

PELIGROS GEOLÓGICOS E IMPACTO EN EL SISTEMA MEDIOAMBIENTAL DEL CAMINO INCA TRADICIONAL: MACHUPICCHU

GEOLOGICAL HAZARD AND THE IMPACT IN THE ENVIRONMENTAL SYSTEM OF THE TRADITIONAL INKA TRAIL: MACHUPICCHU

José Cárdenas¹, Víctor Carlotto², Tomasa Flores¹, Vilma Cano¹ & Fernando Astete³

RESUMEN

Las evaluaciones de los fenómenos geológicos y de geodinámica externa realizadas a lo largo del Camino Inca Tradicional (27.15 km) los años 1994, 2001 y 2006, están basadas en una cartografía e inventario sistematizado. Se han identificado 108 sitios con ocurrencias de fenómenos que corresponden principalmente a deslizamientos, caída de rocas, derrumbes, reptación de suelos, asentamientos, erosión superficial, erosión de ríos, así como sufusión. Los fenómenos geodinámicos están relacionados a los efectos del agua y de la intervención del hombre, los que están produciendo la destrucción parcial o total de algunas partes del camino. Se han determinado 15 áreas con características similares, las cuales han sido valoradas, estableciéndose su peligrosidad geológica. Además, se han identificado los impactos ambientales concernientes a los fenómenos geodinámicos que afectan principalmente el suelo, la flora-fauna y la estabilidad de los taludes. Luego, con el uso de matrices causa-efecto se ha realizado la evaluación de impacto ambiental por tramos del camino, indicando que los principales fenómenos que afectarían el mismo, son los aluviones, la erosión superficial y los deslizamientos. Finalmente se presentan medidas de mitigación y prevención, para proteger este patrimonio inca.

Palabras claves: Camino Inca Tradicional, Machupicchu, Peligros Geológicos, Impacto Medioambiental

ABSTRACT

The evaluations of the geological phenomena and the external geodynamic, made in 1994, 2001 and 2006 along the Traditional Inka Trail (27.15 km) are based in a mapping and a systematized inventory. 108 places with phenomena occurrence have been located, which belong mainly to landslides, rock falls, slides, creeps, settlement, superficial erosion, river erosion as well as suffusion. The geodynamic phenomena are related to the water effects and the man's intervention, which are causing the partial or the whole destruction of some parts of the trail. 15 areas with similar characteristics have been determined and assessed; it has been establish the geological hazard. Also, the environmental impacts related to the geodynamic phenomena have been identified which mainly affect the soil, flora and fauna and the slope stability. Then, using cause-effect matrixes, evaluations on the environmental impact have been made in stretch of the trail, showing the main phenomena which would affect them. These are the alluvium, superficial erosion and the landslides. Finally, mitigation and preventions measures are presented, to protect this Inka patrimony.

Keywords: Traditional Inka Trail, Machupicchu, Geological Hazard, Environmental Impact

INTRODUCCIÓN

La Ciudad Inca de Machupicchu y su entorno con 32,592 hectáreas han sido reconocidos el año 1981 como Santuario Histórico, con el objetivo de proteger la flora, fauna, formaciones geológicas,

belleza paisajística, así como los sitios arqueológicos incluyendo el camino inca. Luego, el año 1983 Machupicchu es designado por la UNESCO como Patrimonio Mundial Cultural y Natural de la

¹Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Av. De la Cultura 733, Cusco, cardenasroque@gmail.com

²Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima, vcarlotto@ingemmet.gob.pe

³Instituto Nacional de Cultura INC-CUSCO

Humanidad. Los años 1998 y 2005 se han realizado los planes maestros con el objetivo principal de proteger el entorno natural y paisajístico, así como los monumentos arqueológicos y otros bienes culturales existentes en el santuario. En parte, los objetivos no se han cumplido, porque no se han tomado en cuenta los aspectos geológicos y de geodinámica externa, nunca considerados en los estudios de impacto ambiental. Por lo tanto, con este trabajo se trata de mostrar la importancia de la geología, a través de la evaluación de los fenómenos de geodinámica externa que permiten determinar los peligros y su impacto ambiental en el Camino Inca Tradicional. Los resultados permitirán una gestión integral, ya sea natural o cultural, así como una intervención que debe ser inmediata y en base a las recomendaciones planteadas.

UBICACIÓN, FISIOGRAFIA Y CONDICIONES CLIMATICAS

El Santuario Histórico de Machupicchu se localiza en plena Cordillera Oriental del sur del Perú, en el departamento de Cusco, provincia de Urubamba y distrito de Machupicchu (Fig. 1). El río Urubamba atraviesa la cordillera en una dirección NO-SE, formando el cañón del mismo nombre. Las vertientes suroeste y noreste del valle son bastante empinadas, alcanzando cumbres importantes, donde

resaltan los nevados de Salcantay (6264 msnm), Huamantay (5459 msnm), y Paljay (5125 msnm) al suroeste, y la Verónica (5750 msnm) y Bonanta (5319 msnm) al noreste.

El camino inca que sale de Qoriwayrachina, pasa por Wayllabamba, luego por Pacaymayo y finalmente llega a la Ciudad Inca de Machupicchu (27.15 km) se denomina Camino Inca Tradicional (Fig. 2). Se localiza en la margen izquierda del río Urubamba, dentro del Santuario Histórico de Machupicchu

La variabilidad climática que presenta el camino inca, está en relación directa con las diferencias altitudinales existentes en la región. Las altitudes mínimas corresponden a Qoriwayrachina (2451 msnm) y las altitudes máximas al abra Warmiwañusqa (4201 msnm). En las áreas de menor altitud, el clima se caracteriza por ser lluvioso (aproximadamente 1950 mm) semicálido y húmedo, típico de Ceja de Selva. Las áreas de mediana altitud, es decir gran parte del camino, presentan un clima más templado. En las partes más altas, el clima es lluvioso en verano, seco y frío en otoño e invierno. En términos generales, para todas las áreas, el período lluvioso de noviembre a marzo presenta mayores precipitaciones, siendo menor el resto del año.



Figura 1.- Mapa de ubicación.

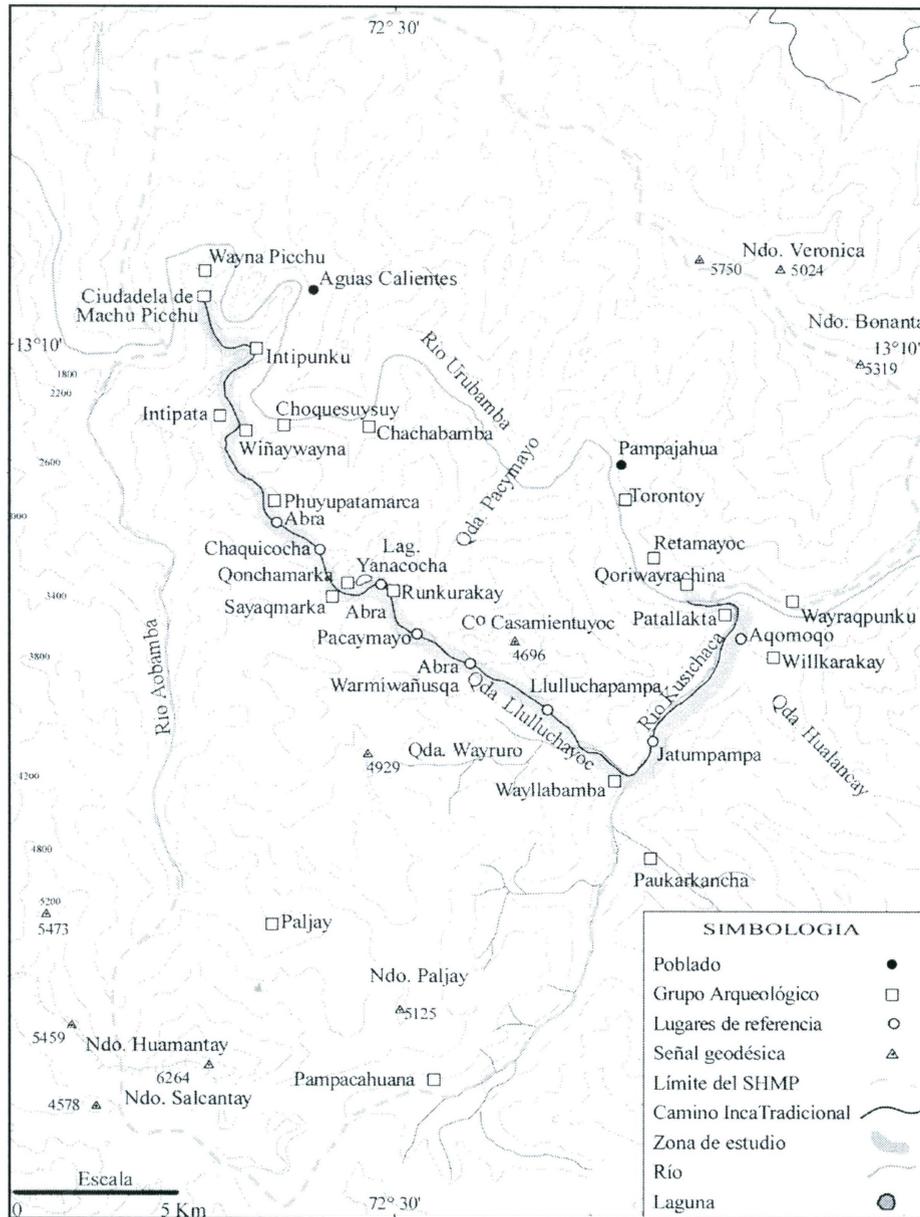


Figura 2.- Camino Inca Tradicional dentro del Santuario Histórico de Machupicchu.

GEOLOGÍA

En el Santuario Histórico de Machupicchu afloran rocas ígneas intrusivas del Batolito de Machupicchu, encontrándose también rocas metamórficas del Paleozoico inferior. Superficialmente, se han desarrollado depósitos cuaternarios o recientes (Fig. 3). La Formación Ollantaytambo aflora al noreste del santuario y está conformada por pizarras, cuarcitas y escasamente rocas volcánicas, de posible edad Cámbrica u Ordovícica. Encima yacen los conglomerados de la Formación Verónica y las pizarras de la Formación San José (Ordovícico), esta última aparece en Wayllabamba. En la quebrada Aobamba se han reconocido cuarcitas de la Formación Sandía (Ordovícico superior) y

diamictitas de la Formación San Gabán (Ordovícico-Silúrico). Al sureste del santuario afloran areniscas, lutitas y calizas de las formaciones Huambutío (Jurásico terminal), Huancané (Cretácico inferior), del Grupo Yuncaypata (Cretácico superior), las formaciones Quilque-Chilca (Paleoceno) y del Grupo San Jerónimo (Eoceno-Oligoceno). Entre las rocas intrusivas resaltan los granitos y granodioritas, que están cortadas por diques de aptita y cuarzo. Los granitos son de color blanco o gris, con textura granular, holocristalina, a veces porfirítica, compuesta de cuarzo, microclina, ortoclasa, plagioclasa y biotita. Si bien el batolito se ha formado en profundidades de la corteza, ahora se halla en superficie por efecto del levantamiento y erosión de la Cadena de los Andes. La edad del

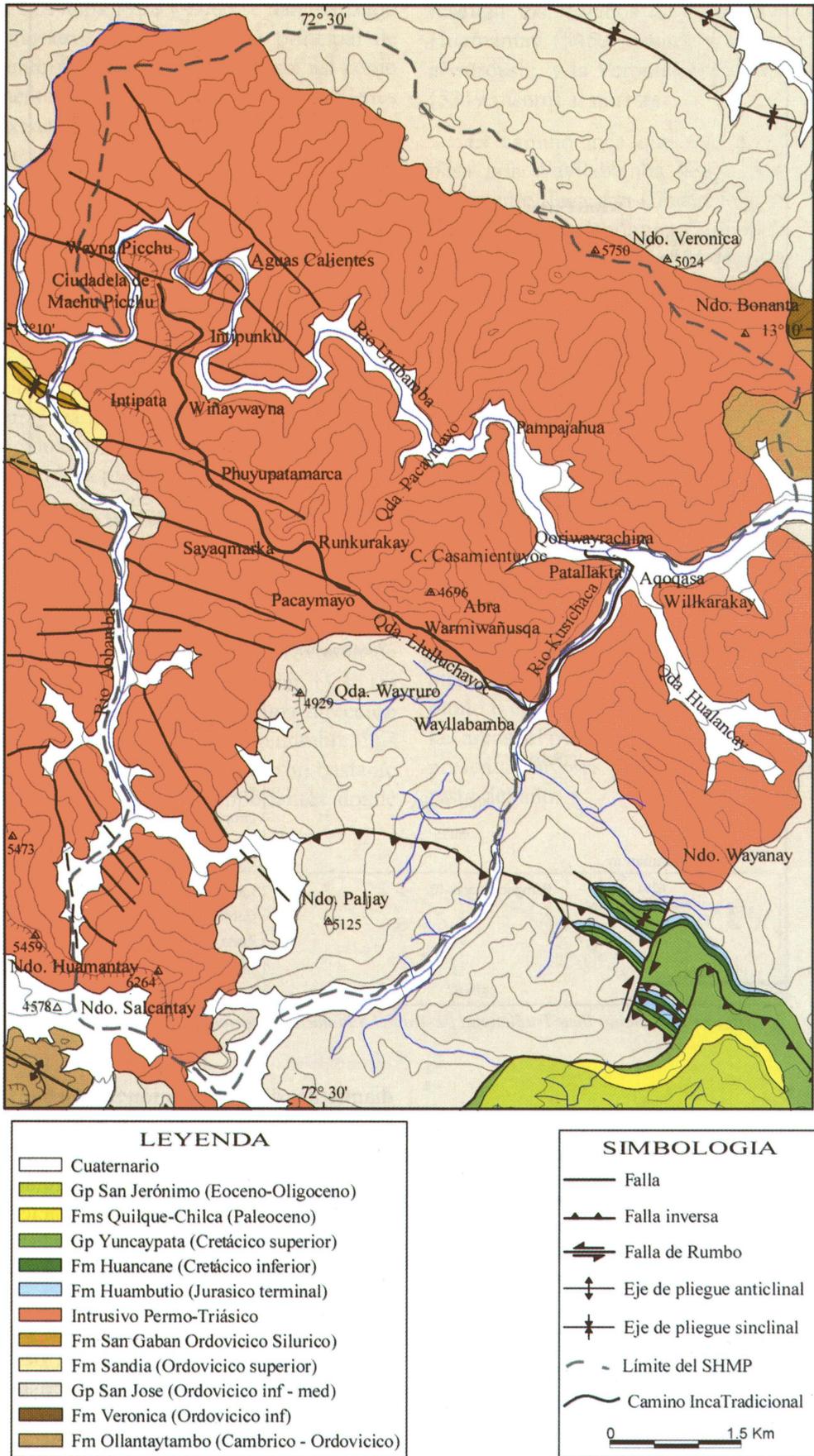


Figura 3.- Geología del Santuario Histórico de Machupicchu, tomado de Carlotto et al. (1999).

batolito es de 246 ± 10 millones de años, datado por el método Rb/Sr (Priem: En Egeler & De Booy, 1961).

