamiento hacia la parte superior, en pocos años alcanzaría la zona arqueológica. La actual cabecera del bloque activo se sitúa a menos de cien metros de las primeras edificaciones Inkas de este sector. Aparte de la evidente actividad de los bloques secundarios inferiores del deslizamiento, y al no contar con datos de auscultación instrumental, es difícil evaluar el nivel de peligrosidad que representan estos deslizamientos. Aun cuando se observa deformación y desplome de varios paramentos, eso puede deberse tanto a una eventual acción de los deslizamientos como a la falta de mantenimiento o a deficiencias en la reconstrucción de los muros, pues, lamentablemente, muchos trabajos de restauración, por desconocimiento, destruyen o alteran los sistemas de drenaje subterráneo, como ocurrió en Tipón (Carreño, 2005b), lo cual contribuye a disturbar el régimen de los flujos subterráneos y a incrementar los empujes pasivos y activos generados por los rellenos.

5. 3. Procesos de *Toppling* en el macizo de Intihuatana

Como resultado de los fallamientos inversos se han identificado varios puntos afectados por *Toppling* en su variante rígida, es decir de prismas o bloques rocosos en proceso de separación con tendencia al basculamiento. Son procesos muy lentos (aparentemente con ritmos seculares de pocos centímetros) por lo que el nivel de peligro que representan es, en principio, muy bajo, aunque en algunos puntos el *Topple* ha dado lugar a derrumbes restringidos o a la caída de bloques individuales.

Los casos más representativos son los del «túnel» (fig. 6) que forma parte del sendero que comunica el sector de K'allaqhasa con el de Intihuatana, en pleno desfiladero que limita los dos grandes deslizamientos de K'allaqhasa y Qosqa. Este túnel es el conducto generado por la separación de un prisma rocoso, como resultado de la pérdida de soporte lateral, producto del hundimiento de la masa deslizante; la dirección de separación es hacia el NE. En la actualidad el proceso parece detenido.

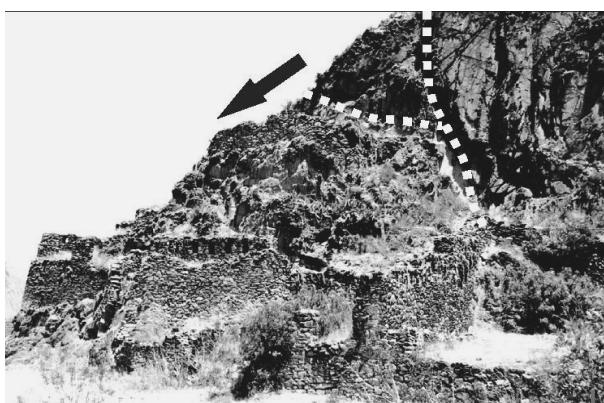


Figura 7 – *Topple* por liberación de bloque al perder soporte inferior
La línea punteada señala las grietas de separación; la flecha, la dirección de movimiento descendente, hacia el este

En la misma ruta se observa el mayor caso de este tipo identificado en la zona, y que cae dentro de la variante definida por Hutchinson (1988) como «*Toppling released by tension failure at rear*» (fig. 7). La separación de esta masa en cuña alcanza casi dos metros en ciertos lugares, formando una suerte de abrigo, del cual se han desprendido algunos bloques. En ciertos puntos los inkas construyeron muros para aprovechar dicho abrigo. La actividad de este bloque parece ser muy lenta, al punto que no ha deformado mayormente los muros que se encuentran al pie, aunque representa cierto nivel de peligro por desprendimiento de bloques individuales que pueden alcanzar, por saltación o rodadura, tanto algunos

paramentos celulares que limitan la ya mencionada senda K'allaqhasa-Intihuatana, como la plataforma de este camino. Otro caso que afecta a un edificio inka se encuentra en el sector de Intihuatana, que da hacia la quebrada de K'itamayu, donde una atalaya construida sobre una especie de pináculo de tracción ha sido parcialmente destruida por la separación del bloque rocoso (fig. 8); en este caso, siempre siguiendo la clasificación de Hutchinson (1988) se trata de un *Toppling* múltiple, cuya dirección de separación es aproximadamente hacia el NE; aquí no solo se trata de un proceso de separación-basculamiento, sino que también existe un componente de hundimiento. Es tal vez un caso de *Toppling* relativamente más rápido pues, si tomamos en cuenta la luz total de la grieta de separación, y partiendo del supuesto de que el proceso se inició después de la construcción del torreón, entonces se puede inferir un ritmo promedio de unos 5-6 cm/siglo.

Resulta llamativo el que los últimos sismos no hayan inducido una aceleración de estos procesos, sobre todo para el caso del «túnel», donde el prisma rocoso pareciera encontrarse en equilibrio precario. Este hecho resulta tanto más atípico cuanto mayor debe ser el factor orográfico de aceleración sísmica en este macizo rocoso de abruptas laderas, y más aún si tomamos en cuenta la intensa fracturación de las rocas afectadas por los cabalgamientos, plegamientos y fallas de charnela que se dieron de manera conspicua en toda esta región.

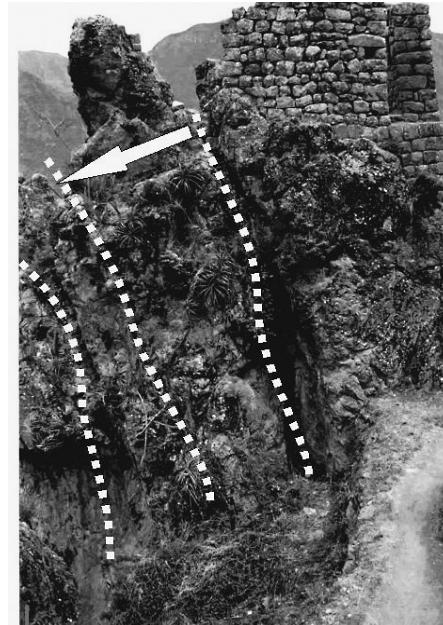


Figura 8 – Atalaya (*Topple* múltiple) de origen similar al del caso mostrado en la figura 6

5. 4. Quebrada de K'itamayu

Originalmente fue una quebrada encañonada rellenada en gran parte por las efusiones de lava shoshonítica del vulcanismo Rumicolca durante el Plio-Pleistoceno. Aquí se dio un peculiar proceso de enfriamiento brusco de la lava que dio origen a termocuplas que indujeron un fuerte agrietamiento y la separación de bloques de roca, los mismos que, en algún modo, adquirieron posteriormente un comportamiento que podría adscribirse al de un raro mecanismo de deslizamiento sin plano de transporte original bien definido, y donde los movimientos se dieron más por el reacomodo interno de bloques que por desplazamiento.

