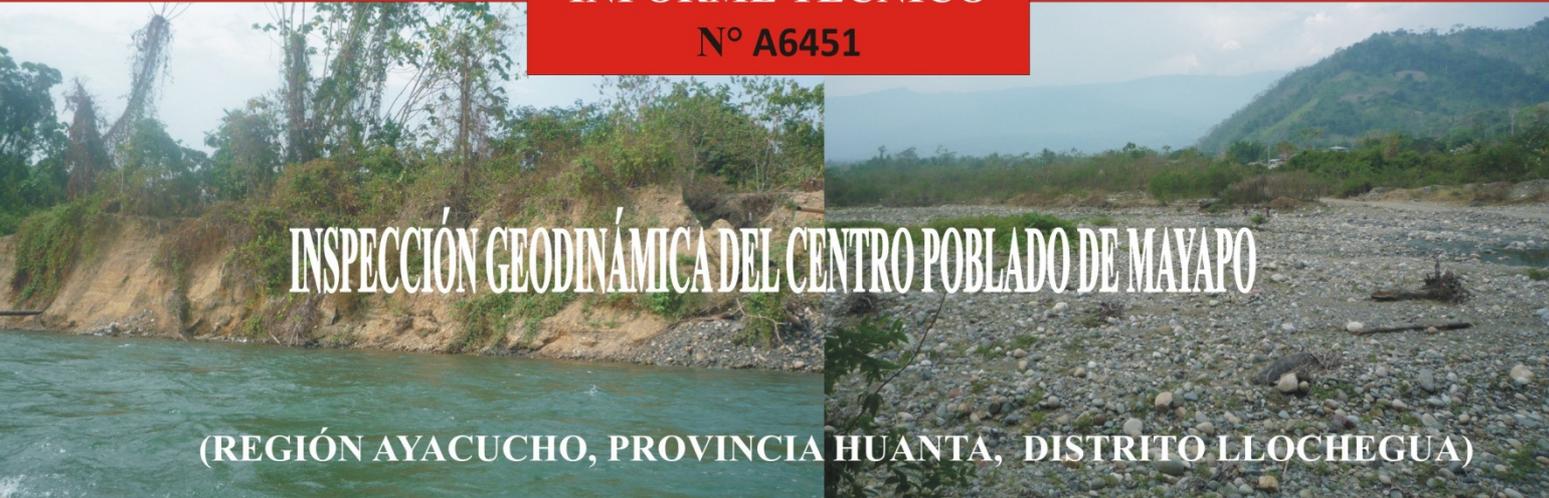


REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

**INFORME TÉCNICO**  
**Nº A6451**



**INSPECCIÓN GEODINÁMICA DEL CENTRO POBLADO DE MAYAPO**

**(REGIÓN AYACUCHO, PROVINCIA HUANTA, DISTRITO LLOCHEGUA)**



**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**



LIMA - PERÚ  
AGOSTO - 2010

Participante del estudio:  
Ing. Segundo Núñez Juárez  
Lima, agosto 2010.

## CONTENIDO

<b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2.- CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA .....</b>	<b>5</b>
<b>3.- GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>7</b>
<b>4.- ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>11</b>
<b>5.- PELIGROS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>14</b>
<b>6.-ZONAS AFECTADAS O QUE PUEDEN SER AFECTADAS .....</b>	<b>21</b>
<b>7. MEDIDAS CORRECTIVAS .....</b>	<b>21</b>
<b>8.- SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA.....</b>	<b>23</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>25</b>

### FIGURAS:

- Figura N°1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio.
- Figura N°2.- Se aprecian secuencias de gravas englobadas en una matriz arenosa, y algunos niveles de lentes de arenas, no compactos.
- Figura N°3.- Perfil esquemático de un río anastomosado.
- Figura N°4.- Mapa topográfico, elaborado en base a fotografías aéreas del año 1990 (IGN).
- Figura N°5.- Imagen Satelital, Aster, tomada en julio del 2006. Muestra un brazo del río Apurímac, que se está ensanchando hacia el sector de Mayapo.
- Figura N°6.- Imagen satelital del sector de Mayapo y el río Apurímac (año 2000-2005).
- Figura N°7.- Mapa Geológico del sector de Mayapo y Alrededores.
- Figura N°8. Mapa de peligros del sector de Mayapo.
- Figura N°9.- Imagen satelital de julio 2006, se muestra la zona de ensanchamiento (1) y la zona colmatada (2).
- Figura N°10.- Perfil esquemático del río Apurímac, sector Mayapo.
- Figura N°11.- Imagen satelital del Google Earth, se muestra que el poblado de Mayapo se encuentra sobre una terraza antigua, generada por un flujo de detritos.
- Figura N°12.- Mapa de peligros geológicos Múltiples (Fuente: Guzmán, A., et al, 2003).
- Figura N°13.- Mapa de áreas sujeta a erosión fluvial, inundación (Fuente: Guzmán, A., et al 2003).