Los depósitos aluviales corresponden a antiguos aluviones que se emplazan en las quebradas Kusichaca, Llulluchayoc, Wayruro y sobre todo en la quebrada Hualancay. El aluvión de Hualancay es de grandes dimensiones, represó el río Urubamba y el Kusichaca, su origen está relacionado a un evento histórico seguramente producto de la desglaciación del nevado Wayanay. Parte de los sitios arqueológicos de Patallakta y Willkarakay se hallan construidas sobre estos depósitos, así como el camino que va de Qoriwayrachina a Aqomoqo, donde están compuestos por bloques de granitos y cuarcitas, subredondeados, con diámetros de 3 a 5 metros, en una matriz areno arcillosa. Los depósitos fluviales están compuestos de gravas en una matriz de arena y limos, se han formado en el piso de los valles, y se observan en el río Kusichaca, desde Aqoqasa hasta Wayllabamba, en las quebradas Wayruro, Pacaymayo, Choquesuysuy y Wayraqtambo. Los depósitos glaciares y/o fluvio-glaciares están compuestos por mezclas de grandes bloques de granitos angulosos envueltos por gravas en una matriz heterogénea de arena y limos; se ubican principalmente en el tramo Wayllabamba-Pacaymayo donde se presentan 3 valles de origen glaciar, Llulluchayoc, Wayruro y Pacaymayo.

Gran parte del camino inca ha sido construido sobre depósitos coluviales, compuestos por bloques de granitos dispersos, gravas angulosas en una matriz areno-arcillosa; y además sobre conos de escombros constituidos por gravas y bloques fuertemente angulosos con poco o nada de matriz. Son frecuentes, los deslizamientos y derrumbes, desarrollados en las laderas empinadas. Los depósitos denominados “caos graníticos” son un conjunto de bloques de granitos, caídos por gravedad a partir de afloramientos muy fracturados.

En el santuario se han reconocido fallas regionales de dirección NO-SE y locales NE-SO, además diaclasas que son estructuras debidas al enfriamiento de los magmas que originaron los granitos (Carlotto et al., 1999). Estas estructuras son las que han influido en el modelado del relieve y en el aspecto que presenta la zona actualmente. Sin embargo, es importante mencionar que las fallas no son activas, ni son la causa de los problemas geodinámicos en la Ciudad Inca de Machupicchu y en el Camino Inca Tradicional.

EVALUACIÓN GEODINÁMICA EN EL CAMINO INCA TRADICIONAL

Antecedentes

El primer estudio y evaluación geológica-geodinámica del Camino Inca Tradicional fue realizado por Carlotto et al. (1994). Este trabajo contiene información relacionada al inventario y la cartografía de los fenómenos de geodinámica externa o movimientos en masa. Además, estos fueron tomados en cuenta por el Instituto Nacional de Cultura para la conservación y mantenimiento del camino. Un segundo estudio fue realizado por Carlotto et al. (2001) y tuvo como objetivo realizar el monitoreo del camino, tomando como línea base el trabajo del año 1994. En un tercer estudio, Cárdenas (2003) evalúa preliminarmente los impactos en la ciudad inca y el camino inca. El año 2004, se realiza el estudio de evaluación del impacto de los peligros geológicos en el camino inca, como parte de una tesis de maestría (Cárdenas, 2005). Esta tesis muestra la evaluación de peligros geológicos y el impacto en el sistema medioambiental del Camino Inca Tradicional. Finalmente, el 2006 se monitorea nuevamente el camino y se muestra la validez de la zonificación (Cárdenas et al., en preparación). El presente trabajo muestra los resultados de los trabajos antes descritos y principalmente de Cárdenas (2005).

El Camino Inca Tradicional

En el santuario histórico existe toda una red de caminos que comunicaban la región en la época de ocupación inca. En la actualidad algunos de estos vienen siendo usados para el turismo de aventura en la modalidad de caminata o trekking. El más importante y atractivo, por la diversidad de pisos ecológicos que atraviesa y por las obras incas que existen y que hacen parte del camino, es el conocido con el nombre de Camino Inca Tradicional. Este camino comienza en Qoriwayrachina, en el kilómetro 88 de la línea férrea Cusco-Machupicchu, y sigue por Patallakta, Wayllabamba, Pacaymayo, Runkurakay, Phuyupatamarca, Wiñaywayna, y llega a la ciudad inca. Tiene una longitud de 27.15 km, recorre diferentes altitudes, entre 2150 y 4200 msnm, y se puede realizar normalmente en 3 ó 4 días de caminata. Para una mejor descripción, evaluación y presentación, el Camino Inca Tradicional se ha dividido en 4 tramos (Carlotto et al., 1999) (Cuadro 1 y Fig. 2).

Tramo	Sitios naturales y arqueológicos
1. Qoriwayrachina (km 0+000)–Wayllabamba (km 6+430).	Puente Kusichaca (2585 msnm), sitio arqueológico Patallakta, Aqomoqo (2658 msnm), puente. Jatumpampa (2825 msnm), puente Wayllabamba (2940 msnm).
2. Wayllabamba (km 6+430)-Pacaymayo (km 13+420).	Puente Wayruro (3245 msnm), Yunca Chimpa, Llulluchapampa (4020 msnm), abra Warmiwañusqa (4201 msnm), Pacaymayo (3572 msnm).
3. Pacaymayo (km 13+420)-Phuyupatamarca (km 20+020).	Sitio arqueológico Runkurakay (3751 msnm), abra Runkurakay (3944 msnm), laguna Yanacocha (3701 msnm), sitio arqueológico Sayaqmarka (3580 msnm), sitio arqueológico Qonchamarca (3550 msnm), Chaquicocha (3535 msnm), Túnel (3590 msnm), abra Phuyupatamarca (3645 msnm), sitio arqueológico Phuyupatamarca (3600 msnm).
4. Phuyupatamarca (km 20+020)-ciudad inca (km 27+150).	Wiñaywayna (2680 msnm), sitio arqueológico Wiñaywayna, Wayraqpunko (2580 msnm), Intipunku (2720 msnm), ciudad inca (2418 msnm).

Cuadro 1.- Tramos del Camino Inca Tradicional mostrando sitios y altitudes.



Foto 1.- Início del camino inca en Qoriwayrachina y puente sobre el río Urubamba. Se nota la terraza aluvial sobre el cual sigue el camino.

Tramo Qoriwayrachina - Wayllabamba

El camino comienza en Qoriwayrachina a 2150 msnm, sobre una terraza aluvial de la margen derecha del río Urubamba. Luego se pasa el puente Qoriwayrachina, que ha sido construido sobre estribos utilizados por los incas, uno fundado sobre granitos y el otro, sobre depósitos aluviales. El camino sigue sobre la terraza aluvial de la margen izquierda del río Urubamba (Foto 1) hasta llegar al sitio arqueológico de Patallakta. De aquí sube a Aqomoqo (2658 msnm) donde se observan impresionantes restos del aluvión de Hualancay. De Aqomoqo, el camino continúa por la margen derecha del río Kusichaca (Foto 2), luego cruza por un puente en el sector de Jatumpampa (2825 msnm) y llega a Wayllabamba (2940 msnm). Este último tramo está sobre depósitos de conos aluviales y terrazas fluviales.

Tramo Wayllabamba-Pacaymayo

Este trayecto se caracteriza por ser muy accidentado y recorre 3 valles de origen glaciario, Llulluchayoc, Wayruro y Pacaymayo. El camino sale de Wayllabamba (2940 msnm), cruza el río Llulluchayoc y comienza a ascender por el flanco



Foto 2.- Camino en el tramo Qoriwayrachina-Wayllabamba con problemas de erosión superficial tal como se veía el año 1994.

sur del valle atravesando terrenos coluviales hasta el puente Wayruro a 3245 msnm. Aquí cruza el río Wayruro y retoma nuevamente el flanco sur del valle Llulluchayoc ascendiendo hasta Llulluchapampa. Este sector es bastante empinado, caracterizado por depósitos coluviales, fluvio-glaciares y también aluviales. La vegetación arbórea es importante ya que protege la erosión de los suelos. En la zona de Llulluchapampa, lugar de camping entre 3575 y 3700 msnm, el relieve es menos empinado y el camino recorre sobre suelos fluvio-glaciares. De



Foto 3.- Camino con lajas cerca a Warmiwañusqa. Se nota la falta de drenes para evacuación de las aguas pluviales.



Foto 4.- Quebrada Pacaymayo donde se observa zonas de camping y servicios higiénicos. En la parte alta derecha, se aprecia un cono de escombros relacionado con un derrumbe que en 1994 produjo caída de grandes bloques de granito.

esta zona, se asciende nuevamente por el flanco sur del valle (Foto 3) hasta el abra de Warmiwañusqa (4201 msnm) sobre terrenos de conos de escombros y glaciares, teniendo el camino una mayor pendiente.

De Warmiwañusqa comienza un descenso bastante abrupto por la parte central del valle hasta la altitud de 4050 msnm, sobre un camino inca descubierto en 1994 y que recorre suelos glaciares y coluviales, que están en proceso de erosión. Luego, el camino sigue por el flanco sur del valle, atravesando depósitos coluviales y conos de escombros, descendiendo de manera menos abrupta hasta llegar a Pacaymayo (3572 msnm). En la parte alta, al sur de Pacaymayo existe un derrumbe activo que produce caída de bloques de granitos a más de 150 m de desnivel (Foto 4).

Tramo Pacaymayo-Phuyupatamarca

De Pacaymayo (3572 msnm) comienza un nuevo ascenso por la montaña hasta Runkurakay (3751 msnm). El camino atraviesa principalmente suelos coluviales, pero, en gran parte empedrado con lajas. El sitio arqueológico de Runkurakay está asentado sobre depósitos coluviales de poco espesor y sobre afloramientos de granito. De Runkurakay continúa el ascenso por un camino muy empinado sobre depósitos coluviales y algunas veces sobre afloramientos de roca, hasta llegar al abra de Runkurakay (3944 msnm). En el abra, se observan grandes bloques graníticos a manera de caos, los que han servido como material de construcción para el camino.

Del abra de Runkurakay el camino desciende a Sayaqmarka, por un relieve moderado en el flanco noroeste de la montaña y sobre depósitos coluviales (Foto 5), hasta la altura de la laguna Yanacochoa. De aquí, se sigue el borde sur del valle hasta Sayaqmarka. Este tramo es muy impresionante no solamente por su emplazamiento y los pisos

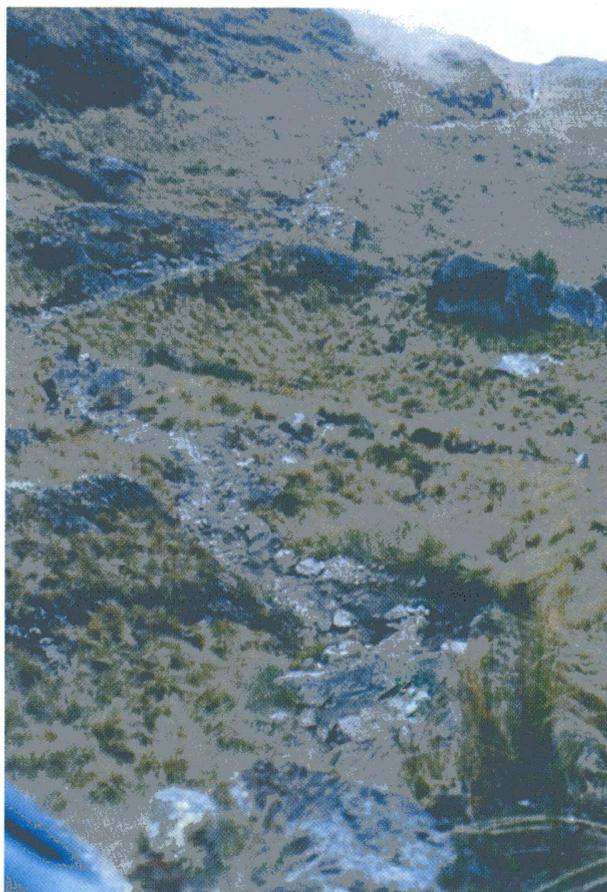


Foto 5.- Bajada del abra de Runkurakay hacia el sector de Sayaqmarka, donde el camino muestra efectos de erosión superficial en el año 1994. Actualmente se halla restaurado.

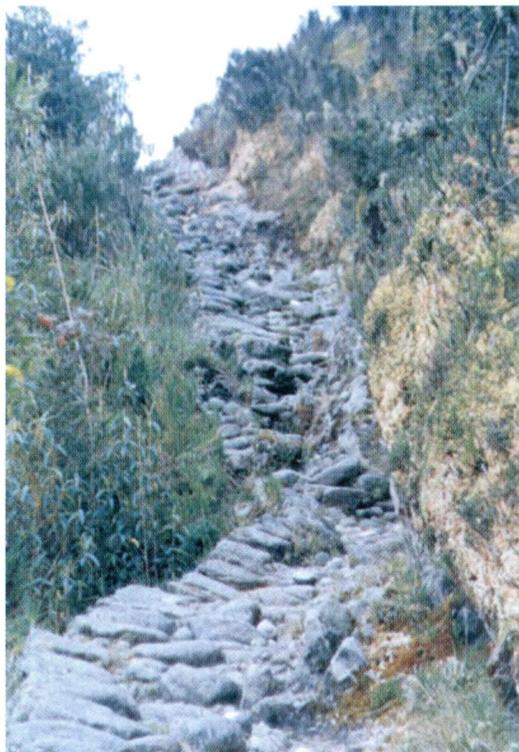


Foto 6.- Camino afectado por erosión superficial y sufusión en Chaquicocha (1994). Actualmente se halla restaurado.