En todo caso, la masa inferior (donde se encuentra la andenería principal) está desprendida de la masa principal de andesitas shoshoníticas por efecto del colapso brusco sufrido como consecuencia del enfriamiento relativamente más rápido de esta porción distal del flujo de lava, formando una escarpa bien desarrollada que actúa como plano principal de ruptura (fig. 9). Algo muy similar también se observa en Tipón, en la cuenca del Cusco. En el resto de la masa inestable se da algo que, en cierta medida, podría ser asimilado al mecanismo de deslizamiento escalonado descrito por Hutchinson (1988) para masas rocosas, aunque debemos precisar que este autor plantea este tipo de deslizamiento para casos de rocas estratificadas en vertiente conforme, algo que no se da en K'itamayu. Lo que podríamos asimilar parcialmente a los planos escalonados y conectados de ruptura de este modelo corresponderían, en nuestra masa lávica, a las diaclasas o discontinuidades derivadas de las mencionadas termocuplas, que definen bloques y planos de ruptura a partir de los cuales se da el movimiento de determinados compartimentos, los mismos que deforman los andenes y canalizaciones que fueron construidos por los inkas en este sector.



Figura 9 – Vista general de la quebrada y deslizamiento de K'itamayu
La línea punteada indica sus límites aproximados con los andenes de Ajchapatá (A)

La actividad de este peculiar deslizamiento rocoso de K'itamayu no es muy marcada; sin embargo se nota cierta deformación de algunos andenes, así como el movimiento de rocas y la formación de flujos, el último de ellos ocurrido el 31 de enero de 2001 y que, a despecho de su escaso volumen, causó importantes daños en un canal de riego, en la canalización del riachuelo y en varias viviendas del poblado de P'ísaq. Se tiene noticia de varias ocurrencias similares en el pasado. Informes del Instituto Nacional de Cultura (1993) señalan la necesidad de restituir el río K'itamayu a su cauce original, por estar erosionando la base de algunas

estructuras restauradas anteriormente. El abandono o desviación del cauce torrencial sería una consecuencia de la actividad de este deslizamiento, lo que induce socavación y generación de dos pequeños deslizamientos-satélite en materiales coluviales no consolidados, los mismos que han comenzado a dañar muros de andenes y canalizaciones inkas, favoreciendo la formación de pequeños huaycos como el del 2001.

Los núcleos de habitación y las andenerías que dan hacia esta quebrada fueron construidos sobre riscos y crestas rocosas, con un índice de fracturación medio, pero estables; el nivel de amenaza por derrumbes puede aquí considerarse como bajo, salvo en situación de sismo mayor. Se conocen testimonios no de derrumbes pero sí de caída de bloques aislados cerca de Antachaka, al pie del cerro Llinlli, donde se ubican también las necrópolis hoy profanadas (excavadas en los farellones que definen el límite entre el bloque deslizante y el bloque estable de la masa de andesitas), las mismas que no están directamente comprometidas por el deslizamiento pero sí sometidas a cierto peligro de derrumbe.

5. 5. Pueblo de P'ísaq

Este pueblo fue un asentamiento de segundo orden con relación al resto del conjunto Inka, por lo que cuenta con pocos restos arqueológicos. Se ubica en el cono de deyección formado por material aportado principalmente por el deslizamiento de K'itamayu y presenta un nivel bajo a medio de peligro por desbordes y huaycos, algo que, al parecer, fue conocido por los inkas, quienes habilitaron un canal de desviación por detrás del pueblo.

Hacia el sur, el río Vilcanota fue desviado y canalizado por los inkas por varias razones: para ganar y dar continuidad a las tierras de cultivo de llanura, para reducir el peligro de inundaciones y con fines defensivos. La canalización ha sido destruida en gran parte, lo cual ha favorecido varios desbordes catastróficos en los últimos treinta años, algo que afecta la parte moderna del pueblo pero que puede tener implicancias sobre los andenes de Chakachimpa, por la erosión lateral y por el desarrollo del deslizamiento en el segundo cono de talud. Originalmente el río discurrecía pegado hacia el lado norte del valle, formando meandros, los cuales, una vez desviado el río hacia el sur, fueron acondicionados con los hermosos andenes curvados de Patapata, los

Diagnóstico de peligros geodinámicos en los parques arqueológicos de Písac y Ollantaytambo

mismos que, en la actualidad, han comenzado a ser urbanizados, en detrimento de su carácter agrícola; esto viene induciendo procesos de erosión —muy acentuados en algunos sectores—, que afectan la estabilidad de los paramentos, causando el desplome de varios de ellos.

6. PARQUE ARQUEOLÓGICO DE OLLANTAYTAMBO

Ollantaytambo, designado en las crónicas de la Conquista como Tampu o Tambo, fue la avanzada del imperio y el acceso a la zona de los antis. Esta situación explica el marcado estilo militar que denotan varios de los grupos arqueológicos de este parque, donde los fortines de Choqana e Inkapintay sirvieron como puestos de entrada y de control al núcleo ubicado en el gran cono fluvio-aluvial de Patakancha.

El parque de Ollantaytambo comprende numerosos sitios arqueológicos (fig. 10), teniendo como núcleo el pueblo (última llakta inka efectivamente habitada en la cuenca del Vilcanota-Urubamba) y la fortaleza del mismo nombre. La característica más saliente de este parque está en que cada grupo arqueológico comprende básicamente una gran andenería instalada sobre un cono de talud y algunas construcciones de habitación o militares. Los conos de talus, al significar buena parte de la amenaza geológica que se cierne sobre estos conjuntos, merecen una mención aparte.

6. 1. Los conos de talud

Los afloramientos de rocas volcánicas del llamado Valle Sagrado (con excepción de la formación Plio-Pleistocénica de Rumicolca) tienen una característica común: forman grandes conos de talud al pie de los acantilados laterales del valle. En la zona, las rocas afectadas pertenecen a la formación Ollantaytambo y al grupo Mitu (fig. 11).

Como se sabe, los conos de talud tienen origen y composición diferentes a los de los conos coluviales, aunque genéricamente puedan asimilarse a ellos, como lo indica Turner (1996), quien también descarta la otra variante que es el Scree. Bates & Jackson (1980) definen los talud como «fragmentos rocosos de cualquier talla y forma (usualmente groseros y angulosos) provenientes de acantilados y acumulados al pie de éstos o de laderas rocosas muy empinadas. Son también las masas distales o acumulaciones con perfil inclinado de roca fragmentada muy suelta, consideradas como una unidad y originadas principalmente por procesos de caída, rodadura y deslizamiento».