## **FOTOS:**

- Foto N° 1. Antiguo canal del río Apurímac colmatado.
- Foto N° 2.- Sector por donde el año pasado discurrió el río Apurímac. Se muestra los depósitos de gravas y arenas.
- Foto N°3.- Se muestra otro canal colmatado del río Apurímac.
- Foto N°4.- Colmatación de un canal del río Apurímac, se observan depósitos de gravas y arenas.
- Foto N°5.- Areniscas de la Formación Ambo, se muestra estratos conformados por areniscas de color gris.
- Foto N° 6.- Secuencia de conglomerados, en una matriz arenosa. Se aprecia en el talud pequeños depósitos de derrumbes.
- Foto N°7.- Sector frente a Mayapo, se muestra una barra de cauce.
- Foto N°8.- Vista aguas arriba del cauce del río Mayapo, se muestra colmatado por gravas y arenas.
- Foto N°9.- Vista aguas abajo, desembocadura del río Mayapo.
- Foto N°10.- Gavión ubicado en la margen derecha del río Mayapo.
- Foto 11.- Desembocadura del río Mayapo, hacia el río Apurímac.
- Foto N°12.- Defensas ribereñas (gaviones) (A) recientemente construidas, se aprecia también muros destruidos (B).
- Foto N°13.- Margen izquierda del río Mayapo, se muestra un depósito generado por un flujo de detritos (A) que aporta material al río (B).
- Foto N°14.- Sector donde se puede colocar la defensa ribereña y la zona a descolmatar.
- Foto N°15.- Otro sector a descolmatar o dragar, se observa depósitos de gravas y arenas.

# **INSPECCIÓN GEODINÁMICA DEL CENTRO POBLADO DE MAYAPO**

## **1.- INTRODUCCIÓN**

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus funciones realiza trabajos para identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas, urbanas o rurales, que podrían verse adversamente afectadas por fenómenos geológicos peligrosos. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines, y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

En esta oportunidad se ha desarrollado la inspección geológica del centro poblado de Mayapo (distrito Llochegua, provincia Huanta), que se ubica a orillas del río Apurímac de tipo anastomosado que en el tiempo y espacio su cauce cambia de dirección, generando erosión e inundación en los bordes de sus terrazas.

Este trabajo presenta las características y análisis geodinámico del área afectada por la erosión fluvial del río, así como conclusiones y recomendaciones para la prevención, mitigación y/o estabilización del lugar.

### **1.1 Antecedentes**

El Gerente General del Gobierno Regional de Ayacucho, mediante Oficio N°566-2010-GRA-PRES/GC de fecha 14 de julio, dirigida al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicita la designación de profesional para realización de identificación de peligros asociados a aluviones en la comunidad de Mayapo-VRAE.

El Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designa al Ing. Segundo Núñez Juárez, especialista en riesgo geológico, a realizar trabajos de evaluación entre el 12 y 16 de agosto del 2010.

Para la ejecución de los trabajos de campo, se realizaron coordinaciones con el C.P.C. José Cruz Quispe Cruz, Gerente de Defensa Civil de Ayacucho. En la inspección de Mayapo participaron el Ing. José Velarde Medina (Estimador de Riesgo de Defensa Civil del Gobierno Regional de Ayacucho), Wilmer Díaz (Gobernador de Mayapo) y C.P.C. José Cruz Quispe (Gerente de Defensa Civil de Ayacucho).

El presente informe constituye los resultados de la evaluación técnica realizada, debidamente ilustrado con fotografías y mapas, donde se describe el origen del evento geológico y sus efectos en la zona. El informe se pone a consideración de las Autoridades de Prevención y Defensa Civil (INDECI), Municipio Provincial de Huanta, Municipio Distrital de Llochegua y Gobierno Regional de Ayacucho.

## 1.2 Objetivo del estudio

El trabajo tuvo como objetivo:

- Analizar y evaluar los factores intrínsecos que pueden desencadenar peligros geológicos en la zona de Mayapo.