Foto 7.- Abra de Phuyupatamarca mostrando los efectos del incendio del año 1994 y camino afectado por erosión superficial.

de lajas, sino también por su entorno geográfico, geológico y paisajístico. El sitio arqueológico de Sayaqmarka (3580 msnm) está construido sobre rocas fracturadas del batolito y parcialmente sobre bloques de un caos graníticos, de donde provino la roca de construcción. De Sayaqmarka hasta Phuyupatamarca, el camino serpentea por las montañas, atravesando el valle de Yanacocha y el sector de Qonchamarca, sobre suelos coluviales y de conos de escombros, en un relieve ascendente pero tendido, hasta alcanzar la zona de Chaquicocha (3535 msnm). Aquí se cruza una zona relativamente plana que corresponde a depósitos lacustres. Posteriormente, el camino asciende ligeramente (Foto 6) y pasa a una zona relativamente plana sobre depósitos coluviales hasta llegar a la Samana (3675 msnm). Luego, el camino desciende un poco, hasta atravesar la quebrada Qantupata para luego ascender nuevamente de manera suave, cruzando depósitos coluviales y pequeños afloramientos de granito, hasta llegar al abra de Phuyupatamarca (3645 msnm, Foto 7). Este es otro tramo muy impresionante por la existencia de diferentes obras de arte, particularmente en taludes verticales, donde anclajes incas en las rocas, sirven de apoyo a la plataforma.

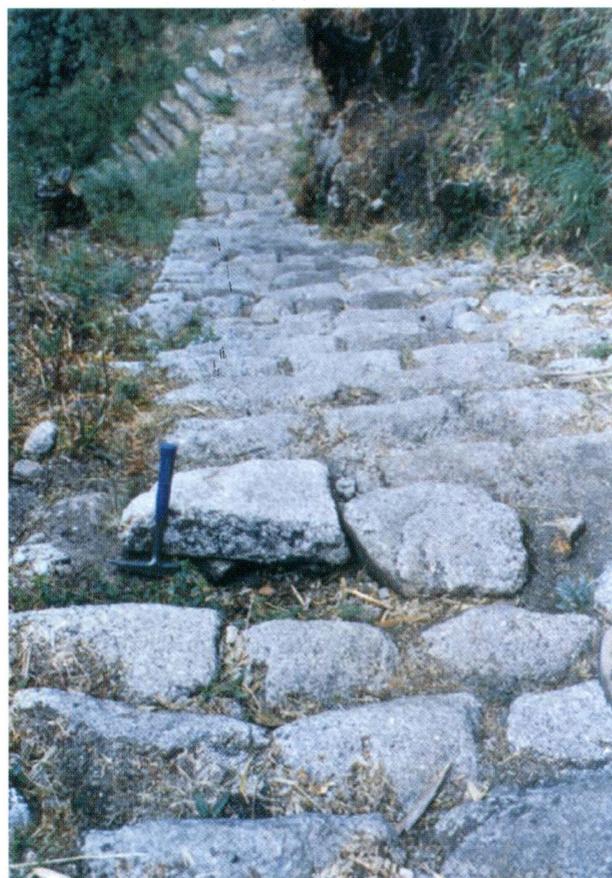


Foto 8.- Gradas con desprendimiento de peldaños en la bajada de Phuyupatamarca a Wiñaywayna.

Tramo Phuyupatamarca-Ciudad Inca de Machupicchu

En este sector la morfología es bastante accidentada, pues se halla en el flanco sur del valle de Urubamba. El sitio arqueológico de Phuyupatamarca está construido sobre depósitos coluviales de poco espesor, en una ladera empinada a muy empinada. Una cantera importante se ubica al sur de este sitio, encontrándose aún piedras en pleno proceso de labrado. De Phuyupatamarca (3600 msnm) a

Wiñaywayna (2680 msnm) el camino desciende sobre un acantilado bastante abrupto, constituyendo uno de los lugares mas hermosos, ya que el camino está constituido esencialmente de gradas que han sido construidas para salvar un talud rocoso muy empinado (Foto 8). Incluye una escalinata en forma de caracol o espiral diseñado para pasar una quebrada en la difícil topografía. Sin embargo, para llegar a Wiñaywayna se sigue utilizando un camino en zig zag en mal estado, a pesar de haberse puesto en valor el camino inca que va de Intipata al centro

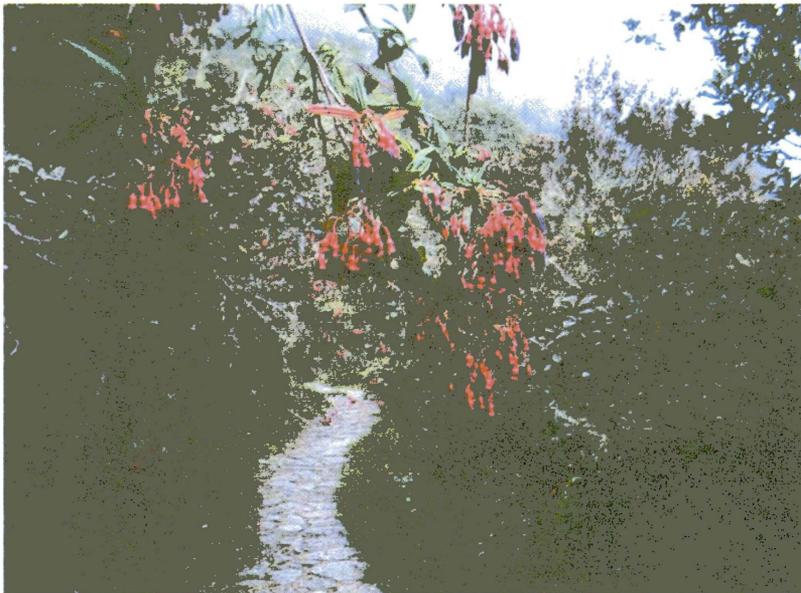


Foto 9.- Camino en el trecho Wiñaywayna-Intipuku mostrando la belleza de la flora nativa.

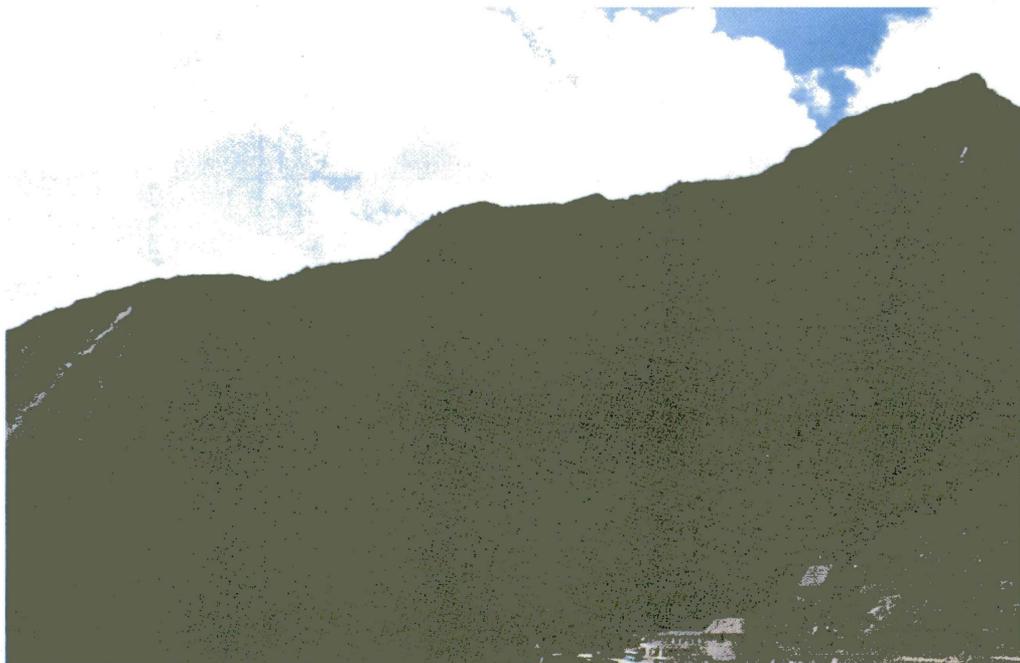


Foto 10.- Deslizamiento del cerro Machupicchu por donde pasan las últimas zonas del camino inca.

de visitantes de Wiñaywayna y luego al sitio arqueológico del mismo nombre.

El sitio arqueológico de Wiñaywayna (2650 msnm) se ubica en una ladera bastante accidentada y constituye un bello sector por las construcciones impresionantes de andenerías y fuentes de agua denominadas Fuentes Litúrgicas. Este sitio está construido sobre depósitos coluviales y roca estable. El sitio arqueológico de Intipata (2800 msnm) están emplazado sobre una ladera bastante abrupta, compuesto por depósitos coluviales y caos graníticos. El trecho que va del centro de visitantes Wiñaywayna a Intipunku (2720 msnm) muestra un relieve de ladera con fuerte pendiente sobre depósitos coluviales (Foto 9), pero el camino sigue casi sobre la misma cota. En Intipunku afloran granitos muy fracturados en un relieve empinado. De Intipunku, el camino desciende por la ladera septentrional del cerro Machupicchu hasta llegar a la ciudad inca (2418 msnm). En este tramo el camino ha sido construido sobre una escarpa de deslizamiento (Foto 10), la que se halla en parte estabilizada por los incas mediante andenes. Al inicio del descenso, el camino corta afloramientos graníticos y depósitos coluviales que sufren constantes reactivaciones geodinámicas como la ocurrida el año 2006 y que interrumpió el acceso a la ciudad inca por varios meses (Cárdenas et al., 2006).

Metodología

En la evaluación geodinámica del Camino Inca Tradicional se ha seguido una metodología de estudio que se inició con la identificación,

inventario y cartografiado de los fenómenos geodinámicos o movimientos en masa. Luego, se ha realizado la clasificación y se ha obtenido el grado de sensibilidad frente a los fenómenos geodinámicos. Finalmente, se ha establecido el grado de peligrosidad geológica.

Identificación y cartografiado

A lo largo del camino se ha identificado, inventariado y cartografiado los fenómenos geodinámicos (Cuadro 2). Para el detalle se ha utilizado cinta métrica y mapa topográfico a escala 1:10,000, pero en los últimos estudios se ha utilizado el GPS. El cartografiado se presenta en mapas digitales, donde además, se mencionan los lugares más importantes y sitios arqueológicos (Figs. 4, 5, 6, 7). Los fenómenos reconocidos son erosión superficial (Fotos 2 y 5), erosión fluvial, derrumbes (Foto 4), deslizamientos (Foto 10), desprendimiento y caída de rocas, reptaciones, asentamientos, y sufusión (Foto 6). Este último término se define como hundimiento en suelos o caminos, por efecto del agua que hace perder material fino de la matriz o argamasa. En resumen, se han identificado 108 sitios con ocurrencias de fenómenos geológicos. El mayor número se halla en el tramo Phuyupatamarca-ciudad inca con 36 ocurrencias, y el menor en el tramo Pacaymayo-Phuyupatamarca con 20 ocurrencias. El tramo Qoriwayrachina-Wayllabamba tiene 21 ocurrencias y el tramo Wayllabamba-Pacaymayo tiene 31 ocurrencias.

Cuadro 2.- Evaluación de fenómenos geodinámicos del Camino Inca Tradicional mostrando como ejemplo la descripción de 4 puntos de un total de 108 sitios.

Sitios	Kilometraje	Roca suelo	Pe %	Fenómeno Geodinámico	E 2001	E 1994	Clasificación	S
1	km 0+180 km 0+360	al	D	der pab, ersu	R	R	Pd-ME-M	3
2	km 1+170 km 1+820	al	D	der an andenes	R	R	Pd-ME-M	3
3	km 1+820 km 2+080	al	D	des an pab par, ersu, erflu	R-B	R-M	Rg-D-A	2-3
4	km 2+080 km 2+100	al	D	der par, ersu	R-B	R-M	Pd-BA-B	4

Leyenda

Roca/suelo: al: aluvial.

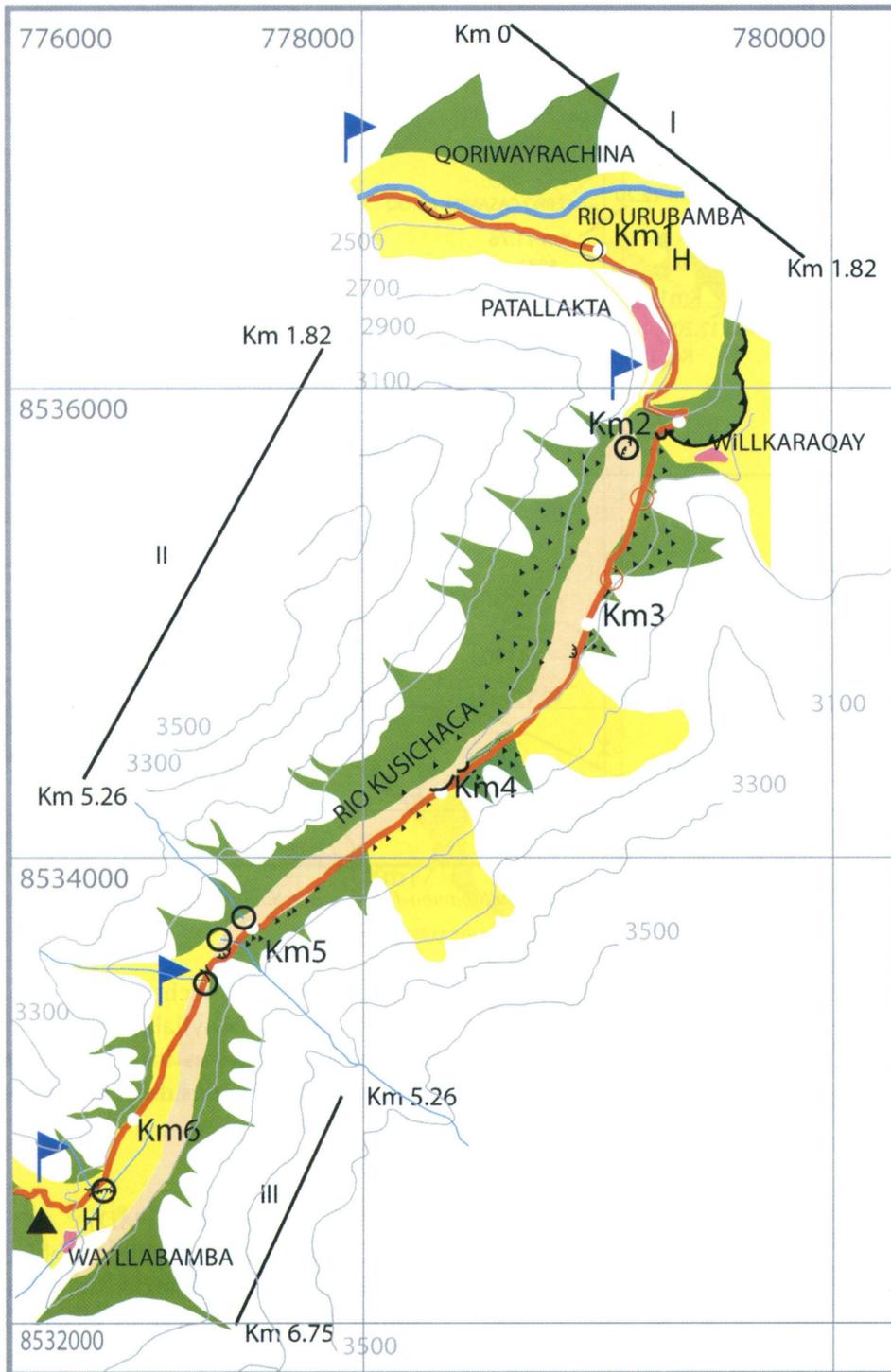
Pendiente (Pe): D: fuertemente inclinada (8-15 %).