El peligro que implican estas acumulaciones está en relación a su estado de actividad. Existen conos estabilizados y otros activos, donde los derrumbes y caídas siguen alimentando la masa. Casi todos los conos de este tipo dentro del parque arqueológico de Ollantaytambo pertenecen a

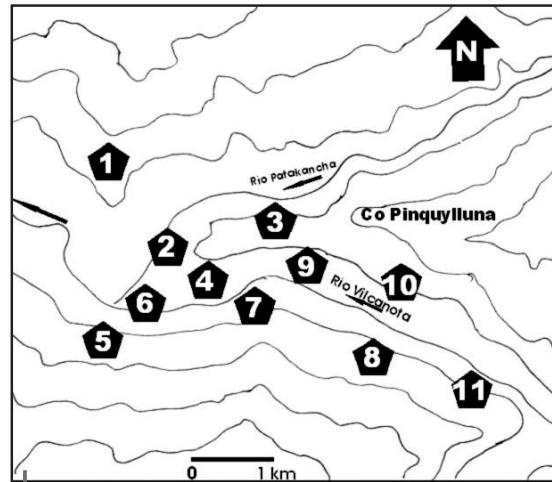


Figura 10 – Ubicación de los grupos arqueológicos que conforman el Parque de Ollantaytambo

1: Fortaleza; 2: Pueblo inka de Ollantaytambo; 3: Pinquylluna; 4: Punkupunku; 5: Huayronq'uyoc; 6: Inkapintay; 7: Choqana; 8: Ch'ullaraqhay; 9: Masqhabamba; 10: T'ipunku; 11: Páchar

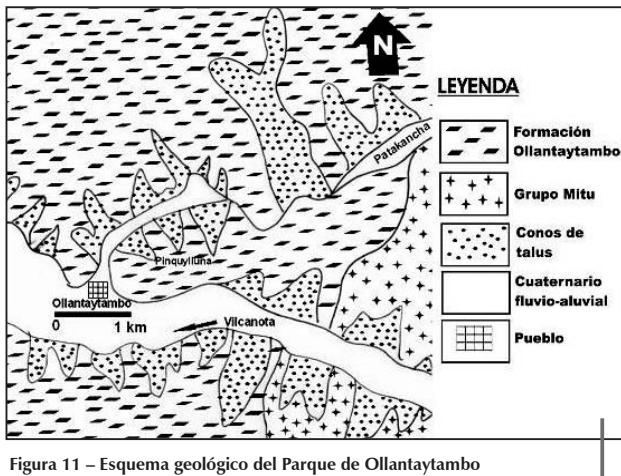


Figura 11 – Esquema geológico del Parque de Ollantaytambo

la categoría de activos. De allí el peligro que representan, tanto desde el punto de vista de amenaza de enterramiento como por erosión en cárcavas. En varias de estas acumulaciones se notan también evidencias de deformación elasto-plástica que desembocarán, en algún momento, en mecanismos de deslizamiento. De otro lado, el material grueso y no cohesivo representa un importante empuje pasivo que deforma paramentos. Estas deformaciones y desplomes concentran buena parte de las labores de restauración, como ya lo señalaba Velasco para el caso de Manyaraki (1972).

En la región andina se conocen a estos y otros depósitos similares como «canchales»; sin embargo, no

empleamos esta palabra por cuanto el término de canchal se da sobre todo en función al tipo de material pedregoso, grueso y no cohesivo (por la escasez o ausencia de finos), pero no tiene una connotación genética, pues tanto puede aludir a depósitos derivados de gelifracción como a los talud y hasta otros tipos de escombreras.

Se descarta la gelifracción como causa inmediata de estos derrumbes para el caso del Vilcanota; se ha constatado que la gelifracción y la criofracción se dan recién a partir de los 4 800 msnm en esta región. Podría tratarse de diferenciales térmicos asociados al intemperismo, al microdiaclasamiento o al rebote elástico residual que acompañó el retiro de glaciares de las últimas glaciaciones pleistocénicas. El factor tectónico parece jugar un rol secundario, pues la densidad o frecuencia de discontinuidades no es muy conspicua como para explicar la disagregación progresiva de las rocas (Carreño, 2005a).

Algo que resulta aún inexplicable es el por qué este proceso afecta fundamentalmente a rocas volcánicas lávicas. Por arrastre durante los desprendimientos, a veces se ven involucrados niveles sedimentarios de areniscas y conglomerados, pero lo esencial de las acumulaciones está conformado por fragmentos de andesitas, riolitas, ignimbritas y brechas volcánicas. Es probable que la alteración de algunos componentes minerales pueda explicar la disagregación. La granulometría es variada. La talla promedio de los fragmentos es de unos diez centímetros; ocasionalmente se ven bloques que superan el metro de diámetro. Por lo general, su forma es aplanaada. Se encuentran esporádicos niveles de materiales más finos de origen fluvial y hasta lacustre, posiblemente asociados a episodios de crecida y embalse.

Para fines prácticos de evaluación de peligros, clasificamos genéricamente estos depósitos en: conos activos, subactivos y sub-estabilizados, los mismos que tienen un correlato directo con niveles de peligro alto, medio y bajo, respectivamente. Los criterios que definen estas categorías, usando una matriz de valores ponderados, están relacionados a la densidad, tipo y estado de la vegetación, la existencia y estado de cárcavas, a la frescura del material (estado de intemperismo relativo). También se define el estado de evolución hacia mecanismos de deslizamiento en función a la morfología y los indicios de ruptura (Carreño, 2004). Según esta propuesta, la mayoría de conos de talud de este parque arqueológico se incluyen en las categorías de activos y subactivos.

Desde un punto de vista geotécnico, estos depósitos se encuentran en un estado dinámico marginalmente estables, esto según la definición de estabilidad-inestabilidad dada por Popescu (citado por Bonnard, sin fecha). Por su composición se trata de agregados friccionantes e

intrínsecamente estables, por cuanto el material caído se acomoda según un ángulo de reposo que es menor (a lo más igual) que el ángulo de fricción interna del agregado. Pero, por su baja cohesión y el predominio de fragmentos aplanados, estos depósitos resultan muy proclives a desestabilizarse cuando sufren cortes o aumenta el tránsito encima de ellos.