## 2.- CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

### 2.1 Ubicación y accesibilidad

El sector de Mayapo, pertenece políticamente al distrito de Llochegua, provincia de Huanta, región Ayacucho (Figura N°1). Geográficamente se ubica en la margen izquierda del río Apurímac, y en la margen derecha del río Mayapo. El área evaluada está comprendida entre las coordenadas UTM:

8628000 y 8636000 Norte  
609000 y 616000 Este

El centro poblado de Mayapo se encuentra a una altitud de 490 m.s.n.m.

La zona es accesible desde Ayacucho por la carretera Ayacucho-Tambo-Máchente-Rosario-Llochegua-Sivia-Mayapo (250 km en 9 horas) ó la vía Mayapo-Picharí-Kimbiri-Ayna-Rosario-Máchente-Tambo-Ayacucho (247 km en 8 horas).

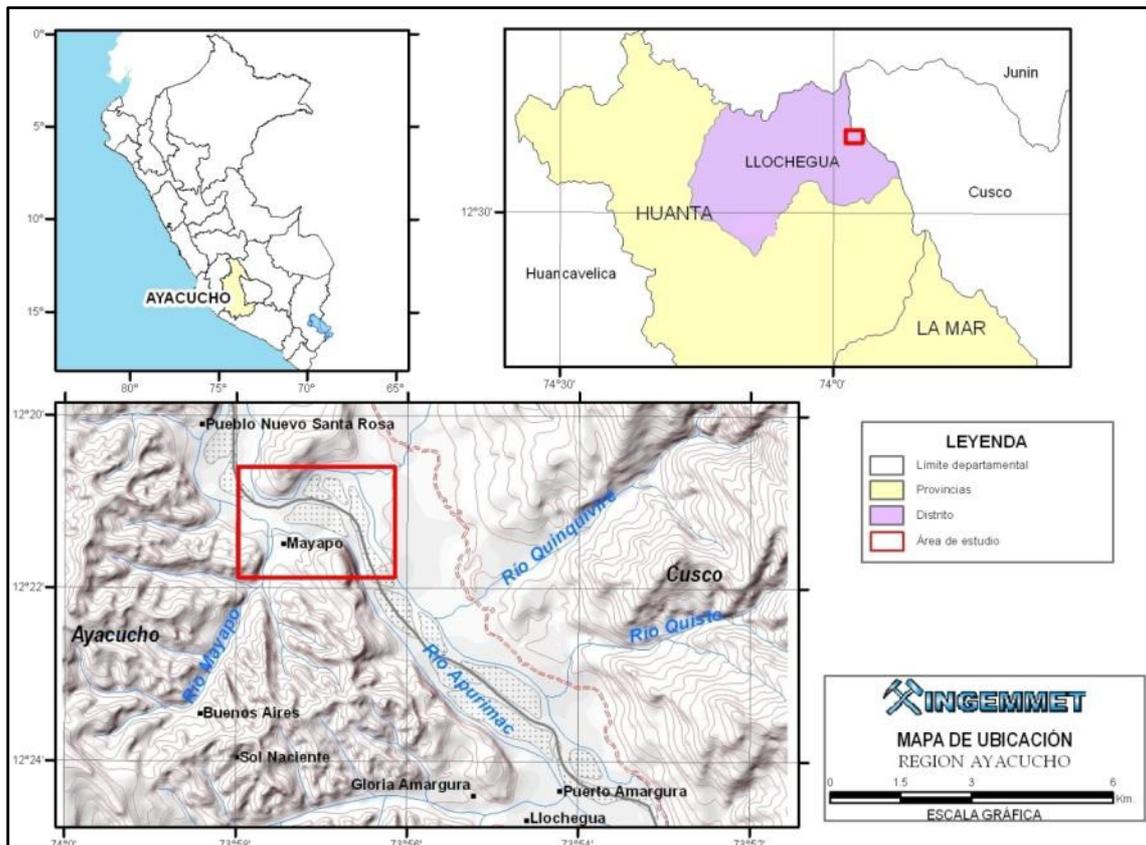


Figura N°1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio.

## 2.2 Aspectos Socio-Económicos

El poblado de Mayapo, está en proceso de expansión urbana sin control, ni planificación, ubicándose sobre áreas vulnerables a peligros geológicos, como son cauces de antiguas quebradas y terrenos muy frágiles de ser erosionadas por los ríos.

Un alto porcentaje de la población de Mayapo se dedicada a la agricultura.

En este centro poblado, las viviendas son de material rustico (madera) y noble (ladrillo); presentan deficiencia en los servicios básicos de luz, agua potable y desagüe.