Fenómeno geodinámico: ersu: erosión superficial, der: derrumbe, pab: pendiente abajo, par: pendiente arriba, Des: deslizamiento, an: antiguo, ac: activo, erflu: erosión fluvial.

Estado del camino (E): B: bueno, R: regular, M: malo.

Clasificación: Pd: Pequeña dimensión, Rg: Relativamente grandes, D: Destructivo, ME: Medio, BA: Bajo, A: Alto, M: Medio, B: Bajo.

Sensibilidad (S): Alta (S=2), Mediana (S=3), Baja (S=4).



LEYENDA		SIMBOLOGIA	
Coluvial / Escombros	Camino Inca Tradicional	Ríos	Derrumbe
Fluvial	Area de cámping	Puente	Deslizamiento
Aluvial	Sitio arqueológico	Laguna	Despr. de rocas
Fluvio Glaciar	Carretera H. Bingham	Limite de areas zonificadas	Erosión fluvial
Lacustre	Laguna		Reptación
Granito / granodiorita	Limite de areas zonificadas		Asentamiento
			Sufusión
			Aluvión

Figura 4.- Camino Inca Tradicional: Tramo Qoriwayrachina-Wayllabamba.

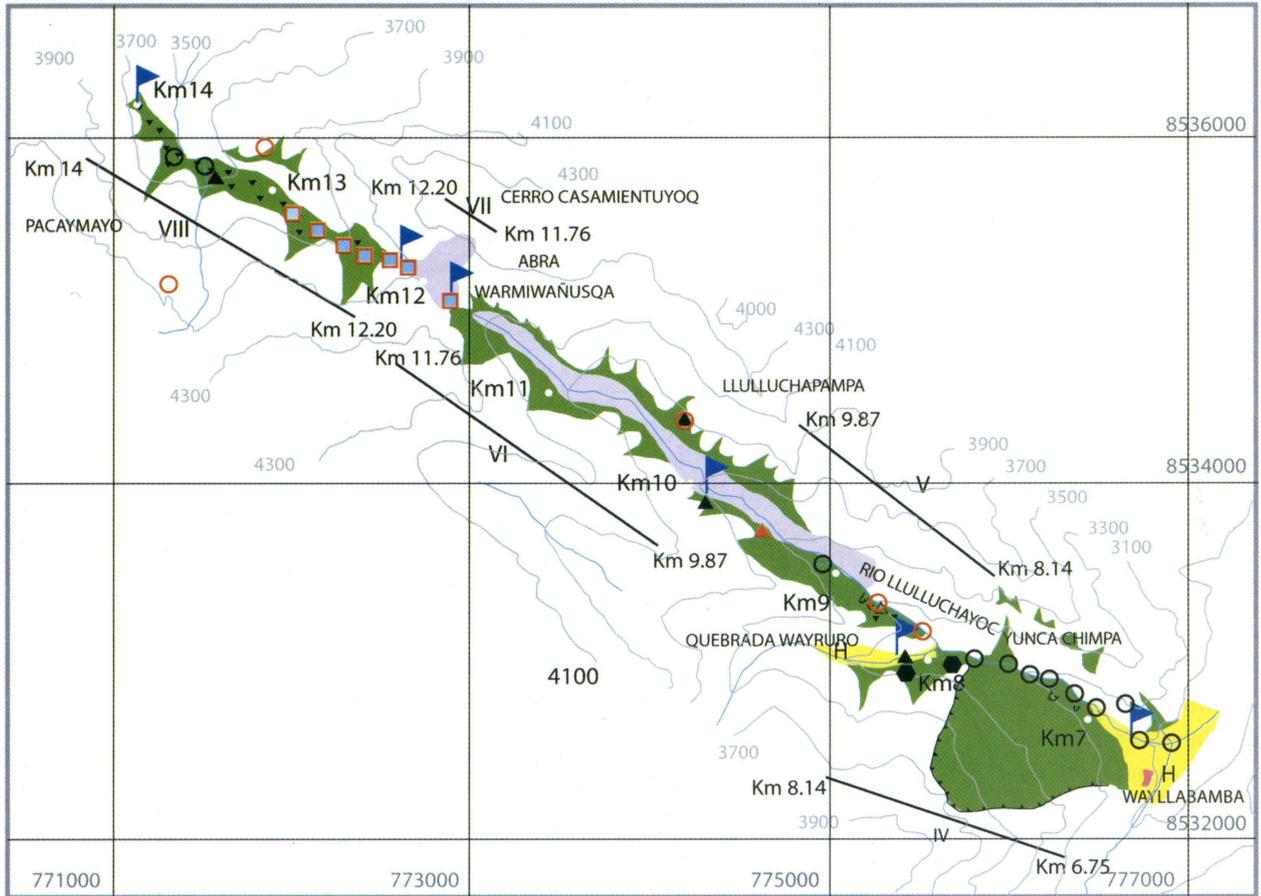


Figura 5.- Camino Inca Tradicional: Tramo Wayllabamba-Pacaymayo. Simbología y leyenda en la figura 4.

Clasificación, Sensibilidad y Pendiente

Para la clasificación, sensibilidad y pendiente se han tomado varios parámetros, los que están basados en el modelo propuesto por Bustamante (2000) y modificado por Cárdenas (2005) (Cuadro 2).

a. Clasificación

Para la clasificación se han considerado tres parámetros, el tamaño, la intensidad y la ocurrencia de los fenómenos geodinámicos.

- *Tamaño*

Pequeña Dimensión (Pd), con pequeño movimiento y dimensiones métricas, no crean muchos problemas de seguridad. Relativamente Grandes (Rg), con mayor capacidad de movimiento y dimensiones métricas a decamétricas, pueden crear problemas de seguridad. En el camino se han determinado 105 fenómenos de Pequeña Dimensión y 3 Relativamente Grandes. En el tramo Phuyupatamarca-ciudad inca se encuentra el mayor número de fenómenos de pequeña dimensión con 35, pero también, en este tramo se encuentra el fenómeno de mayor dimensión, el deslizamiento

del cerro Machupicchu (Foto 10). Los tramos Qoriwayrachina-Wayllabamba y Pacaymayo-Phuyupatamarca, son los que presentan el menor número de fenómenos de Pequeña Dimensión, solo 20.

- *Intensidad*

Muy destructiva (MD), es cuando hay destrucción total de centros poblados, obras de ingeniería y grandes extensiones de campos de cultivo. Destructiva (D), es cuando la destrucción es parcial en centros poblados, obras de ingeniería y campos de cultivo. Media (ME), es cuando hay destrucción de algunas viviendas de un centro poblado, daños parciales de obras de ingeniería y campos de cultivo. Baja (BA), es cuando hay daños menores, poco significativos en centros poblados y obras de ingeniería, y además, son fácilmente solucionables.

En general, en el camino inca predominan los fenómenos de intensidad Baja en 54 sitios, luego siguen los de intensidad Media con 37 y Destructivas con 17. En el tramo Wayllabamba-Pacaymayo se encuentra el mayor número de fenómenos

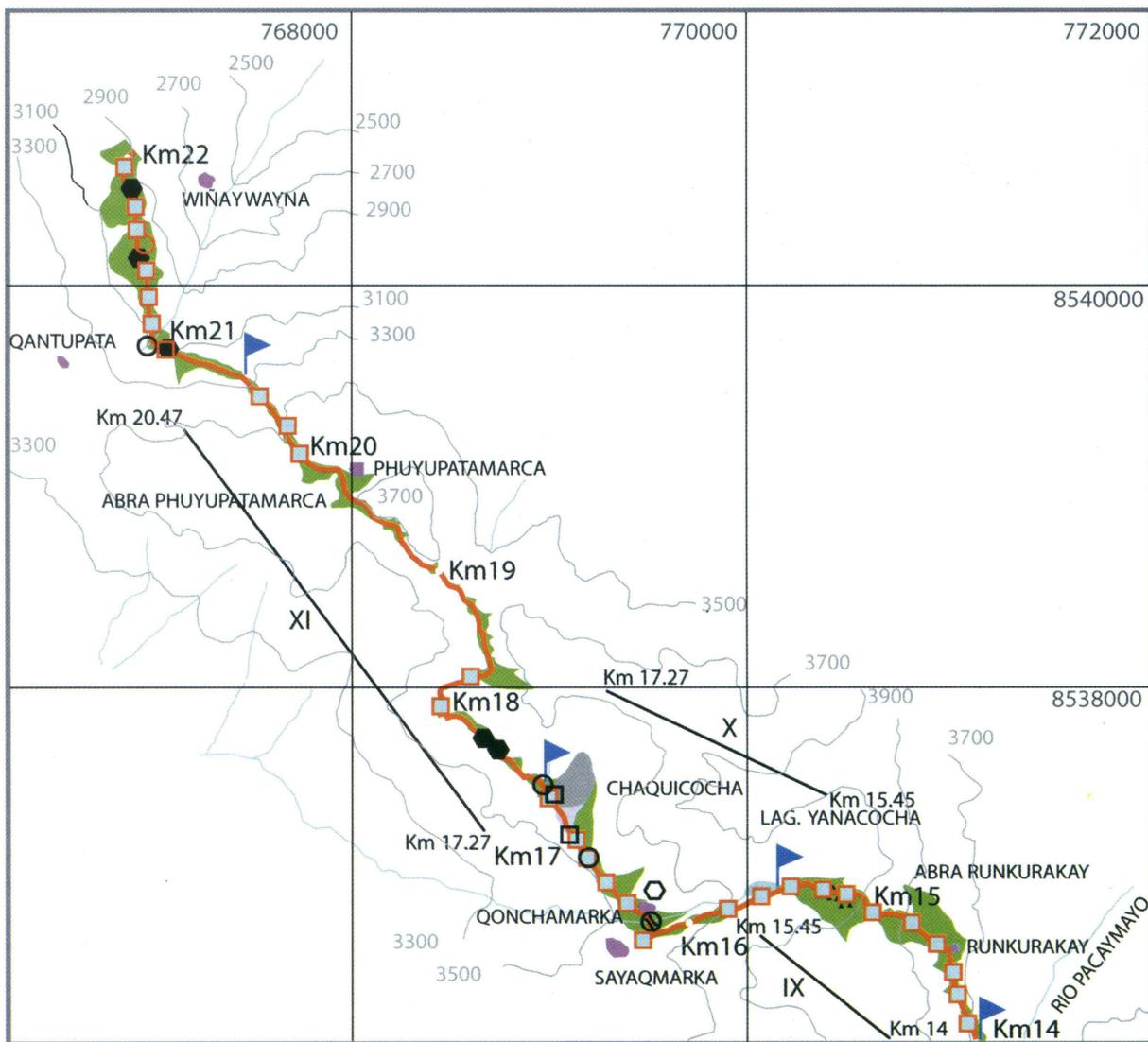


Figura 6.- Camino Inca Tradicional: Tramo Pacaymayo-Phuyupatamarca. Simbología y leyenda en la figura 4.

Destructivo (10). En la parte alta de la quebrada Pacaymayo, el 4 de Julio de 1993, se produjo un derrumbe con caída de bloques de granitos, de más de un metro de diámetro, que llegaron hasta el área designada a camping, constituyendo un peligro para los turistas que acampan en esta área (Foto 4). En los tramos Pacaymayo-Phuyupatamarca y Phuyupatamarca-ciudad inca se presentan el mayor número de fenómenos cuya intensidad es Baja, luego siguen los tramos Qoriwayrachina-Wayllabamba y Wayllabamba-Pacaymayo, con intensidad Media.