6. 2. Conjuntos arqueológicos en conos activos y subactivos de taludes (Choqana, Huayronq'uyoq, Ch'ullaraqhay, Anqopacha, Masqhabamba, T'iopunku, Páchar, Choquekillka, Simapujo, Punkupunku)

Choqana, al igual que Inkapintay, situado enfrente, era un fuerte o puesto de control de ingreso-salida (Flórez, 1995?), así como estación de señales. Ambos se sitúan en estrechos pasos al borde del río Vilcanota. Comprenden instalaciones militares y andenes destinados a la producción agrícola y a la retención-estabilización de los conos de talud. Los demás grupos mencionados corresponden fundamentalmente a sistemas hidro-agrícolas que, en ciertos casos, incluyen algunas construcciones destinadas a vivienda o a depósitos. Las andenerías son de tipo mixto, pues incluyen muros de paramento fino y otros de mampostería rústica de piedra no labrada; ocupan el tercio inferior de los conos de talud (no sabemos porqué no se levantaron andenes en los tramos intermedios). Los rellanos rara vez superan los cinco metros en promedio.

Los conos más activos y continuamente sometidos a la acción de derrumbes son los de Choqana, Huayronq'uyoq y Páchar (fig. 12), donde parte de las terrazas han sido soterradas o están siendo cubiertas paulatinamente. También se encuentran grandes bloques aislados de hasta cinco metros de diámetro que rodaron a distancias mayores de cien metros desde sus nichos de arranque, arrasando o dañando muros. En Choqana el enterramiento es más acelerado (fig. 13).

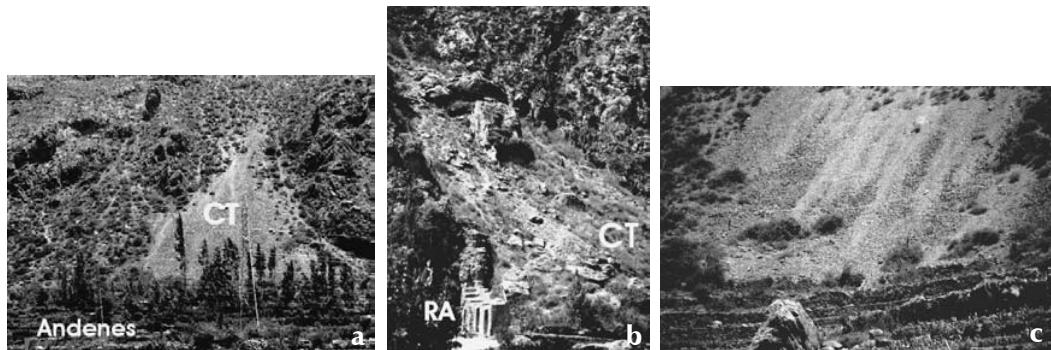


Figura 12 a, b, c – Vista de los grupos arqueológicos (RA) de Páchar, Punkupunku y Huaronq'uyoq, construidos sobre y afectados por conos activos y subactivos de talus (CT)



Figura 13 – Choqana: conos coluviales activos con evidencia de recientes derrumbes y signos iniciales de erosión y deslizamiento

En los casos de Anqopacha, Masqhabamba, T'iopunku y Ch'ullaraqhay se trata de conos subactivos donde el aporte de nuevos materiales es bastante restringido; las pendientes son también menores con relación a los casos antes citados y los frentes de aporte (acantilados propicios a derrumbes) han sido parcialmente erosionados hasta alcanzar cierto perfil de equilibrio. En T'iopunku hubo, al parecer, en épocas pasadas, una mayor actividad, pues en varios puntos se encuentran vestigios de flujos secos o corrimientos de derrubios y de antiguos derrumbes que no fueron limpiados, lo que hace suponer que esos procesos se dieron en una etapa post-colombina. En Huayronq'uyoq la aceleración de los procesos de erosión y de reptación se da como consecuencia de los cortes hechos para caminos de herradura, lo que ha intensificado el tránsito de turistas y animales. En Páchar, el factor agravante es la extracción (clandestina, pero aún limitada) de agregados.

Los trabajos de corrección o tratamiento deben, en consecuencia, incluir la limpieza del material acumulado sobre las terrazas, la rehabilitación de muros y de los sistemas hidráulicos, la fijación de los conos mediante vegetación apropiada, de baja demanda consuntiva, y la consolidación con pilotes hincados. Debe también controlarse la extracción de agregados y hacer un tratamiento de los cortes de talud de caminos y canales.

6. 3. Peligros torrenciales en la quebrada de Patakancha

Una serie de amplios andenes y canales y el pueblo inka de Ollantaytambo se ubican en el ancho cono de deyección de Patakancha. Los cortes muestran un predominio del material fluvial sobre el aluvial. Se ha inferido que este cono se formó de manera rápida debido a aportes extraordinarios de sedimentos en un período relativamente corto, algo que podría asociarse a las últimas deglaciaciones (lo cual también explicaría la abundancia de limos y arcillas en varios niveles). Los glaciares pleistocénicos alcanzaron cotas por debajo de los 3 000 msnm, como lo muestra Kalafatovich (1957), quien consigna morrenas terminales a 2 740 msnm en Chilca, cerca de Ollantaytambo. Esta situación debió, sin duda, favorecer un rápido retiro de las lenguas glaciares inferiores: la fusión de los hielos y su secuela de rebotes elásticos y colapsos de morrenas por pérdida de volumen proporcionaron gran cantidad de sedimentos. Estos aportes debieron ser tan grandes que superaban la capacidad del erosión del Vilcanota, a tal punto que, en algún momento llegaron a desviar este río, provocando su embalse (Carreño, 2003a). Las evidencias de este represamiento son aún visibles en la zona de los andenes de Masqhabamba; el río se abrió paso por una estrecha garganta en la parte distal del cono, al pie del pueblo actual.

Lo anterior pone de manifiesto la gran actividad torrencial que tuvo esta quebrada en el pasado y que se manifiesta, de manera más moderada, en nuestros tiempos. Así, en febrero de 2003, un flujo torrencial, o flujo intermedio, causó daños en algunos sectores del pueblo, afectando la canalización inka del Patakancha y la plataforma de la calle que da acceso a la estación ferroviaria, y que se mantuvo fuera de servicio durante varios meses.