## 2.3 Clima

La zona presenta un clima tropical y húmedo.

En la zona actualmente no hay estaciones meteorológicas. Pero de la estación de Picharí la más cercana al área de trabajo (ultima en funcionar), se tiene registrada precipitaciones de 2184,6 mm anual (SENAMHI).

En el cuadro N°1 se tienen los siguientes datos de precipitaciones y de temperaturas:

<b>Precipitación</b>	<b>Rango de pluviosidad (mm)</b>
Anual acumulada periodo Septiembre-Mayo	2000 – 2200
Acumulada en el periodo La Niña (1999-2000)	800 – 1000
Acumulada en el periodo El Niño (1997-1998)	1200 – 1400
<b>Temperatura</b>	<b>Rango de temperatura (°C)</b>
Máxima Normal	20 – 24
Mínima Normal en la estación de Invierno	4-8

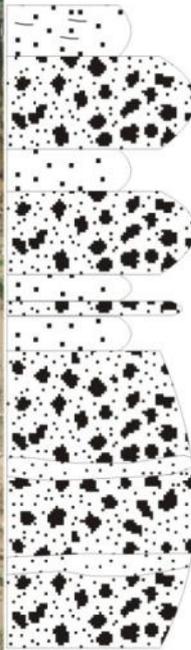
Cuadro N°1.- Rangos de pluviosidad y temperaturas (Fuente SENAMHI-2003).

## 2.4 Características del suelo

El terreno sobre el cual está asentado el centro poblado de Mayapo, está conformado por depósitos proluviales conformados por gravas, en una matriz arenosa, con algunos niveles de arenas. (Figura N°2), de fácil erosión.



**Perfil del suelo**



Nivel arenoso, de color negruzco, conformado por gravas de formas redondeadas en una matriz areno-limoso. Se observan restos de raíces.
Grava con matriz arenosa, de color beige La grava esta conformada por fragmentos de roca de forma redondeada a subredondeada, de diferente litología. De fácil erosión.
Arena media, de color beige. En su cuerpo se encuentran esporádicamente algunos fragmentos de gravas de formas subredondeadas a redondeadas. De fácil erosión
Grava con matriz arenosa, color beige. La grava esta conformada por fragmentos de roca de forma redondeada a subredondeada, de diferente litología. Medianamente densa a suelta.
Lente de arena media, color beige, medianamente densa a suelta.
Lente de grava, color beige, matriz arenosa. Medianamente densa a suelta.
Lente de arena media, color beige, medianamente densa a suelta.
Grava con matriz arenosa, color beige. Medianamente densa a suelta. La grava esta conformada por fragmentos de roca de diferente litología, son de forma redondeada a subredondeada, con tamaños que varían entre 2 a 8 cm, predominado los comprendidos entre 5 a 8 cm. En su cuerpo se muestran algunos niveles de arenas medias, medianamente densas a sueltas. De fácil erosión.

Figura N°2.- Se aprecian secuencias de gravas englobadas en una matriz arenosa, y algunos niveles de lentes de arenas, no compactos.

**3.- GEOMORFOLOGÍA**

El término río anastomosado es empleado para describir un complejo de depósito fluvial de gradiente muy bajo (0.09 - 0.012 m/km), en donde se interconectan una serie de canales de muy alta sinuosidad, angostos y relativamente profundos. Además, en estos sistemas los canales son separados por planicies de inundación que consisten en islas con vegetación, muros naturales y áreas donde pueden desarrollarse depósitos de desborde. Los canales en estos sistemas son rellenos con arena y grava, formando depósitos lenticulares, limitados por depósitos areno-arcillosos de muro natural. Por otra parte, en las planicies de inundación, los depósitos característicos los constituyen materiales limo-arcillosos finamente laminados, incluyendo depósitos finos de pantanos con un alto contenido de materia orgánica.

Estas corrientes presentan canales múltiples, tienen gran capacidad de transporte y sedimentación, menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve y a los sedimentos en el fondo del cauce, siendo la deposición en el fondo de sedimentos de granulometría heterogénea durante la época de aguas bajas, la principal responsable de la división del cauce en los canales anastomosados, es decir, divididos dentro del propio cauce (Figura N°3). A medida que se van estabilizando las islas de sedimentos, puede llegar a desarrollarse en ellas una vegetación pionera primera y más estable después, aprovechando la dotación de agua que proporciona el propio río.