• *Ocurrencia*

Muy Alta (MA), cuando la ocurrencia es inminente y periódica con efectos catastróficos, relacionándose con la intensidad muy destructiva y destructiva. Alta (A) si la ocurrencia es inmediata y tiene antecedentes de reactivaciones periódicas,

correspondiendo a la intensidad destructiva. Media (M) cuando la evolución es lenta y con antecedentes esporádicos poco significativos, relacionándose con la intensidad media. Baja (B) si la evolución es muy lenta, con ocurrencia a muy largo plazo y de intensidad baja. En base a la ocurrencia del fenómeno, el mayor número corresponde a Baja con 54, luego a Media con 37, y en menor proporción Alta con 17. El mayor número de ocurrencia de fenómenos sucede en los tramos Wayllabamba-Pacaymayo y Phuyupatamarca-ciudad inca, en este último tramo ocurre el fenómeno más destacado por su ocurrencia y dimensiones, el deslizamiento del cerro Machupicchu (Foto 10).

b. *Sensibilidad*

La sensibilidad se obtiene de acuerdo a las características comunes que puedan tener

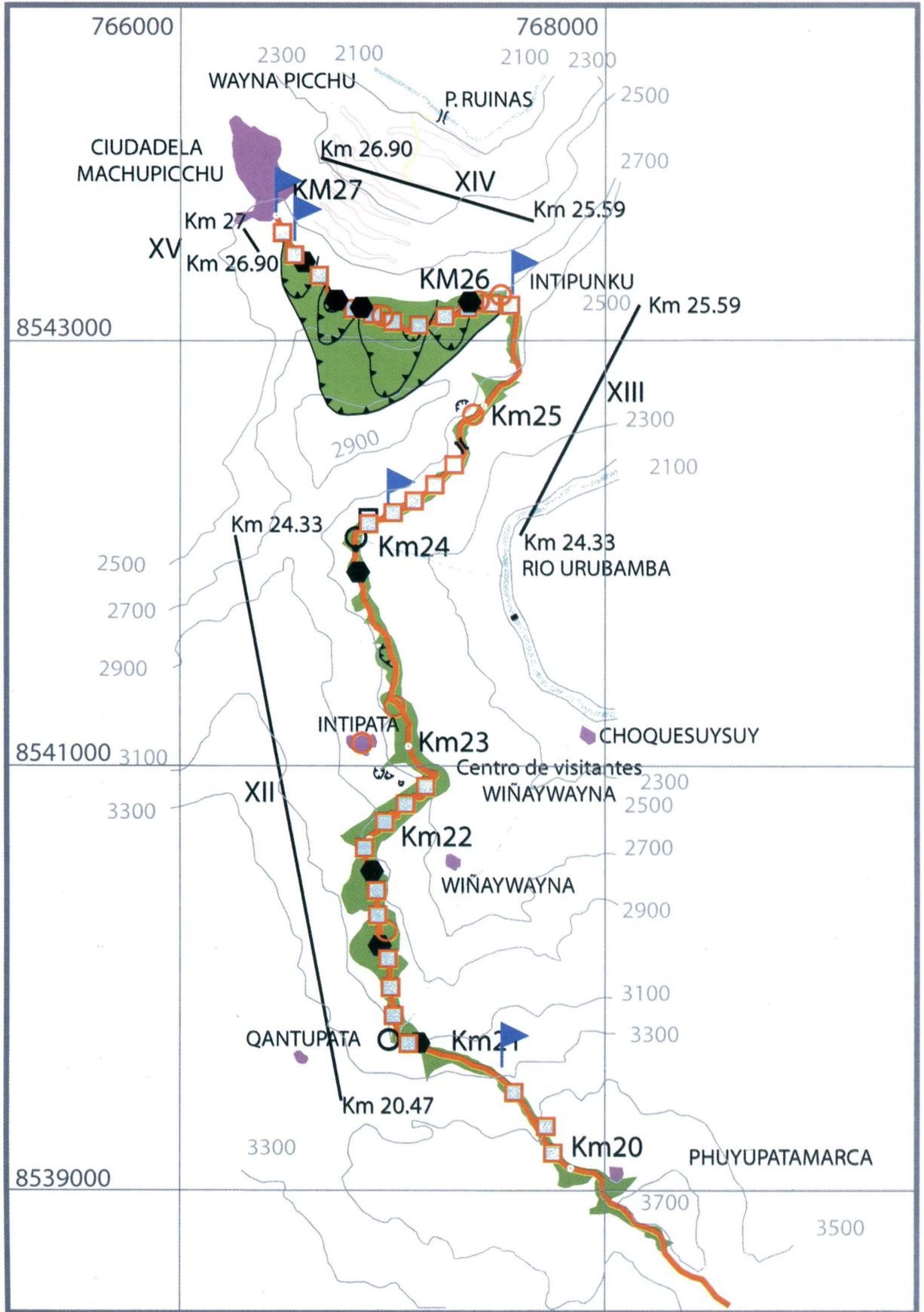


Figura 7.- Camino Inca Tradicional: Tramo Phuyupatamarca-Ciudad Inca de Machupicchu. Simbología y leyenda en la figura 4.

determinadas áreas del camino frente a los fenómenos geodinámicos, problemas geotécnicos, y la pendiente del terreno (INGEMMET, 1997).

Muy alta sensibilidad (S=1), áreas con fuertes problemas geológicos y geotécnicos. Las pendientes de las laderas son superiores a su límite crítico, afectados por intensa meteorización y fracturamiento que generan fenómenos de movimiento en masa. Alta sensibilidad (S=2), áreas con fenómeno geodinámico alto e intensidad variable. Debido a la fuerte pendiente de sus laderas ocasionan

daños a las obras civiles y centros poblados. Están afectados por frecuentes precipitaciones pluviales que favorecen la meteorización y fracturamiento, con pérdida de cohesión de la cubierta detrítica. Hay fluctuación del nivel freático que generan movimientos en masa. Mediana sensibilidad (S=3), áreas con ocurrencia de fenómenos geodinámicos que pueden ser atenuados con obras de drenaje y estabilización de suelos. Las pendientes son suaves a moderadas con nivel freático poco profundo que indica un alto grado de saturación de los suelos. Baja

Cuadro 3.- Zonas del Camino Inca Tradicional.

Kilometraje	PPA (mm)	Pe (%)	Roca / suelo	Fenómeno geodinámico	S	Zonas
km 0+000 km 1+820	1100	C-E	co, al	ersu, erflu	4	I
km 1+820 km 5+260	1100	D-E	co, esc, al. flu	erflu, der, dero, dero?	4 a 3	II
km 5+260 km 6+750	1100-1500	E-F	al, flu, co	erflu, der?, dero?, aluvión?	3 a 2	III
km 6+750 km 8+140	1500	E-F	co, p	des, ersu, erflu, der, dero?, aluvión?	3 a 2	IV
km 8+140 km 9+870	1500-1000	E-F	co, esc, p, g	erflu, der, ersu, dero?, des?	2 a 3	V
km 9+870 km 11+760	1000	F	co, flugla, g	ersu, dero, suf, der?	3 a 4	VI
km 11+760 km 12+200	1000	F	flugla, g	ersu, suf, dero?, der?	3	VII
km 12+200 km 14+000	1500-1900	F-G	co, esc, g	ersu, suf, dero, der?	3 a 2	VIII
km 14+000 km 15+450	1900-1500	F-D-G	co, esc, g	ersu, suf, dero?, der?	4	IX
km 15+450 km 17+270	1900	F-G	co, gla, la, g	ersu, suf, as, rep, as?, rep?	4	X
km 17+270 km 20+470	1900	G-F	co, g	ersu, suf, rep, as, dero?, rep?, as?	4 a 3	XI
km 20+470 km 24+330	1900-1950	F	co, g	suf, rep, ersu, as, as?, dero?	3 a 4	XII
km 24+330 km 25+590	1950	F	co, g	ersu, suf, der, dero, dero?, der?	3	XIII
km 25+590 km 26+900	1950	F	co	des, der, ersu, suf, dero, rep, as?	3 a 4	XIV
km 26+900 km 27+150	1950	F	co	suf	4	XV

Legenda

Precipitación promedio anual (PPA)

Pendiente (Pe): C: moderadamente inclinada (4-8%), D: fuertemente inclinada (8-15%), E: Moderadamente empinada (15-25%), F: empinada (25-50%), G: muy empinada (50-75%).

Roca/Suelo: co: coluvial, al: aluvial, g: granito, gla: glaciar, p: pizarra, flu: fluvial, esc: escombros, la: lacustre, flugla: fluvioglaciar.

Fenómeno geodinámico: ersu: erosión superficial, der: derrumbe, Des: deslizamiento, erflu: erosión fluvial, dero: desprendimiento de rocas, rep: reptación, suf: sufusión, as: asentamiento.

Sensibilidad (S): Alta (S=2), Mediana (S=3), Baja (S=4).

sensibilidad (S=4), áreas aparentemente favorables por tener superficies moderadamente onduladas. Se producen problemas de tipo litológico-estructural y geotécnico en presencia de fenómenos geológicos de poca magnitud. De escasa información (S=5), áreas con ausencia de fenómenos geodinámicos o con escasa información de su ocurrencia. Puntualmente, se pueden presentar problemas geotécnicos e hidrogeológicos.

En el camino inca predominan 56 sitios con sensibilidad Mediana, 48 con Baja sensibilidad y solo 18 con Alta sensibilidad.

c. Pendiente del terreno

Se ha realizado una clasificación de la pendiente del terreno para ayudar a zonificar áreas y luego establecer su grado de peligro geológico. Así se tiene la siguiente clasificación. A: plana (0-2%), B: ligeramente inclinada (2-4%), C: moderadamente inclinada (4-8%), D: fuertemente inclinada (8-15%), E: moderadamente empinada (15-25%), F: empinada (25-50%), G: muy empinada (50-75%).

Zonificación de peligros geológicos

Para la zonificación de los peligros geológicos, primeramente se han agrupado zonas con características similares basadas en la sensibilidad, geología, geodinámica, precipitación y pendiente, habiéndose determinado 15 zonas (Cuadro 3). Luego, se ha construido una matriz para poder cuantificar cada una de las zonas y establecer valores para el grado de peligrosidad (Cuadro 4). En efecto, se han cuantificado los parámetros como suelos-rocas y los fenómenos geodinámicos, dando valores más altos a aquellos que favorecen más la activación o reactivación de los fenómenos. Así mismo, se ha dado valores a las pendientes y precipitaciones, siendo mayores, aquellos que más inciden en la ocurrencia del fenómeno. Finalmente, se ha cuantificado los valores de la sensibilidad para cada zona.

En la matriz (Cuadro 4), la vertical muestra las 15 zonas establecidas previamente y en la horizontal los parámetros cuantificados, es decir, la precipitación, pendiente, roca-suelo, fenómenos geodinámicos, y sensibilidad. Los valores utilizados son de 1 a 4 para la precipitación, 1 a 5 para la pendiente, 1 a 8 para roca/suelo, 1 a 9 para los fenómenos geodinámicos, y 1 a 5 para la zonificación por sensibilidad. Luego se ha realizado la sumatoria o agregación para cada una de las zonas, habiéndose definido para el análisis los valores de 20 a 25 para peligro alto, 15 a 20 para

peligro medio, y de 10 a 15 para peligro bajo.

El peligro bajo caracteriza zonas donde hay la menor presencia de fenómenos geodinámicos de menor tamaño, menor ocurrencia, y menor sensibilidad; debidos a la menor pendiente y características litológicas menos favorables a los movimientos en masa, además de menor cantidad de agua producto de las lluvias. Aquí están comprendidas las zonas I, VI y VII, situadas en Patallakta, Llulluchapampa y Warmiwañusqa donde la topografía es menos accidentada y sobre suelos coluviales y aluviales bastante estables. Las intervenciones para mejorar el camino son simples y de fácil realización.

El peligro medio indica zonas con ocurrencia media de fenómenos geodinámicos, de mediana dimensión, y sensibilidad media, debido a una mayor pendiente, mayor presencia de suelos y rocas fracturadas, favorecidas por más cantidad de aguas de lluvia. La mayor parte de las áreas cae dentro esta clasificación y corresponden a las zonas II, III, IV, V, VIII, IX, X, XI, XII y XIII. Las intervenciones para las mejoras del camino dejan de ser simples y en algunos casos se requieren obras de ingeniería.

Peligro alto, corresponde a zonas con fuertes problemas geodinámicos debido a la mayor ocurrencia y tamaño de los fenómenos, los que afectan de manera crítica el camino inca. Estos se hallan favorecidos por tener pendientes empinadas asociada a rocas muy fracturadas o suelos poco consistentes para la estabilidad de taludes, y donde las altas precipitaciones favorecen la activación o reactivación los fenómenos geodinámicos. Solo se han identificado dos áreas con peligro alto, que corresponden a las zonas XIV y XV, ambas en relación al deslizamiento del cerro Machupicchu. En estas zonas son frecuentes la ocurrencia de fenómenos, como en Marzo del 2006, donde un derrumbe destruyó el camino e impidió, por dos meses, el paso de los visitantes que hacen camino inca, en el trayecto Wiñaywayna-ciudad inca. Igualmente el año 1995, otro derrumbe-deslizamiento dañó la carretera de ingreso a la ciudad inca por más de 2 meses. En estas zonas de peligro alto, la intervención y tratamiento son difíciles y costosos.

IMPACTO EN EL SISTEMA MEDIOAMBIENTAL DEL CAMINO INCA TRADICIONAL

Los especialistas en definir los procesos que provocan impacto ambientales significativos en el

Cuadro 4.- Matriz de calificación y determinación de peligro geológico en las 15 zonas del Camino Inca Tradicional.

Zonas	Kilometraje	PPA (mm)	Pe (%)	Roca / suelo	Fenómeno geodinámico	S	Agregación o sumatoria	Peligro geológico
I	km 0+000 km 1+820	1	2	5.5	1.5	2	12	Bajo
II	km 1+820 km 5+260	1	2.5	6.5	4	2.5	16.5	Medio
III	km 5+260 km 6+750	2	3.5	6.3	2	3.5	17.3	Medio
IV	km 6+750 km 8+140	2	3.5	4	4.5	3.5	17.5	Medio
V	km 8+140 km 9+870	1.5	3.5	4	3.3	3.5	15.8	Medio
VI	km 9+870 km 11+760	1	4	3.6	2.6	2.5	13.7	Bajo
VII	km 11+760 km 12+200	1	4	2.5	2.5	3	13	Bajo
VIII	km 12+200 km 14+000	3	4.5	4.6	2.6	3.5	18.2	Medio
IX	km 14+000 km 15+450	3	5.5	4.6	2.5	2	17.6	Medio
X	km 15+450 km 17+270	4	4.5	3.5	4	2	18	Medio
XI	km 17+270 km 20+470	4	4.5	3.5	4	2.5	18.5	Medio
XII	km 20+470 km 24+330	4	4	3.5	4	2.5	18	Medio
XIII	km 24+330 km 25+590	5	4	3.5	3.7	3	19.2	Medio
XIV	km 25+590 km 26+900	5	4	6	4.8	2.5	22.3	Alto
XV	km 26+900 km 27+150	5	4	6	4	2	21	alto

Escala de valores

Precipitación: 1 (1000-1100 mm), 2 (1100-1500mm), 3 (1500-1900mm), 4 (1900-2000mm)

Pendiente: 1 (C), 2 (D), 3 (E), 4 (F), 5 (G)

Fenómeno geodinámico: 1 (ersu), 2 (erflu), 3 (dero), 4 (suf), 5 (as), 6 (rep), 7 (der), 8 (Des), 9 (al)/dividido entre numero de ocurrencias.

Roca/Suelo: 1 (g), 2 (p), 3 (gla), 4 (la-flugla), 5 (al), 6 (co), 7 (esc), 8 (flu)/ dividido entre el numero de tipo de roca o suelo.

Sensibilidad (S): 2 (Baja), 3 (Mediana), 4. (Alta).