Diego Esquivel y Navia (1980) —quien también dio amplia noticia sobre el gran deslizamiento de Yahuarmaki de 1678— consigna en su obra otro evento catastrófico en esta cuenca. Él habla de un aluvión (en el sentido de huayco) ocurrido en mayo de 1679 que enterró parte del pueblo inka. Las excavaciones realizadas por el Instituto Nacional de Cultura entre 1980-1982 y 1993-1994 en los sectores de Inkamisana y Manyaraki (plaza principal del conjunto arqueológico, al pie de la fortaleza) comprobaron la veracidad de la noticia dada por Esquivel y

Diagnóstico de peligros geodinámicos en los parques arqueológicos de Písac y Ollantaytambo

Navia, al exponer restos de construcciones soterradas por una capa aluvial (INC, 1994). Según estos antecedentes, Inkamisana y Manyaraki, el llamado palacio de la Ñusta, las fuentes, canales y otras construcciones mixtas en adobe y piedra que se ubican en esta plaza principal y los alrededores, así como la iglesia colonial, continúan bajo amenaza de inundación y de huayco. Lo mismo ocurre con la canalización inka y las nuevas y numerosas construcciones de servicios turísticos que proliferan en los últimos años en pleno árleo del río Patakancha. La desaparición de parte de los muros de encauzamiento pre-hispánicos ha generado frentes de erosión que ponen en peligro la plataforma de estas construcciones y de la citada vía de acceso a la estación. El núcleo del pueblo inka, ubicado en una terraza alta sobre la margen izquierda del Patakancha, no está mayormente expuesto al efecto de crecidas, tanto por su ubicación altitudinal como por su amplia y eficiente red de acueductos, que cumplen una doble misión de abastecer en agua y de servir como desipadores de excedentes hidráticos.

6. 4. Fortaleza

En la ladera SE de un espolón rocoso se ubica la parte principal del parque arqueológico, conocida como Fortaleza, en afloramientos de la formación Ollantaytambo, constituida por brechas y conglomerados, areniscas cuarcíticas, ignimbritas de composición andesítica, lutitas y cineritas (Carlotto et al., 1996). En este sector predominan las rocas volcánicas fuertemente fracturadas. Los grandes andenes que dan acceso al núcleo principal situado en la cima del espolón, fueron acondicionados sobre un depósito de talud, hoy totalmente enmascarado y estabilizado por esas terrazas (fig. 14a). Otros conos de talud parcialmente acondicionados con andenes se sitúan hacia el norte, algunos de los cuales muestran signos de actividad restringida, amenazando paramentos y algunos edificios de vivienda o vigilancia. Por lo menos uno de ellos muestra signos de evolucionar hacia un mecanismo de deslizamiento.

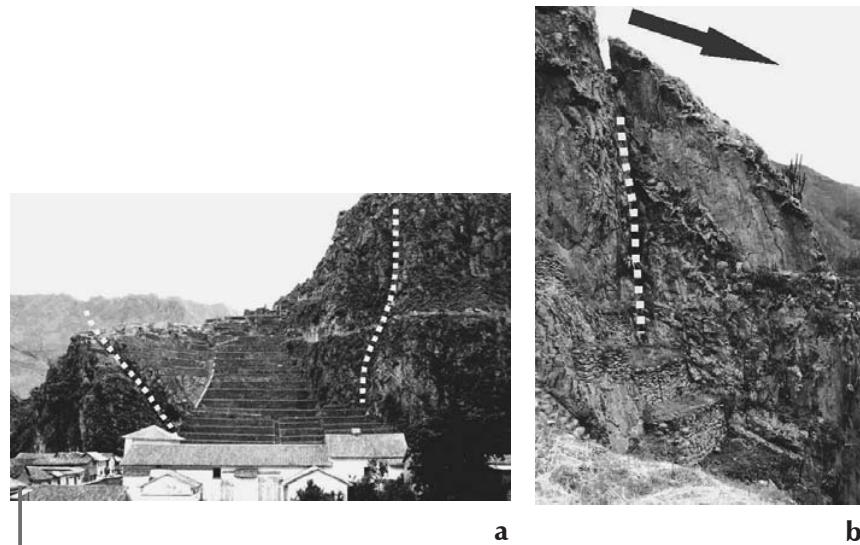


Figura 14 a, b – Acantilados afectados por procesos de *topple* rígido (Líneas punteadas=planos de separación), con propensión a provocar derrumbes en el sector de la Fortaleza

Los farallones que limitan la fortaleza por el norte son muy abruptos, incluso verticales, con alta susceptibilidad a generar derrumbes, como lo manifiestan los muchos bloques rocosos caídos y dispersos en plena área construida. Los enormes paredones situados hacia el sur tuvieron, según parece, un doble propósito: impedir el acceso de atacantes por esa ladera y servir de soporte y elemento estabilizador de las paredes rocosas fracturadas propensas a derrumbes. La concepción de estas paredes es notable, pues se trata de dobles muros adosados mediante clavos de piedra (INC, 1986), lo cual incrementa grandemente su resistencia a empujes pasivos de macizos inestables. Se observa también la ocurrencia de procesos de *Toppling* rígido en los riscos que limitan la fortaleza; el estado de las grietas y el análisis de los derrubios de pie señalan que la actividad de basculamiento o separación descendente de estos bloques o prismas en *Topple* es muy lenta, pudiendo incluso considerarse como subestabilizados. Al ser ésta una zona de baja sismicidad, el peligro de caídas o derrumbes por esta causa es muy atenuado. Sin embargo, por precaución, y por las alteraciones que provoca el tránsito de turistas, se hace necesario realizar trabajos de auscultación más precisos y continuos.

6. 5. Procesos geodinámicos en el cerro Pinquylluna

El hito paisajístico de Ollantaytambo lo constituye el cerro Pinquylluna (o Pinkulluna), situado al este de la fortaleza. Es una montaña muy abrupta, con barrancos muy empinados (incluso verticales y hasta en contrapendiente), con un alto índice de fracturación y donde afloran principalmente las ignimbritas de la formación Ollantaytambo. Cabe indicar que el mapa geológico del cuadrángulo de Urubamba (hoja 27-r) señala, erróneamente, que todo este cerro corresponde a «depósitos aluviales».

Existen en este cerro varias construcciones dispersas, individuales o en pequeños grupos, a diferentes cotas y, a menudo, al borde de barrancos. Los tres edificios rectangulares y paralelos de carácter particular (palacios o talleres artesanales, según Angles (1988); depósitos, según Huaycochea (1994); cárcel u hospitales o escuelas y depósitos, según otros; por su ubicación y estilo, más parecen cuarteles, atalayas o meras viviendas), de mampostería semirrústica y mortero de barro, situados casi a media ladera, son los más notables arquitectónicamente, teniendo una formidable vista del valle.

Abundan en esta montaña los procesos de *Toppling* rígido, en sus modalidades de separación-basculamiento de prismas y de doblamiento de cabeceras. Su evolución da origen a derrumbes, pero, por lo visto, el ritmo de deformación es muy lento. Las formas derivadas de estos procesos han dado lugar a leyendas (Carreño, 2002-2005), como las de Ayar Kachi, quien disparaba su honda para allanar o quebrar cerros. Uno de sus hondazos habría alcanzado este cerro desgajando un bloque prismático; en la grieta de separación se ve incrustada una piedra redondeada, que sería el proyectil disparado por este guerrero y que podría servir para medir la progresión del basculamiento, pues a medida que aumente la separación del prisma rocoso, esta piedra irá descendiendo dentro de la grieta.