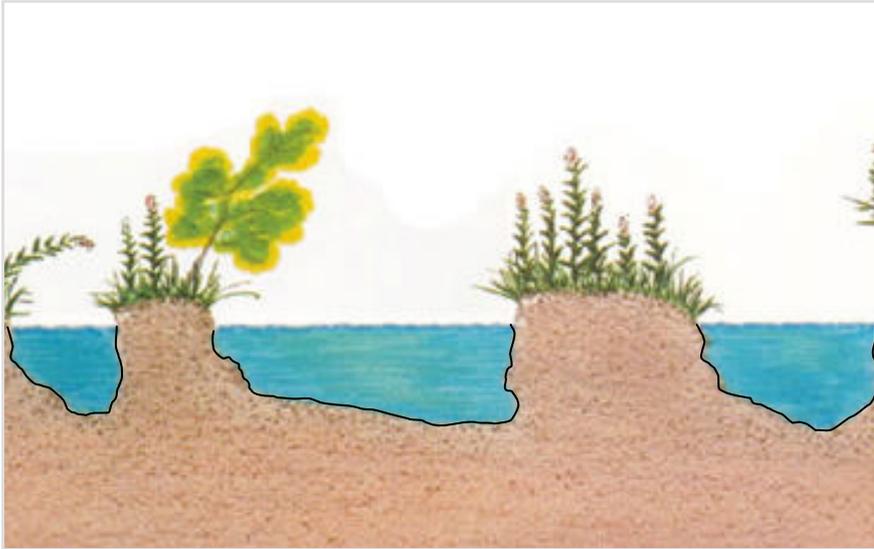


Figura N°3.- Perfil esquemático de un río anastomosado.

En caso del río Apurímac, el sector comprendido Llochegua-Mayapo, se comporta como río anastomosado. Es por ello que en el tiempo y espacio las variaciones del cauce se han dado y se van a presentar. Ver figura N°4, 5 y 6, en el cual se muestran las variaciones en su cauce del río Apurímac con el tiempo.

Frente al sector de Mayapo, las variaciones de la dirección del cauce del río se deben a la colmatación de los canales cauces a través del tiempo (Fotos N°s 1, 2, 3 y 4).

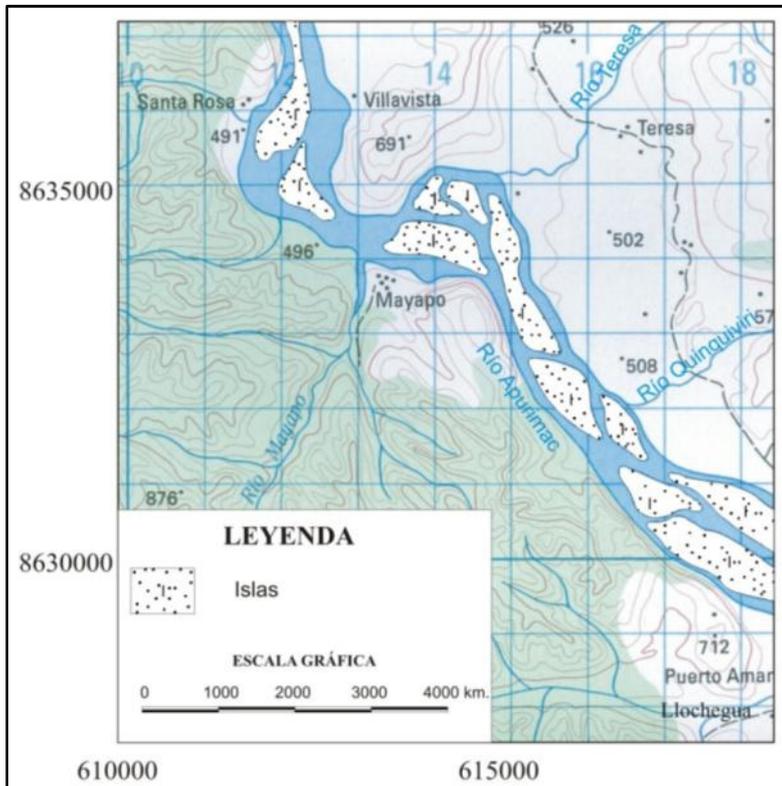


Figura N°4.- Mapa topográfico, elaborado en base a fotografías aéreas del año 1990 (IGN).