Peligro geológico: alto (25-20), Mediano (20-15), Bajo (15-10).

camino inca indican algunas acciones en el sistema biológico, socio-económico-cultural, así como en el sistema físico, donde solamente se nombra la problemática en el desagüe de los humedales, así como en el desequilibrio de los regimenes hidrológicos (Ochoa & Trujillo, 2000; Galiano, 2000; Cuadro 5), no habiendo considerado los factores geológicos y de geodinámica externa. Sin embargo, los resultados presentados, es decir la evaluación geológica del Camino Inca Tradicional

muestra que los procesos que provocan impactos negativos importantes en la conservación del camino, están relacionados a los fenómenos geodinámicos ó movimientos en masa, y a la erosión superficial que afectan laderas de las montañas donde se emplaza el camino inca. Por otro lado, cualquier alteración que se produzca independientemente en el sistema físico, biológico y socio-económico-cultural, repercutirá necesariamente sobre el otro y viceversa. Es extremadamente difícil poder

Cuadro 5.- Acciones que provocan impactos ambientales significativos (Ochoa y Trujillo, 2000; Galiano, 2000).

Sistema	Actividades
Físico	- Desagüe inducido de humedales (Yanacocha, Chaquicocha, Wiñaywayna, etc.). - Desequilibrio de los regímenes hidrológicos- Uso inadecuado de aguas superficiales.
Biológico	- Deforestación de bosques y vegetación nativa de la región. - Alteración del hábitat de la fauna silvestre.
Socio-económico cultural	- Uso y seguridad inadecuada de áreas de camping. - Instalación de elementos ajenos a la naturaleza (torres, antenas, etc.). - Uso y manejo inadecuado de nuevas vías de acceso y grupos arqueológicos (trochas, carreteras, caminos, etc.). - Tugurización de áreas pobladas (Qoriwayrachina, Wayllabamba, Wiñaywayna). - Construcción de infraestructuras (hotel, servicios higiénicos, casetas de control, etc.). - Manejo inadecuado de los residuos sólidos. - Sobreestimación de la capacidad de carga. - Los incendios forestales que causan daños irreversibles a la flora y fauna silvestres. - El uso y manejo inadecuado de la agricultura (p.e. uso de fertilizantes y químicos) que afectan el suelo y agua. - La presencia de ganado exótico (vacuno, caprino, equino y porcino), que afecta al suelo, flora y fauna silvestres.

predecir de forma genérica las alteraciones que se puedan producir, sin embargo, en el medio físico, particularmente relacionado a la geología, se puede prevenir o minimizar los posibles impactos que puedan suceder en la conservación natural y cultural de un área natural protegida como es el Santuario Histórico de Machupicchu, y particularmente del Camino Inca Tradicional.

Las evaluaciones geodinámicas realizadas a lo largo del camino inca los años 1994, 2001 y 2006, confirman que existen procesos geológicos que provocan impactos ambientales en la conservación del camino. La ocurrencia de movimientos en masa, pueden afectar principalmente la seguridad de los visitantes, áreas de camping, infraestructuras recientes, estabilidad de suelos y rocas, conservación de sitios arqueológicos, y finalmente provocar impactos en la belleza escénica del paisaje natural y cultural.

Identificación y evaluación de impactos ambientales en el Camino Inca Tradicional

Para la identificación y evaluación de impactos ambientales en el camino inca se ha utilizado la matriz de Leopold (1971) y matrices causa-efecto.

Matriz de Leopold

En esta matriz se observa, en la horizontal, un listado de procesos naturales y acciones antrópicas negativas que están relacionadas a la problemática de la zona de estudio. En la vertical se muestra un listado de los factores ambientales impactados (Cuadro 6). Luego de evaluar la relación entre estos, se ha sumado el número de aspas de las celdillas,

a lo largo de las filas y columnas analizadas. Para los procesos naturales y acciones antrópicas, se ha tomado en cuenta, la agregación de resultados ≥ 14 ; mientras que para los factores ambientales impactados, se ha tomado en cuenta, la agregación de resultados ≥ 12 .

Los procesos naturales y acciones antrópicas que causan mayor impacto están referidas a la excesiva capacidad de carga con un valor de 17; luego la activación y reactivación de fenómenos geodinámicos, acumulación de residuos, ganadería y pastoreo, instalaciones de áreas de camping, incendios, construcciones, todas con un valor de 16. Con un valor de 14 están la introducción de flora y fauna exótica y deforestación. Los factores ambientales impactados se relacionan, primero, a las especies en peligro de la flora y fauna con un valor de 14, luego suelos, sitios históricos o arqueológicos, con un valor de 13, y finalmente la estabilidad de taludes, pérdida de terrenos, pérdida de cobertura vegetal, vistas escénicas y panorámicas, y rasgos físicos singulares, todos con un valor de 12. Del análisis de la matriz se aprecia que los aspectos relacionados a la geodinámica y actividades antrópicas deben ser tomados en cuenta en la identificación de impactos ambientales en el Camino Inca Tradicional.

Matriz causa-efecto

Después de haber identificado los impactos ambientales negativos más significativos en el camino inca mediante la matriz de Leopold, se ha utilizado, para cada tramo, una matriz causa-efecto (Cuadros 7 al 10) que valoriza las

PROCESOS NATURALES Y ACCIONES ANTROPICAS FACTORES AMBIENTALES IMPACTADOS		PROCESOS NATURALES Y ACCIONES ANTROPICAS														
		Introd. de fauna y flora exótica	Modificación de hábitat	Incendios	Construcciones	Instalaciones de áreas de camping	Agricultura	Ganadería y pastoreo	Generación de energía	Paisajismo	Deforestación	Senderos	Acumulación de residuos	Fosas sépticas	Activac. o reactiv. de fenómenos geodinámicos	Excesiva capacidad de carga
Suelo	Suelos	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	13
agua	superficial	x			x	x	x	x	x			x	x	x	x	11
	subterránea	x			x	x	x		x	x		x	x		x	10
	Calidad	x	x	x		x			x	x		x	x	x	x	11
Atmósfera	Calidad			x	x				x			x				5
Procesos	Compactación y asentamiento	x		x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	11
	Estabilidad de taludes	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	12
Flora	Pérdida de cobertura vegetal	x		x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	12
	Especies en peligro	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	14
Fauna	Especies en peligro	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	14
Usos de suelo	Perdida de terrenos	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	12
Recreo	Camping y excursionismo	x		x	x	x	x		x		x	x		x	x	11
	Instalaciones de recreo	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	11
Estética	Vistas escénicas y panorámicas			x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	12
	Rasgos físicos singulares			x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	12
	Sitios históricos o arqueológicos	x		x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	13
Inst. y actividad.	Construcciones			x	x		x		x					x	x	5
	Redes de transporte	x		x					x		x	x		x	x	8
	Agregación de resultados	14	4	16	16	16	10	7	14	13	16	9	16	17	17	197

Cuadro 6.- Identificación de impactos ambientales en el Camino Inca Tradicional, basado en la matriz de Leopold (1971).

interrelaciones de cada variable con cada factor ambiental. Estas valorizaciones están sustentadas en medidas cuantitativas que consideran un único valor, utilizando para ello una escala de valoración relativamente abstracta de fácil interpretación. En efecto, en la vertical, en procesos naturales y acciones antrópicas, se ha priorizado los procesos naturales que mas ocurren en el camino, así como las actividades antrópicas de mayor relevancia negativa, versus los factores ambientales impactados. Luego, se utilizó una escala de valores de 1 a 5, que va desde bajo a alto impacto negativo respectivamente. Esto nos ha servido para valorizar cuantitativamente la relación entre procesos naturales-acciones antrópicas y los factores ambientales impactados. Luego, se ha realizado la agregación o sumatoria de valores en la vertical y horizontal, habiéndose considerado para el análisis, la agregación de ≥ 62 para los factores ambientales impactados, ≥ 40 para los fenómenos geodinámicos; y ≥ 53 para las actividades antrópicas.

Tramo Qoriwayrachina-Wayllabamba (Cuadro 7)

Los factores ambientales más impactados, en orden de importancia, son deterioro de los suelos (69), estabilidad de taludes (66), seguridad de sitios arqueológicos (63), alteración de rasgos físicos singulares (63), disminución de vistas escénicas y panorámicas (62) y pérdida de cobertura vegetal (62). Los fenómenos geodinámicos que más impactos causan en los elementos ambientales son los aluviones (61), deslizamientos (52), erosión fluvial (52), erosión superficial (51), derrumbes (48) y desprendimiento de rocas (42). Las actividades antrópicas que más impactos causan en los elementos ambientales son construcciones e instalación de postes (55), deforestación (54), introducción de flora y fauna exótica (54), instalación y actividades en áreas de camping (54), excesiva capacidad de carga (54), incendios (53) y generación de residuos (53). Cabe destacar que la deforestación, generación de residuos sólidos y excesiva capacidad de carga, se presentan a lo largo de todo el camino inca.

Por el turismo y por la existencia de muchos sitios arqueológicos, se ejerce un fuerte impacto negativo sobre los suelos, ya que en este tramo es donde se unen otros dos caminos incas. También en este tramo, se ejerce un fuerte impacto ambiental en el paisaje con la presencia de bosques exóticos de eucaliptos y torres de conducción eléctrica, así como la presencia de acémilas que erosionan los suelos de laderas y especialmente del camino inca. Es necesario mencionar que la deforestación y la

ocurrencia de incendios son debido a las actividades antrópicas de turismo y actividades de las poblaciones de Qoriwayrachina y Wayllabamba.

Otra variable, sobre la cual se impacta, es la estabilidad de taludes, debido al valle del río Kusichaca, que es relativamente estrecho y por la constante erosión que ejercen sus aguas. Esta acción del río, produce la activación o reactivación de otros fenómenos geológicos, como deslizamientos, debido al tipo de suelo poco resistente, presencia de roca muy alterada y fracturada, pendientes empinadas, y además las abundantes precipitaciones, entre las principales.

Tramo Wayllabamba-Pacaymayo (Cuadro 8)

Los factores ambientales más impactados, en orden de importancia, son el deterioro de los suelos (69), estabilidad de taludes (67), alteración de rasgos físicos singulares (65), seguridad de sitios arqueológicos (64), disminución de vistas escénicas y panorámicas (63), pérdida de terrenos (63), y pérdida de cobertura vegetal (62). Los fenómenos geodinámicos que más impactos causan en los elementos ambientales son los aluviones (59), erosión fluvial (55), deslizamientos (52), erosión superficial (51), derrumbes (44) y desprendimiento de rocas (42). Las actividades antrópicas que más impactos causan en los elementos ambientales son la instalación y actividades en áreas de camping (57), deforestación (55), introducción de flora y fauna exótica (55), construcciones e instalación de postes (55), excesiva capacidad de carga (54), e incendios (53).

Las actividades antrópicas influyen en el deterioro de los suelos del camino inca o sus laderas, ya sea debido a las actividades turísticas o actividades de los pobladores de las comunidades de Wayllabamba. Otra problemática muy negativa es la existencia de dos áreas de camping, situadas en un valle muy estrecho, que se hace inestable, debido a la deforestación de vegetación nativa, utilizada como leña para fogatas, y a los cortes de talud para construcción de terrazas, ampliación de áreas de camping y construcción de servicios higiénicos que alteran el paisaje. En una parte de este tramo, todavía se utilizan acémilas como medio de transporte de carga, las que intervienen en la destrucción del camino inca.

Otra problemática, es la erosión que ejerce el río Lulluchayoc sobre las laderas de la quebrada, que es uno de los principales agentes de inestabilidad de taludes, que muchas veces provocan derrumbes en

Cuadro 7.- Evaluación de impacto ambiental en el tramo Qorirwayrachina-Wayllabamba.

Procesos naturales y acciones antrópicas		Fenómenos Geodinámicos										Actividades Antrópicas						SUMA			
Sistema	Componente ambiental	Elementos o atributos	Fenómenos Geodinámicos										Actividades Antrópicas						SUMA		
			Deslizamiento	Derrumbe	Aluvión	Erosión fluvial	Desprendimiento de rocas	Erosión superficial	Reptación	Asentamiento-sufusión	Introducc. de flora y fauna exótica	Instalac. y actividades en áreas de camping	Incendios	Generación de residuos sólidos	Construcciones e instalac. de postes	Deforestación	Accesos y sitios arqueológicos nuevos	Excesiva capacidad de carga			
MEDIO GEOBIOSFICO	Suelo	Deterioro de los suelos	4	4	5	5	2	5	4	3	5	4	5	4	5	5	4	4	5	69	
		agua	Superficial-subterránea	3	3	4	3	2	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	5	54
			caudal	4	3	5	4	1	2	1	1	1	3	1	2	3	1	1	3	3	36
	Flora	Calidad	1	1	2	2	1	4	1	1	4	5	1	5	2	1	4	4	4	40	
		Pérdida de cobertura vegetal	4	4	4	4	4	4	2	1	5	5	5	4	4	5	3	4	4	62	
		Pérdida de diversidad	3	3	4	3	2	3	1	1	4	4	4	4	3	4	2	3	4	48	
	Fauna	Alteración del hábitat	4	3	4	4	3	4	3	1	4	4	4	5	4	5	3	4	4	59	
		Disminución de población	3	2	3	3	2	4	2	1	4	3	4	4	4	4	2	3	4	48	
		Estabilidad de taludes	5	5	5	4	5	4	3	4	4	4	3	5	3	4	5	3	4	66	
	Paisaje	Disminución de vistas escénicas y panorámicas	4	4	5	4	3	3	3	3	3	4	4	5	4	5	3	4	4	62	
Alteración de rasgos físicos singulares		4	4	5	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	63		
Pérdida de terrenos		4	3	5	5	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	61		
MEDIO SOCIO ECON. Y CULTURAL	Recreo	5	5	5	3	5	3	3	3	3	3	3	3	4	1	4	4	4	56		
	Cultural	4	4	5	4	5	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	5	63		
SUMA			52	48	61	52	42	51	35	31	54	54	53	53	55	54	38	54			

Escala de valores

1: Bajo impacto negativo, 2: Ligero impacto negativo, 3: Moderado impacto negativo, 4: Severo impacto negativo, 5: Alto impacto negativo

Cuadro 8.- Evaluación de impacto ambiental en el tramo Wayllabamba-Pacaymayo.