El peligro mayor está dado por dos grandes conos de talud ubicados en la ladera SO de la montaña, el mayor de los cuales es muy activo, ha cubierto terrenos de cultivo, parte de un bosque y amenaza un conjunto de casas con bases inkas del pueblo de Ollantaytambo (fig. 15). Analizando el nicho de arranque cercano a la cumbre del cerro se observa una inquietante concentración de afloramientos proclives a derrumbarse, prismas basculados y bloques a punto de caer. No se descarta la posibilidad de ocurrencia de un gran derrumbe (o de un evento que responda al mecanismo de *Bergsturz* (término alemán sin equivalente preciso en español) que enterraría parte del pueblo, con otras imprevisibles consecuencias, y arrasaría por lo menos con las construcciones más alejadas del conjunto situadas hacia el norte, al borde de la escarpa que limita el cono de talud. Otro cono de talud, más pequeño, se ubica al norte del anterior, sobre la misma vertiente, pero sus niveles de actividad y de peligro son menores.

Finalmente, al pie del flanco sur del Pinquylluna se localiza la portada de acceso a Ollantaytambo (Punkupunku), con algunos andenes y construcciones menores de control y vigilancia. Estas edificaciones se encuentran casi al borde de otro cono activo de talud y de un farallón que ya ha producido derrumbes en años recientes. Existe aquí cierta probabilidad, no muy importante, de que futuros derrumbes afecten esta portada (fig. 12b).

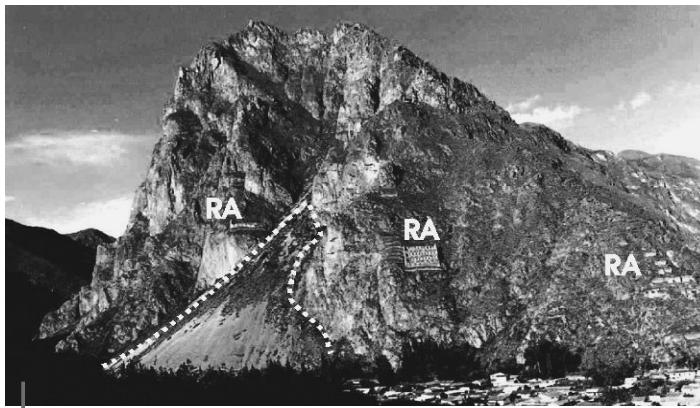


Figura 15 – Cerro Pinquylluna y su gran cono de talud activo (línea punteada)

Al pie, el pueblo de Ollantaytambo (RA = restos arqueológicos)

6. 6. Las canteras de Kachiqhata

Otra de las características de Ollantaytambo son las célebres «piedras cansadas» (pórfitos rojizos de origen hipoadisal, según algunos, o volcánico, según otros (C. Siebert, comunicación personal): grandes bloques primorosamente labrados que jalónan el camino hacia la Fortaleza desde las canteras de Kachiqhata. A la llegada de los españoles o, tal vez, por causa de la guerra civil entre Huáscar y Atahualpa, la construcción del núcleo principal de la Fortaleza fue abandonada, por lo que estos bloques no llegaron a su destino.

Estas canteras, ubicadas a unos diez kilómetros al oeste de Ollantaytambo, fueron acondicionadas como área de trabajo, tomando medidas preventivas de seguridad, dentro de las cuales se incluyen cinco grandes andenes que, como acertadamente lo plantea Pardo (1957), habrían servido «para detener las piedras desgajadas de las peñolerías de la parte alta». El análisis de estabilidad y resistencia a empujes activos de estos muros parece confirmar la hipótesis de Pardo.

De otro lado, los cortes practicados para extraer las piedras han creado amplios frentes de derrumbe que representan cierto nivel de peligrosidad; así, por ejemplo, Bengtsson (1985) informa sobre un derrumbe ocurrido en el trayecto del puente a las casas inkas de Compone. En mayo de 1997 ocurrió un nuevo derrumbe en este sector, pero desencadenado por el aprovechamiento de una cantera cercana usando explosivos, lo cual, al no haber control, constituye otra amenaza para los restos inkas.

CONCLUSIÓN

Los dos parques arqueológicos analizados tienen en común el haber sido edificados mayormente sobre afloramientos paleozoicos con predominancia de rocas volcánicas, donde abundan los procesos de *Toppling* y los conos activos de talud, los que representan el mayor peligro para varias construcciones prehispánicas. Sólo en Písac existen grandes deslizamientos subactivos pero con comportamientos en tránsito de aceleración que amenazan directamente (o han ya causado destrucción o daño a andenes y construcciones menores) a importantes sectores arqueológicos. Estos fenómenos corresponden a casos sui generis de deslizamientos: los de

K'allaqhasa-P'isaqa y de Kuyo chico-Ampay corresponden a deslizamientos desarrollados sobre napas de cabalgamiento sin plano de ruptura y donde la superficie de transporte está dada por el plano de contacto o plano de sobrecabalgamiento, mientras que el de K'itamayu se formó por colapso de una masa de lava bruscamente enfriada por efecto de termocupla.

Existen relativamente pocos casos o sectores que puedan considerarse críticos en la actualidad; sin embargo, la evolución (natural o agravada por el hombre o por agentes sísmicos o climáticos extraordinarios) de los procesos de inestabilidad puede poner en riesgo importantes edificaciones inkas, sobre todo en la parte sur-oriental de P'isaq, en el pueblo inka de Ollantaytambo y en el cerro Pinquylluna. El efecto de los conos activos de talud (el fenómeno más extendido y que afecta a una mayor cantidad de grupos arqueológicos) es relativamente menos peligroso, debido a que responden a procesos lentos y acumulativos que derivan en soterramiento, algo que es más o menos fácil de remediar mediante la limpieza o evacuación de derrubios y la construcción de obras de contención. En cambio, el efecto de los deslizamientos y derrumbes causaría la pérdida irremediable de restos arqueológicos. Las evaluaciones realizadas permiten establecer una primera aproximación sobre los niveles de peligrosidad y/o vulnerabilidad de los centros arqueológicos estudiados, los mismos que son presentados de manera esquemática en el cuadro n° 4. La calificación de peligro alto no sólo depende del estado actual y la intensidad del fenómeno amenazante sino, también, del alto grado de incertidumbre que deriva de los procesos geodinámicos de lenta evolución y de eventos torrenciales generados cuenca arriba, y que pueden modificar bruscamente la dinámica de los procesos hídricos y de inestabilidad.