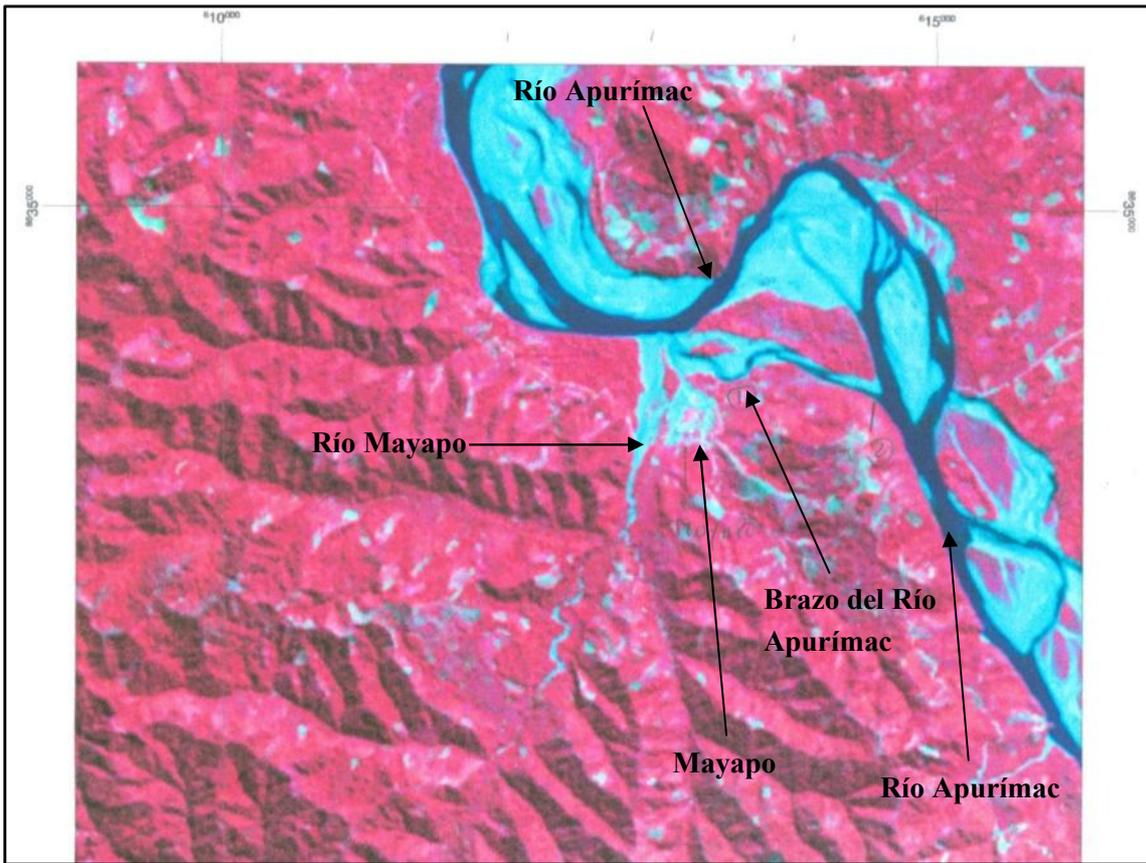


Figura N°5.- Imagen Satelital, Aster, tomada en julio del 2006. Muestra un brazo del río Apurímac, que se está ensanchando hacia el sector de Mayapo.