Procesos naturales y acciones antrópicas		Fenómenos Geodinámicos											Actividades Antrópicas							SUMA			
		Deslizamiento	Derrumbe	Aluvión	Erosión fluvial	Desprendimiento de rocas	Erosión superficial	Reptación	Asentamiento-sufusión	Introduc. de flora y fauna exótica	Instalac. y actividades, en áreas de camping	Incendios	Generación de residuos sólidos	Construcciones e instalac. de postes	Deforestación	Accesos y sitios arqueológicos nuevos	Excesiva capacidad de carga						
Sistema	Componente ambiental	Elementos o atributos																		SUMA			
MEDIO SOCIO ECON. Y CULTURAL	Suelo	Deterioro de los suelos	4	4	5	5	2	5	4	3	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	5	69	
		agua	Superficial-subterránea	3	3	4	4	2	4	3	3	4	3	2	2	5	4	3	3	4	3	4	56
			caudal	4	3	5	4	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	3	35
	Flora	Calidad	1	1	1	2	1	4	1	1	4	1	1	1	4	5	1	5	2	1	5	40	
		Pérdida de cobertura vegetal	4	3	4	4	4	4	2	2	5	5	5	5	4	4	4	5	3	4	4	62	
		Pérdida de diversidad	3	2	4	3	2	3	1	1	5	4	4	4	4	4	3	5	2	3	3	49	
		Alteración del hábitat	4	2	4	4	2	4	3	1	4	4	5	4	4	4	4	5	3	4	4	57	
	Fauna	Disminución de población	3	2	3	3	2	3	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	1	3	3	46	
		Estabilidad de taludes	5	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	2	4	5	4	4	4	4	67	
	Paisaje	Disminución de vistas escénicas y panorámicas	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	5	4	5	4	3	4	4	63	
Alteración de rasgos físicos singulares		4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	65		
Usos suelo	Pérdida de terrenos	4	3	5	5	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3	63		
	Seguridad física áreas camping	5	5	5	4	5	3	3	4	3	4	4	5	1	1	4	4	4	4	4	60		
	Cultural	4	4	5	4	5	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	64		
SUMA		52	44	59	55	42	51	39	34	55	57	53	52	55	55	53	39	54	54	54			

Escala de valores

1: Bajo impacto negativo, 2: Ligero impacto negativo, 3: Moderado impacto negativo, 4: Severo impacto negativo, 5: Alto impacto negativo

las márgenes de estas. En parte de este tramo afloran rocas y suelos poco resistentes y poco compactos, que los hacen muy inestables y propensos a la aparición de otros fenómenos geodinámicos, los que son activados también por la pendiente moderada al pie de las montañas y muy empinada en la cima de los mismos, las fuertes precipitaciones, y las acciones relacionadas a las actividades antrópicas. Finalmente, la zona de camping en la parte alta del valle Llulluchayoc es también peligrosa pues está al pie de conos de escombros antiguos que pueden reactivarse y producir caída de bloques de granitos, tal como se aprecia hoy en día.

Tramo Pacaymayo-Phuyupatamarca (Cuadro 9)

En orden de importancia, los factores ambientales más impactados son estabilidad de taludes (67), seguridad de sitios arqueológicos (67), deterioro de los suelos (65), disminución de vistas escénicas y panorámicas (64), alteración de rasgos físicos singulares (64) y pérdida de cobertura vegetal (60). Los fenómenos geodinámicos que más impactos causan en los elementos ambientales son erosión superficial (55), derrumbes (48), reptación (48), asentamiento/sufusión (46), deslizamientos (45), desprendimiento de rocas (40), y erosión fluvial (40). Las actividades antrópicas que más impactos causan en los elementos ambientales son incendios (55), deforestación (55), instalación y actividades en áreas de camping (55), generación de residuos sólidos (53), excesiva capacidad de carga (53), e introducción de flora y fauna exótica (53).

Los factores ambientales más impactados, corresponden al deterioro del suelo e inestabilidad de taludes a lo largo del camino inca, esto debido a los cortes de talud con el fin de ampliar la plataforma del camino. Otro factor ambiental impactado es la seguridad de sitios arqueológicos, ya que en este tramo se encuentran sitios arqueológicos como Runkurakay, Sayaqmarka, Qonchamarka, así como el camino con lajas originales y terraplenes artificiales incas, que están expuestos a la erosión y destrucción ya sea natural o antrópica. El fenómeno geodinámico que más afecta este tramo, es la erosión superficial favorecida por la escasa cobertura vegetal propia de la zona. En el intervalo Sayaqmarka-Phuyupatamarca, la cobertura vegetal es mucho mayor, pero con suelos de pequeño espesor que descansan sobre granitos fracturados e intemperizados, razón por la cual, es afectado por fenómenos geodinámicos de movimiento lento y de pequeña dimensión como reptaciones y derrumbes, que pueden provocar la pérdida de suelos o su

deterioro. En este último trecho, también se ha observado que las rocas graníticas, a parte de estar muy fracturadas, se encuentran muy intemperizadas en proceso de arenación, debido a factores geológicos y climatológicos. Otro fenómeno que afecta el camino inca, es la sufusión, que se acentúa por las fuertes precipitaciones, excesiva capacidad de carga que soporta el camino y además, que los visitantes, para sus caminatas utilizan zapatos con plantas no recomendables y en otros casos bastones en punta, lo que ocasiona daños en el empedrado del camino. Estos problemas se agravan por la falta de drenaje y mantenimiento constante del camino. Una medida muy importante en estos últimos años, es el cierre del camino inca en el mes de marzo, que podría ampliarse a toda la temporada de lluvias intensas. Las actividades antrópicas toman un protagonismo negativo con respecto a los incendios, como el último registrado en 1997, que afectó una parte del camino inca y de la ciudad inca. Los incendios son los que más impactan en el medio ambiente, ya que a la par de la pérdida de la cobertura vegetal nativa, se pierde la fauna silvestre o se altera el hábitat de estos, con la reducción de sus espacios de residencia. Otras causas no menos importantes son las actividades realizadas por los visitantes en número excesivo, y consecuentemente con aumento de la generación de residuos sólidos y de la deforestación, que incide en el deterioro del suelo, pérdida de terrenos y cobertura vegetal, que son condiciones que aceleran la formación de fenómenos geodinámicos.

Tramo Phuyupatamarca-Ciudad Inca de Machupicchu (Cuadro 10)

Los factores ambientales más impactados, en orden de importancia, son deterioro de los suelos (70), estabilidad de taludes (70), disminución de vistas escénicas y panorámicas (69), alteración de rasgos físicos singulares (69), seguridad de sitios arqueológicos (69) y pérdida de cobertura vegetal (62). Los fenómenos geológicos que más impactos causan en los elementos ambientales son deslizamientos (57), erosión superficial (51), derrumbes (51), desprendimiento de rocas (48), asentamiento-sufusión (45), reptación (44), y Aluvión (40). Las actividades antrópicas que más impactos causan en los elementos ambientales son incendios (58), construcciones e instalación de postes (56), introducción de flora y fauna exótica (56), instalación y actividades en áreas de camping (56), deforestación (55), exceso de capacidad de carga (55), y generación de residuos (53).

Cuadro 9.- Evaluación de impacto ambiental en el tramo Pacaymayo-Phuyupatamarca.

Procesos naturales y acciones antrópicas			Fenómenos Geodinámicos										Actividades Antrópicas							SUMA
Sistema	Componente ambiental	Elementos o atributos	Fenómenos Geodinámicos										Actividades Antrópicas							Excesiva capacidad de carga
			Deslizamiento	Derrumbe	Aluvión	Erosión fluvial	Desprendimiento de rocas	Erosión superficial	Reptación	Asentamiento-sufusión	Introducc. de flora y fauna exótica	Instalac. y actividades en áreas de camping	Incendios	Generación de residuos sólidos	Construcciones e Instalac. de postes	Deforestación	Accesos y sitios arqueológicos nuevos			
MEDIO GEOBIOSICO	Suelo	Deterioro de los suelos	3	4	3	3	2	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4	5	65	
		agua	Superficial-subterránea	3	3	3	2	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	52
			caudal	3	3	3	2	1	2	1	1	1	3	1	2	2	1	1	3	30
		Calidad	1	1	1	1	1	4	1	1	4	4	4	1	5	4	2	1	4	36
	Flora	Pérdida de cobertura vegetal	3	4	3	3	3	4	3	2	2	5	5	4	4	5	3	4	60	
		Pérdida de diversidad	3	3	3	2	2	3	2	2	4	4	4	4	4	3	5	2	50	
	Fauna	Alteración del hábitat	3	3	3	3	3	4	3	2	4	4	5	4	4	5	3	4	57	
		Disminución de población	3	2	2	3	2	4	2	2	3	3	4	4	3	4	2	3	46	
	Geología	Paisaje	Estabilidad de taludes	4	5	3	3	4	5	4	5	4	5	3	5	5	4	4	67	
			Disminución de vistas escénicas y panorámicas	4	4	3	3	3	4	5	5	4	4	5	4	5	4	3	4	64
MEDIO SOCIO ECON. Y CULTUR.	Usos suelo	Alteración de rasgos físicos singulares	4	4	3	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	4	3	3	64	
		Pérdida de terrenos	3	3	2	3	3	4	5	4	4	4	4	5	4	4	3	3	58	
	Recreo Cultural	Seguridad física áreas camping	4	5	2	3	5	4	5	5	3	4	5	1	1	4	4	4	59	
		Seguridad de sitios arqueológico (caminos, andenes, recintos, etc)	4	4	3	3	5	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	67	
SUMA			45	48	37	40	40	55	48	46	53	55	53	52	55	40	53	53		

Escala de valores
 1: Bajo impacto negativo, 2: Ligero impacto negativo, 3: Moderado impacto negativo, 4: Severo impacto negativo, 5: Alto impacto negativo

Cuadro 10.- Evaluación de impacto ambiental en el tramo Phuyupatamarca-Ciudad Inca de Machupicchu

Procesos naturales y acciones antrópicas			Fenómenos Geodinámicos										Actividades Antrópicas							SUMA
Sistema	Componente ambiental	Elementos o atributos	Deslizamiento	Derrumbe	Aluvión	Erosión fluvial	Desprendimiento de rocas	Erosión superficial	Repación	Asentamiento-sufusión	Introducc. de flora y fauna exótica	Instalac. y actividades en áreas de camping	Incendios	Generación de residuos sólidos	Construcciones e instalac. de postes	Deforestación	Accesos y sitios arqueológicos nuevos	Excesiva capacidad de carga		
																			57	51
MEDIO GEOBIOSICO	Suelo	Deterioro de los suelos	4	5	3	3	4	5	4	4	4	5	4	5	5	5	4	5	70	
		agua	Superficial-subterránea	3	3	3	3	2	4	3	3	3	4	4	2	4	4	3	3	52
			caudal	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	29
	Flora	Calidad	1	1	1	2	1	1	1	1	1	4	4	1	5	5	2	1	36	
		Pérdida de cobertura vegetal	4	4	3	3	4	4	2	2	2	5	5	5	4	4	5	4	62	
	Fauna	Pérdida de diversidad	4	3	3	3	2	3	2	2	2	5	4	5	4	3	5	2	3	53
		Alteración del hábitat	4	3	3	3	3	3	4	3	2	5	4	5	4	4	5	3	4	59
		Disminución de población	4	2	3	3	2	4	2	2	2	4	3	5	4	4	4	2	3	51
	Paisaje	Estabilidad de taludes	5	5	3	3	5	5	5	5	4	4	4	5	3	5	5	5	70	
		Disminución de vistas escénicas y panorámicas	5	4	3	3	53	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	3	4	69
MEDIO SOCIO ECON. Y CULTURAL	Usos suelo	Alteración de rasgos físicos singulares	5	5	3	3	54	4	5	5	4	5	5	4	5	4	3	4	69	
		Pérdida de terrenos	5	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	60	
	Recreo	Seguridad física áreas camping	5	5	3	3	5	4	3	5	3	4	5	1	1	4	4	4	59	
Cultural	Seguridad de sitios arqueológico (caminos, andenes, recintos, etc)	5	4	3	3	5	4	4	5	5	4	5	5	4	4	4	4	69		
	SUMA		57	51	40	41	48	51	44	45	56	58	53	56	55	42	55			

Escala de valores
 1: Bajo impacto negativo, 2: Ligero impacto negativo, 3: Moderado impacto negativo, 4: Severo impacto negativo, 5: Alto impacto negativo

Este tramo es uno de los más bellos, por sus características naturales y arqueológicas, razón por la cual, cualquier acción negativa que se realice aquí incidirá principalmente en el deterioro de los suelos por el espesor pequeño, y en la inestabilidad de los taludes (derrumbes y desprendimiento de rocas). Muchas veces, por ampliar el camino actual, en las laderas se hacen cortes de talud o extraen bolones de roca, haciéndola muy inestable; pero gracias a la cobertura vegetal el impacto se hace mucho menor. Como comentario adicional y teniendo en cuenta que un buen porcentaje de este tramo está constituido por gradas, es que los visitantes están obligados a transitar en grupos guiados y el transporte de sus pertenencias está a cargo de los llamados “wayruros”, que muchas veces llevan peso por encima de lo establecido que es 20 kg como máximo. Este hecho provoca la destrucción progresiva de los peldaños y en consecuencia favorece la inestabilidad del lugar. Por otra parte, las laderas están expuestas a fenómenos geodinámicos, debido a las pendientes empinadas, ocurrencia de incendios, construcciones de plataformas para vivienda o ampliaciones de áreas de camping, altas precipitaciones, suelos de pequeño espesor, y granitos fracturados e intemperizados.

Wiñaywayna es un sitio arqueológico de importancia dentro el Camino Inca Tradicional, sin embargo, es una de las zonas con mayor intervención antrópica en espacios reducidos y ladera empinada. En efecto, cerca del sitio arqueológico Wiñaywayna se tiene un museo, hotel, locales y campamentos del INC, INRENA, viviendas informales, así como torres eléctricas y antenas, sin olvidar las zonas de camping y baños. Estas construcciones han

sido realizadas sin una planificación previa y en consecuencia sin criterios paisajísticos acorde con el santuario histórico natural y patrimonio de la humanidad.

Intipunko y el cerro Machupicchu, vienen ser la antesala a la ciudad inca. Sin embargo, la ladera norte, por donde pasa el camino inca está afectada por un deslizamiento de grandes dimensiones, que en parte fue estabilizado por los incas, mediante andenes. Actualmente, se puede observar deslizamientos pequeños, derrumbes, asentamientos y reptaciones que afectan el camino. Dentro este contexto, la acción antrópica con las actividades propias del turismo, como la construcción y ampliación del hotel de turistas que se halla en un deslizamiento menor y activo, y de la construcción de la carretera Hiram Bingham, es negativa ya que estas obras se construyeron sin criterios técnicos favorables para la conservación de la ciudad inca de Machupicchu.