ALGUNAS RECOMENDACIONES (GENÉRICAS)

El tratamiento para estabilizar o, al menos, reducir la velocidad de los fenómenos actuantes no es fácil de determinar en una primera instancia. En algunos casos podría ser aventurado y contraproducente (como lo que viene ocurriendo en P'isaq). Se requiere tener datos de auscultación fidedignos y a largo plazo; eso implica instrumentación y control permanentes. En el caso de los deslizamientos profundos, el drenaje superficial —que no se debe descartar— tiene escaso efecto; solo el drenaje profundo puede ser eficaz.

Es urgente el tratamiento de los cortes de talud en carreteras, mediante cunetas, reperfilados y obras de retención. El ramal superior de la carretera que llega a P'isaq-Intihuatana debería ser cerrado y su talud remodelado, pues es el causante de los problemas de aceleración y regresión de las cabeceras del deslizamiento que afecta esa zona. Los cauces fluviales torrenciales (Patakancha y K'itamayu) requieren la restitución y mantenimiento de sus antiguas canalizaciones.

Los problemas de *Toppling* son más difíciles de enfrentar, pues sus ritmos de deformación son muy lentos (en gran parte debido a que prácticamente no dependen del agua), pero, por el contrario, son muy sensibles a las sacudidas sísmicas. La auscultación mediante extensómetros puede dar una idea de su evolución. La fijación de los prismas basculantes es complicada (al igual que eventuales obras de retención que podrían detener las masas en caída) tanto por tratarse de un contexto arqueológico, donde el paisaje debe mantenerse incontaminado, como por las condiciones de acceso (barrancas y cimas de abrupto relieve). La colocación de tensores y barras de frenado tipo peine (siempre y cuando no perturben mucho el paisaje), con la señalización de las zonas de alto peligro por derrumbes, y el evitar construir en ellas, podría ser una solución de compromiso a corto plazo.

El caso de los conos activos de talud puede ser resuelto en parte mediante plantaciones apropiadas para este tipo de material, pilotaje enterrado y pantallas forestales de retención en la parte alta. El principal óbice para toda solución vegetal, radica en la muy baja capacidad de retención de estas acumulaciones sedimentarias. En cualquiera de las situaciones, se debe comenzar por el diseño e implantación de programas de auscultación; sólo con un complemento cuantitativo-instrumental podrá contarse con los criterios necesarios para optar por las soluciones más adecuadas para cada caso.

Referencias citadas

- ANGLES, V., 1988 – *Historia del Cusco incaico*, t. I, 535 p.; t. II, 612 p.; Lima: INDUSTRIALgráfica S.A.
- ANGLES, V., 1993 – *Los Dieciocho Incas*, 362 p.; Cusco: Editorial Universitaria UNSAAC.
- ANGLES, V., 2001 – *Písac y el Valle Sagrado de los Incas*, 253 p.; Lima: INDUSTRIALgráfica S.A.
- BARREDA, L., 1995 – *Cuzco. Historia y arqueología pre-inka*, 99 p.; Cusco: Instituto de Arqueología Andina Machupicchu.
- BATES, R. L. & JACKSON, J. A. (eds.), 1980 – *Glossary of Geology*, 751 p.; Falls Church: American Geological Institute.
- BENGSSON, L., 1985 – *Informe final sobre investigaciones en el distrito de Ollantaytambo, departamento del Cusco, en el año 1985*, 3 p.; Cusco.
- BONNARD, C., s/f – *Los deslizamientos de tierra: ¿fenómeno natural o fenómeno inducido por el hombre?*, 15 p.; Quito: EPFL, Escuela Politécnica Nacional.
- CARLOTTO, V., GIL, W., CÁRDENAS, J. & CHÁVEZ, R., 1996 – *Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca*, 65(A), 244 p.; Lima: INGEMMET.
- CARREÑO C., R., 1994 – Les aménagements hydro-agricoles des Incas et les terrains instables dans les Andes. In: *7th IAEG Congress proceedings*, vol. III: 1605-1611; Lisboa.
- CARREÑO C., R., 1998 – *Inventario de deslizamientos: valles de Cusco y Sagrado de los Inkas*, 23 p.; Cusco: Mapas e informe interno PROEPTI-EPFL. Versión ampliada y detallada en preparación.
- CARREÑO C., R., 2002 – Deslizamientos complejos en napas de sobrecabalgamiento. Caso de las cuencas de Chongo-Písac y Vilcabamba, Calca-Cusco, 21 p.; Cusco: Informe preliminar de investigación Grupo AYAR.
- CARREÑO C., R., 2002-2005 – Mitos y leyendas relacionados a procesos geodinámicos en las regiones de Cusco y Apurímac. *Boletín de Lima*, **129**: 97-119; Lima.
- CARREÑO C., R., 2003a – Evidencias de represamiento por antiguos episodios paroxismales de deslizamiento y lava torrencial en las cuencas del Huatanay y Vilcanota, Cusco, 22 p.; Cusco: Informe de investigación Grupo AYAR.
- CARREÑO C., R., 2004 – Los conos de talus del sector Páchar-Ch'ilca. Inventario y propuesta de metodología para su evaluación geodinámica, 14 p.; Cusco: Informe de investigación Grupo AYAR.
- CARREÑO C., R., 2005a – Patrimonio inka amenazado por conos activos de talus en el Parque Arqueológico de Ollantaytambo, 13 p.; Cusco: Informe de investigación Grupo AYAR.
- CARREÑO C., R., 2005b – Patrimonio cultural prehispánico y peligro geodinámico en el valle del Huatanay-Cusco. In: *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, **34(1)**: 35-57; Lima.
- CARREÑO C., R. & KALAFATOVICH C., S., 2003 – Large scale landslides and agricultural production in Andean basins: the case of Chongo-Pisaq, Cusco, Peru. In: *Landslides and Agricultural Resources Special Symposium proceedings*: 14-17; Vancouver.
- CARREÑO, R., LÓPEZ, R. & KALAFATOVICH, S., 2005 – Large scale landslides in overthrust wedges: genetic and paleomorphological relations in the region of Calca, Cusco-Peru. In: *VI International Symposium on Andean Geodynamics Proceedings*; Barcelona.
- CARREÑO, R. & NOVERRAZ, F., (en preparación) – *Manual de estudio y evaluación de terrenos inestables*; Cusco-Lausanne: GRUPO AYAR.
- CIEZA DE LEÓN, P., 1973 [1553?] – *La crónica del Perú*, 262 p.; Lima: PEISA, Biblioteca peruana, vol. 1.
- DE OLARTE ESTRADA, J., 1986 – *Geografía. La localidad, la región, el país*, 192 p.; Cusco: editorial Andina.
- ESQUIVEL Y NAVIA, D., 1980 – *Noticias cronológicas de la gran ciudad del Cuzco*, 2 t., 480 p.; Lima: Banco Internacional.