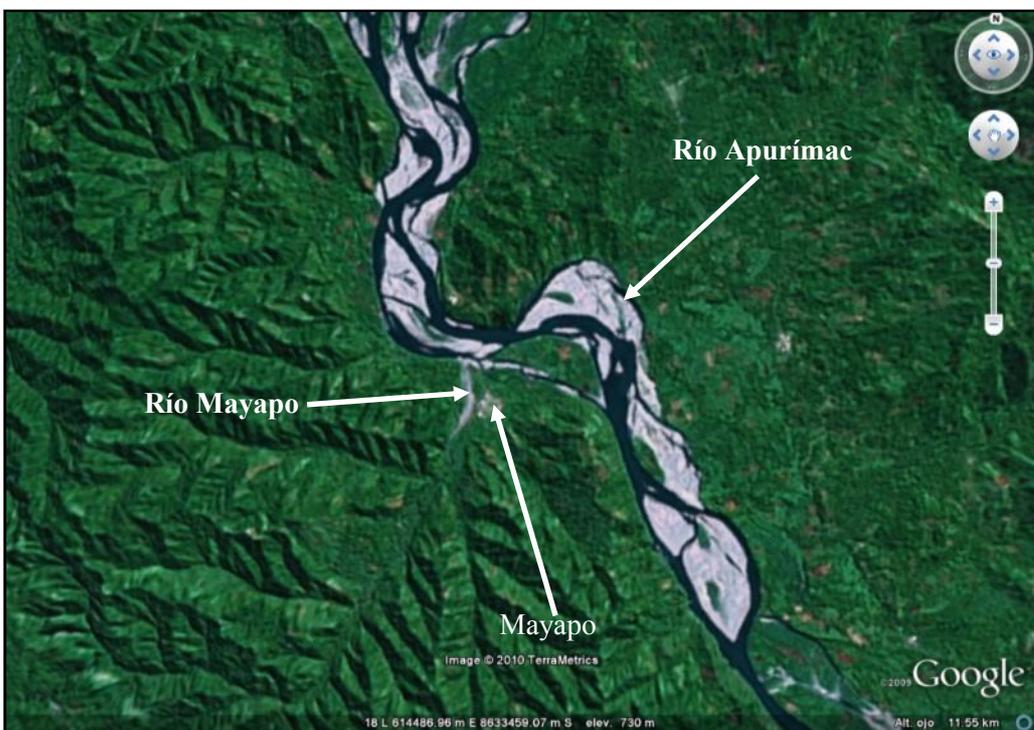


Figura 6.- Imagen satelital del sector de Mayapo y el río Apurímac (entre el año 2000 y 2005)

En tiempo de avenidas, el río acarrea abundante material suelto, como gravas y arenas. Pero en tiempos de estiaje el río pierde su capacidad de transporte y el material se empieza a depositar en los lechos de los canales, generando su colmatación.

El poblado de Mayapo se encuentra asentado sobre una terraza proluvial, formada por los depósitos de flujos de detritos provenientes del río Mayapo. En Figura N°2 se tienen las evidencias de los diferentes aportes del río.

Tal como se describió en las características del suelo, se aprecian niveles de conglomerados (gravas con matriz arenosa) y arenas. Esto quiere decir que los conglomerados se han originado por flujos muy violentos (huaycos) y los niveles de arena con escasos clastos por flujos de lodo, estos últimos son de menor espesor que los conglomerados. De lo mencionado se desprende que esta zona es muy susceptible a la generación de flujos de detritos (huaycos) o de lodo.

El río Apurímac en este sector no ha formado islas permanentes, es por ello que el cauce del río no tiene una dirección definida.



Foto N°1. Antiguo canal del río Apurímac colmatado.



Foto N°2.- Sector por donde el año pasado discurrió el río Apurímac. Se muestra los depósitos de gravas y arenas.



Foto N°3.- Se muestra otro canal colmatado del río Apurímac.



Foto N°4.- Colmatación de un canal del río Apurímac, se observan depósitos de gravas y arenas.

#### **4.- ASPECTOS GEOLÓGICOS**

Según la geología del cuadrángulo de Llohegua (Figura N°6), realizado por Monge R. et-al -1998, en el área de estudio se presentan las siguientes unidades:

##### **A) Formación Cabanillas**

Esta unidad aflora en las nacientes de la quebrada Mayapo, la cual se prolonga en dirección NO. También se encuentra en la margen derecha del río Apurímac en los sectores de Teresa y Villavista entre los ríos Teresa y Quinquiviri.

Litológicamente consiste de una alternancia de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas, son de color gris claros. En menor proporción alternan las limolitas pizarrosas, estratificadas en capas delgadas.

Cuando se producen cambios en su morfología, pueden generar movimientos en masa.

### **B) Grupo Ambo.**

Esta secuencia aflora en la margen izquierda del río Apurímac, en la zona de Mayapo, prolongándose hacia el NO.

Se muestra una secuencia de areniscas cuarzosas de color gris oscuro (Foto N°5), estratificadas en capas delgadas, intercaladas con limolitas pizarrosas micáceas en capas delgadas.

Morfológicamente forma montañas o colinas de formas cóncavas.

Originan suelos poco potentes, son rocas de poca susceptibilidad a los movimientos en masa.



Foto N°5.- Areniscas de la Formación Ambo, se muestra estratos conformados por areniscas de color gris.

### **C) Grupo Tarma Copacabana.**

La exposición es muy aislada y pequeña, de poca continuidad, siguen una dirección Andina. Se encuentra en la naciente de la quebrada Mayapo.

Litológicamente son calizas gruesas de color gris oscuro, estratificadas en capas gruesas a medianas de forma tabular y rectangular.

### **D) Formación La Merced.**

En el área de estudio se distribuye en la margen izquierda del río Apurímac, entre el sector de Llochegua y Mayapo. Sigue una dirección NO.