En los cuadros 11, 12, y 13 se muestran los resúmenes de la evaluación de impactos ambientales en el Camino Inca Tradicional, con respecto a los factores ambientales, impactados, actividades antrópicas, y de fenómenos geodinámicos. Estas matrices muestran que los medios más impactados están relacionados al deterioro de los suelos y la estabilidad de taludes, haciéndonos ver la importancia de conservar el medio físico (Cuadro 11). Por otra parte, se ha identificado que las actividades antrópicas que más impactan son los incendios forestales, así como las construcciones e instalación de torres eléctricas, que muchas veces su ubicación no cumple con los criterios paisajísticos de belleza escénica, menos de seguridad y salud (Cuadro 12). Los fenómenos geológicos son característicos

Tramo Qoriwayrachina-Wayllabamba	Tramo Wayllabamba-Pacaymayo	Tramo Pacaymayo-Phuyupatamarca	Tramo Phuyupatamarca-ciudad inca
Deterioro de los suelos	Deterioro de los suelos	Estabilidad de taludes	Deterioro de los suelos
Estabilidad de taludes	Estabilidad de taludes	Seguridad de sitios arqueológicos	Estabilidad de taludes
Seguridad de sitios arqueológicos	Alteración de rasgos físicos singulares	Deterioro de los suelos	Disminución de vistas escénicas y panorámicas
Alteración de rasgos físicos singulares	Seguridad de sitios arqueológicos	Disminución de vistas escénicas y panorámicas	Alteración de rasgos físicos singulares
Disminución de vistas escénicas y panorámicas	Pérdida de terrenos	Alteración de rasgos físicos singulares	Seguridad de sitios arqueológicos
Pérdida de cobertura vegetal	Disminución de vistas escénicas y panorámicas	Pérdida de cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal

Cuadro 11.- Resumen de factores ambientales impactados en el Camino Inca Tradicional.

Tramo Qoriwayrachina-Wayllabamba	Tramo Wayllabamba-Pacaymayo	Tramo Pacaymayo-Phuyupatamarca	Tramo Phuyupatamarca-ciudad inca
Construcciones e instalación de postes	Instalación y actividades en áreas de camping	Incendios	Incendios
Deforestación	Deforestación	Deforestación	Construcciones e instalación de postes
Introducción de flora y fauna exótica	Introducción de flora y fauna exótica	Instalación y actividades en áreas de camping	Introducción de flora y fauna exótica
Instalación y actividades en áreas de camping	Construcciones e instalación de postes	Generación de residuos sólidos	Instalación y actividades en áreas de camping
Excesiva capacidad de carga	Excesiva capacidad de carga	Excesiva capacidad de carga	Deforestación
Generación de residuos sólidos	Incendios	Introducción de flora y fauna exótica	Excesiva capacidad de carga

Cuadro 12.- Resumen de procesos naturales y acciones antrópicas en el Camino Inca Tradicional.

para cada tramo, pero son comunes los aluviones, deslizamientos, erosión superficial, derrumbes, asentamiento-sufusión, y desprendimiento de rocas (Cuadro 13). Estos fenómenos deben ser tomados en cuenta en las medidas de mitigación y prevención programadas, primero para la seguridad de los visitantes, luego para la conservación de sitios arqueológicos y naturales.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN

Las medidas de mitigación y/o prevención a tomar en cuenta están en relación con las variables impactadas a lo largo del Camino Inca Tradicional. Estas se presentan a continuación.

Para el deterioro de los suelos

Para estos aspectos se plantean una serie de medidas, empezando con limitar la capacidad de carga, es decir el número de turistas que pueden ingresar diariamente al camino inca. En la actualidad ya se ha restringido a 500 turistas por día, aunque hay

una presión de las agencias de turismo para elevar el número. De aceptarse estos pedidos el camino entraría en mayor deterioro. Se debe prohibir el arrojo de residuos sólidos, porque afectan directamente a los suelos y luego a la fauna y flora. Los residuos generados deben ser transportados hasta finalizar el trayecto. Si bien existen dispositivos estos no se cumplen a cabalidad, generalmente por no haber una cultura de conservación en la mayoría de los involucrados. Se debe prohibir la cría de ganado vacuno y utilización de acémilas en las áreas correspondientes al camino inca, aunque esto es muy difícil en el primer tramo por que el camino, es además, un medio de acceso a las poblaciones de la zona. Se debe evitar fugas de aguas de los canales ya que estos forman cárcavas y afectan al camino. Es importante la construcción y/o restauración de drenes longitudinales y transversales al camino para evitar la erosión por efectos del agua. Se debe definir mejor las áreas para camping, de acuerdo a la capacidad de carga y los peligros geológicos. Así en Llulluchapampa se tiene un área de camping al pie

Tramo Qoriwayrachina-Wayllabamba	Tramo Wayllabamba-Pacaymayo	Tramo Pacaymayo-Phuyupatamarca	Tramo Phuyupatamarca-ciudad inca
Aluvión	Aluvión	Erosión superficial	Deslizamiento
Deslizamiento	Erosión fluvial	Derrumbe	Erosión superficial
Erosión fluvial	Deslizamiento	Reptación	Derrumbe
Erosión superficial	Erosión superficial	Asentamiento-sufusión	Desprendimiento de rocas
Derrumbe	Derrumbe	Deslizamiento	Asentamiento-sufusión
Desprendimiento de rocas	Desprendimiento de rocas	Desprendimiento de rocas	Reptación

Cuadro 13.- Resumen de fenómenos geodinámicos en el Camino Inca Tradicional.

de un cono de deyección con evidencias de caída de bloques de granitos, y en Pacaymayo se tienen derrumbes activos con caída de bloques en la parte alta del camping.

Para la estabilidad de taludes

Para la estabilidad de taludes se plantea reforestar las laderas y taludes del camino con especies nativas. Se debe evitar corte de taludes durante la refacción del camino, así como en las laderas donde se ubican las áreas para camping. Igualmente, se debe evitar la tala de árboles y cortes exagerados de la flora, especialmente durante el mantenimiento del camino. Se deben hacer planes para evitar incendios que son los que más inciden en la aparición de movimientos en masa. Las obras de drenaje en laderas y caminos son importantes para evitar la circulación libre del agua. En zonas de caos granítico o granitos muy fracturados se debe desquincar y/o estabilizar los bloques de rocas inestables en zonas de peligro. Finalmente, se debe controlar la erosión de ríos y reptación de suelos con la construcción de muros de contención o la rehabilitación de los muros de contención incas. En algunos casos como en Pacaymayo o Lulluchapampa cerca al abra de Warmiwañusqa, existen sitios con caída o desprendimiento de rocas, los que deben ser zonificados para definir exactamente las áreas de uso o no de camping. Finalmente, se debe contar con planes de emergencia y contingencia en caso de la ocurrencia de desastres relacionado a los peligros geológicos.

Para mejorar vistas escénicas y panorámicas

Para mejorar las vistas escénicas y panorámicas se debe contar con la evaluación de impacto ambiental en la construcción de viviendas, casetas, servicios higiénicos, etc. En efecto, en los sectores de Yuncachimpa, Lulluchapampa, Warmiwañusqa, Chaquicocha, Wiñaywayna, se han construido servicios higiénicos en áreas con paisaje bello, que han disminuido las vistas escénicas y panorámicas naturales. Igualmente, se debe reforestar las áreas incendiadas y afectadas por deslizamientos. Finalmente se debe recoger los residuos sólidos.

Para mitigar la alteración de rasgos físicos singulares

Se debe evitar la instalación de objetos ajenos a la condición natural y arqueológica de la región como por ejemplo las torres de alta tensión, construcción de hoteles y servicios higiénicos. Estas últimas construcciones deben estar camufladas en el

paisaje y aprovechar la vegetación. Se debe tratar adecuadamente las áreas con problemas para evitar la erosión de las bordes de ríos y quebradas.

Para la seguridad de sitios arqueológicos

Se debe prohibir que los visitantes pisen las cabeceras de muro en los centros arqueológicos por que dañan la estructura. Se debe seguir dando un mantenimiento constante del camino, refaccionando o construyendo sistemas de drenaje e impermeabilizando pisos. Finalmente, se debe poner señalizaciones de acuerdo al entorno natural.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los fenómenos geodinámicos que afectan al Camino Inca Tradicional son erosión superficial, derrumbes, deslizamientos, desprendimiento de rocas, reptaciones, erosión de ríos, asentamientos, así como la sufusión. Estos fenómenos, casi todos relacionados a los efectos del agua han producido y están produciendo la destrucción parcial o total de algunos sectores del camino. En general, los fenómenos geodinámicos, son de pequeña dimensión, intensidad baja y ocurrencia baja, siendo la sensibilidad mediana que predomina. A partir de las características geológicas, geodinámicas y otras similares se ha agrupado el camino en 15 zonas, para así determinar su grado de peligrosidad y poderlos tratar y conservar. El mayor número de zonas corresponde a peligro medio, siendo de peligro alto el tramo que atraviesa el cerro Machupicchu, donde existe un deslizamiento de tamaño grande, destructivo y ocurrencia alta.

De las matrices de evaluación de impacto ambiental se concluye que los factores ambientales más impactados en el camino inca están relacionados al deterioro de los suelos, estabilidad de taludes y seguridad de sitios arqueológicos. Las actividades antrópicas que más impactan son los incendios, luego las construcciones e instalación de postes, deforestación, e instalación y actividades en áreas de camping. Los fenómenos geológicos están caracterizados para cada tramo y los más importantes son los aluviones, deslizamientos, erosión superficial, asentamientos, derrumbes y erosión fluvial. Las acciones comunes que impactan el medio ambiente son la generación de residuos sólidos, deforestación y excesiva capacidad de carga.

Las principales medidas correctivas recomendables son la restauración, refacción,

construcción, reconstrucción y mantenimiento del camino inca incluyendo, los muros de contención, drenes, gradas y plataformas. Se debe considerar la estabilidad de los taludes evitando la tala y promoviendo la reforestación. Se debe controlar la erosión de ríos y reptación de suelos mediante muros de contención o la rehabilitación de los muros inca de contención. Las obras se deberán hacer, en lo posible, tomando en cuenta las técnicas incas que resultan menos costosas y casi siempre más eficaces. En base a la problemática descrita, las evaluaciones y recomendaciones realizadas, se debe regular la capacidad de carga del Camino Inca Tradicional, que de ninguna manera deberá exceder los 500 visitantes por día, que ya está establecido. Finalmente, se recomienda continuar con el monitoreo y evaluación

detallada de los fenómenos geodinámicos en el camino y alrededores, particularmente las zonas de mayor peligro y que puedan incidir en la seguridad de los visitantes.

AGRADECIMIENTOS

El presente manuscrito ha sido realizado con el soporte y apoyo del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET. Agradecemos al Instituto Nacional de Cultura INC-Cusco por las facilidades brindadas en los trabajos de campo del Camino Inca Tradicional. Queremos reconocer a Teresa Velarde y Víctor Tupac Yupanqui quienes han colaborado en la preparación y arreglo de los dibujos. Este trabajo ha sido revisado por el Ing. Lionel Fidel quien ha dado aportes muy valiosos.

REFERENCIAS

- Bustamante, F. (2000).- Características de los peligros de geodinámica externa y su impacto en el sistema medio ambiental de la ciudad del Cusco-2000. *Tesis Maestría UCSM Arequipa* 185p.
- Cárdenas, J. (2003).- Geología, geodinámica, monitoreo, hipótesis de deslizamientos profundos de la Ciudadela Inca de Machu Picchu. *Informe final de la auditoría ambiental de Machu Picchu-Contraloría General de la República*. 85p.
- Cárdenas, J. (2005).- Evaluación del impacto de los peligros de geodinámica externa en el Camino Inca Tradicional y Ciudadela de Machu Picchu, Cusco-Perú, 2003-2004. *Tesis maestría UCM. Arequipa*, 175p.
- Cárdenas, J., Carlotto V. & Cano, V. (2004).- Geología, geodinámica, y monitoreos del Camino Inca de Machu Picchu. XII Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú. Resúmenes Extendidos, 3-6.
- Cárdenas J., Flores T. & Oviedo, M. (2006).- Monitoreo de los peligros geológicos del Camino Inca Tradicional (Qoriwayrachina-Ciudadela Inca de Machu Picchu). En preparación.
- Cárdenas, J., Carlotto, V. & Oviedo, M. (2006).- Caída de rocas-de-rrumbe sucedido el 30 de marzo del 2006 en el cerro Machu Picchu. Informe técnico INC, 12 p.
- Cárdenas, J., Carlotto, V., Flores, T. & Cano, V. (2006).- Impacto en el sistema medioambiental del Camino Inca Tradicional y Ciudadela Inca de Machu Picchu. XIII Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú, Resúmenes Extendidos, 11-14.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Chávez, R., Pumayali R. & Román F. (1994).- Estudio geológico y de conservación del Camino Inca de Machu Picchu. PNUD-UNESCO, Lima. 57 p.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Romero, D., Valdivia W. & Tintaya D. (1999).- Geología de los Cuadrángulos de Quillabamba y Machu Picchu. Boletín N° 127, Serie "A": Carta Geológica Nacional. INGEMMET, 320 p.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Tintaya, D., Acosta, H., Cano, V. & Ibarra, I. (2001).- Evaluación geológica-geodinámica, de riesgo y conservación del Camino Inca a Machu Picchu. UNSAAC-Cusco. 26p.
- Egeler, C. & De Booy, T. (1961).- Preliminary note on the geology of the Cordillera Vilcabamba (SE Peru), with emphasis on the essentially pre Andean origin of the structure. *Geol. En Mijn*. 40, 319-325.
- Galiano, W. (2000).- Situación Ecológico-Ambiental del Santuario Histórico de Machu Picchu: Una aproximación. Programa Machu Picchu. CBC Cusco, 105 p.
- INGEMMET (1997).- Álbum de mapas de zonificación de riesgos fisiográficos y climatológicos del Perú - Memoria descriptiva. Bol. N° 17, Serie C - Dirección de Geotecnia, Lima, 83 p.
- INRENA (1998). Plan Maestro del Santuario Histórico de Machu Picchu. Lima. 350 p.
- Ochoa, J. & Trujillo, I. (2000). Caracterización Biológica, Ecológica y Ambiental en la Red de Caminos Inca del Santuario Histórico de Machu Picchu. Programa Machu Picchu. Cusco, 180p.