- FLÓREZ, G., 1995? – *El parque arqueológico de Ollantaytambo*, 97 p.; Cusco: Municipalidad del Qosqo, Imprenta Yáñez.
- HUAYCOCHEA, F. de M., 1994 – *Qolqas, bancos de reserva andinos*, 283 p.; Cusco: UNSAAC.
- HUTCHINSON, J., 1988 – Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrology. General report. In: *IV International Symposium on Landslides Proceedings*, vol. I: 3-35; Lausanne.
- INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA-CUSCO (Informes y expedientes técnicos s/n), 1986 – Conjunto arqueológico de Ollantaytambo. Informe anual de obra 1986.
- INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA-CUSCO (Informes y expedientes técnicos s/n), 1991 – Parque arqueológico de Písac. Programación 1991.
- INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA-CUSCO (Informes y expedientes técnicos s/n), 1993 – Informe Anual-Conservación parque arqueológico nacional Písac, Proyecto 900004.
- INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA-CUSCO (Informes y expedientes técnicos s/n), 1994 – Parque arqueológico de Ollantaytambo. Proyecto 501004. Informe anual de obra.
- KALAFATOVICH VALLE, C., 1957 – La glaciaciación pleistocena en Urubamba. *Revista Universitaria UNSAAC*, **112**: 235-252; Cusco.
- KALAFATOVICH VALLE, C., 1977 – Informe sobre la geología del grupo arqueológico de los andenes incaicos Qosqa-sector Chongo, Pisaq, 13 p.; Cusco, PER-39. Informe de consultoría.
- LUMBRERAS, L. G., 2001 – *Las formas históricas del Perú. El imperio Tawantinsuyu*, vol. 11, 64 p.; Lima: IFEA, Lluvia editores.
- MAROCCHI, R., 1978 – *Estudio geológico de la Cordillera de Vilcabamba*, 157 p.; Lima: INGEMIN, boletín 4, serie D.
- OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES, 1976 – *Mapa ecológico del Perú*; Lima: ONERN.
- PARDO, L., 1957 – *Historia y arqueología del Cuzco*, 2 t., 679 p.; Lima: Impr. Colegio Militar Leoncio Prado.
- PROEPTI-EPFL, 2001 – *Proyecto de estudio y prevención de desastres relacionados a terrenos inestables en la región de Cusco-Perú - Informe final*, 79 p.; Lausanne: École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- PULGAR VIDAL, J., 1967 – *Geografía del Perú (Las ocho regiones naturales)*, 313 p.; Lima: UNMSM.
- SILGADO, E. & GIESECKE, A., 1981 – *Terremotos en el Perú*, 144 p.; Lima: Ediciones Rikchay Perú.
- TURNER, K., 1996 – Colluvium and Talus. In: *Landslides. Investigation and Mitigation* (Turner, A. K. & Schuster, R. L., eds.): 525-554; Washington: Transportation Research Board, National Research Council Special Report 247.
- VELASCO QUINTANILLA, I., 1972 – Memoria. Trabajos realizados de 1929 a 1972. Patronato departamental de arqueología del Cusco. *Saqsaywaman, Revista del Patronato departamental de arqueología del Cusco*, **2**: 267-291; Cusco.
- VARNES, D. J., 1978 – Slope Movement. Types and Processes. In: *Landslides: Analysis and Control*. National Research Council: 11-33; Washington.

Anexos

Cuadro 1 – Ubicación geológica de los grupos arqueológicos analizados

Conjunto arqueológico	Formación Ollantaytambo	Formación Paucartambo	Grupo Mitu	Formación Rumicolca	Cuaternario
P'ísaq Intiwatana			X		
Chakachimpa (*)			X		X
P'ísaq andenes		X	X		
P'ísaq-K'itamayu			X	X	
P'ísaq pueblo-Patapata					X
Ollanta fortaleza	X				
Ollanta pueblo					X
Ollanta Pinquylluna	X				

* La ubicación corresponde a conos de talud que, estrictamente, corresponden a depósitos cuaternarios, pero que, por provenir del grupo Mitu, pueden también (pero sólo por razones de facilitar el cartografiado y por tener la misma litología), asignarse a esta unidad.

Cuadro 2 – Ubicación geomórfica de los grupos arqueológicos analizados

Edificaciones en riscos	Edificaciones en fondo de valle	Edificaciones en conos de talus (canchales)
P'ísaq Intihuatana, Qosqa, P'ísaqqa, Ollantaytambo fortaleza, Pinquylluna	Ollantaytambo pueblo, Patakancha, Písaq pueblo, Patapata	Choqana, Anqopacha, Ch'ullaraqhay, Choquekillka, Simapujyo, Masqhabamba, Huayrong'uyoq, Inkapintay, Páchar

Cuadro 3 – Unidades arqueológicas y tipo de fenómeno peligroso

Conjunto arqueológico	Deslizamiento	Derrumbe (<i>Topple</i>)	Cono de talus	Inundación	Huayco	Erosión
Chakachimpa	■		■			■
P'isaq Intiwatana		▲				
P'isaq andenes	■					▲
P'isaq-K'itamayu	▲	▲			▲	
Ollanta fortaleza		■	▲			
Ollanta pueblo			■	▲	■	
Ollanta Pinquylluna		■	■			
Choqana, Inkapintay, Páchar Anqopacha, Huayronq'uyoq, Masqhabamba Choquekillka, Ch'ullaraqhay, Simapujyo		▲	■			■

■: peligro principal ▲: peligro secundario

Cuadro 4 – Niveles genéricos de peligro-vulnerabilidad (estimación preliminar)

Nivel general de peligro-vulnerabilidad	Grupos arqueológicos
Alto	Parte de Pinquylluna, parte nororiental del pueblo inka de Ollantaytambo, parte inferior de los andenes de K'allaqhaha.
Medio	Pinquylluna, Punkupunku, Choqana, andenes de K'itamayu, Kanchisraqhay, sector oriental de Chakachimpa, pueblo de P'isaq, Huaronq'uyoq, Manyaraki, Inkamisana, andenes de Patakancha, Páchar.
Bajo	Chakachimpa, Intihuatana de P'isaq, Fortaleza de Ollantaytambo, Páchar, T'ipunku, Ch'ullaraqhay, Anqopacha, Masqhabamba, Choquekillka, Simapujyo.