Está constituida por una gruesa secuencia de conglomerados polimícticos, bien expuesta en la quebrada Mayapo (Foto N°6). Los clastos son de formas subredondeadas a

redondeadas, en matriz arenosa. Los clastos llegan tamaños hasta de 20 cm, y provienen de cuarcitas, pizarras silificadas, calizas, areniscas y en menor proporción de intrusivos. Se observo también niveles lenticulares de barras de arenas ligeramente consolidadas e inclinadas, indicando la dirección de aporte. El grado de consolidación de esta unidad es semiconsolidada.

Los conglomerados de las Formación La Merced yacen discordantemente sobre el Grupo Ambo y la Formación Cabanillas.

Esta Formación es muy susceptible a la generación de fenómenos de movimiento en masa, como flujos y derrumbes.



Foto N°6.- Secuencia de conglomerados, en una matriz arenosa. Se aprecia en el talud pequeños depósitos de derrumbes.

### **E) Depósitos aluviales**

Estos se encuentran distribuidos a lo largo de los cauces de los ríos Apurímac y Mayapo.

Los materiales que lo forman son de composición heterogénea, constituidos por gravas y arenas y limos.

En el sector del río Apurímac, esta unidad está conformada por gravas bien redondeadas, formando barras de cauce, que son de formas paralelas a la dirección de la corriente de agua (Foto N°7), llegando a constituir pequeñas islas, terrazas que indican las fluctuaciones del caudal y la migración lateralmente de las aguas.

En el río Mayapo, la unidad está conformada por gravas bien redondeadas, están provienen de la erosión de la Formación La Merced, la cual está conformada por un conglomerado de fácil erosión.



Foto N°7.- Sector frente a Mayapo, se muestra una barra de cauce.

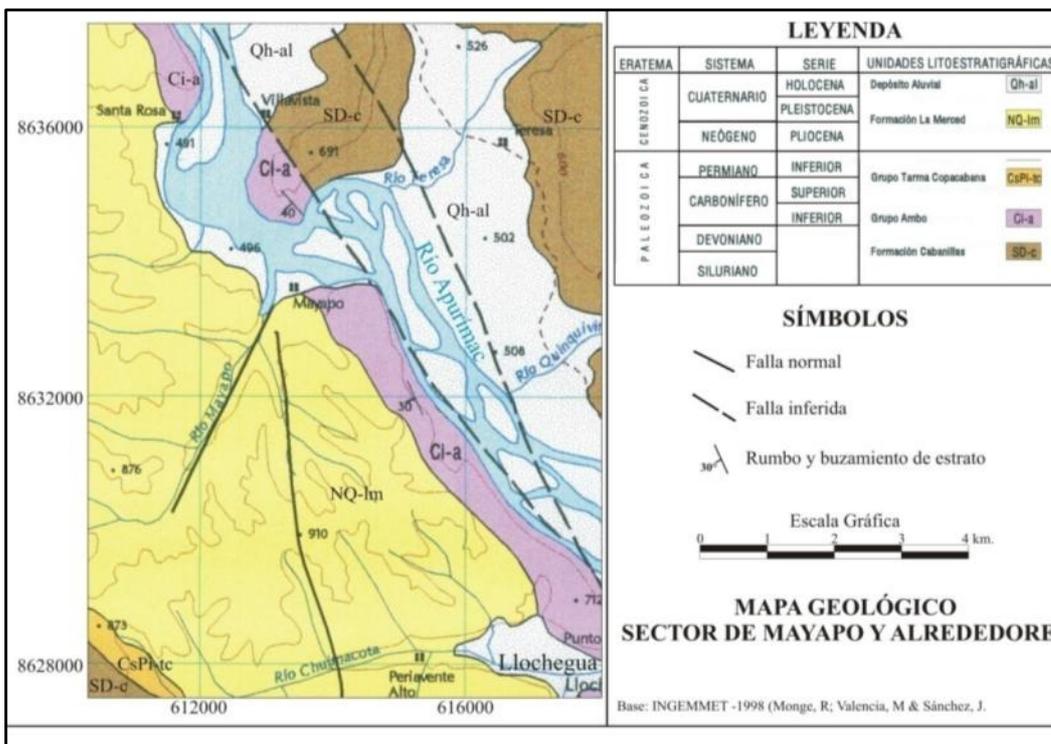


Figura N°7.- Mapa Geológico del sector de Mayapo y alrededores.

## 5.- PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en orden de importancia son: erosión fluvial, flujo de detritos (huaycos) y deslizamientos (Figura N°8). A continuación detallaremos cada uno de ellos.

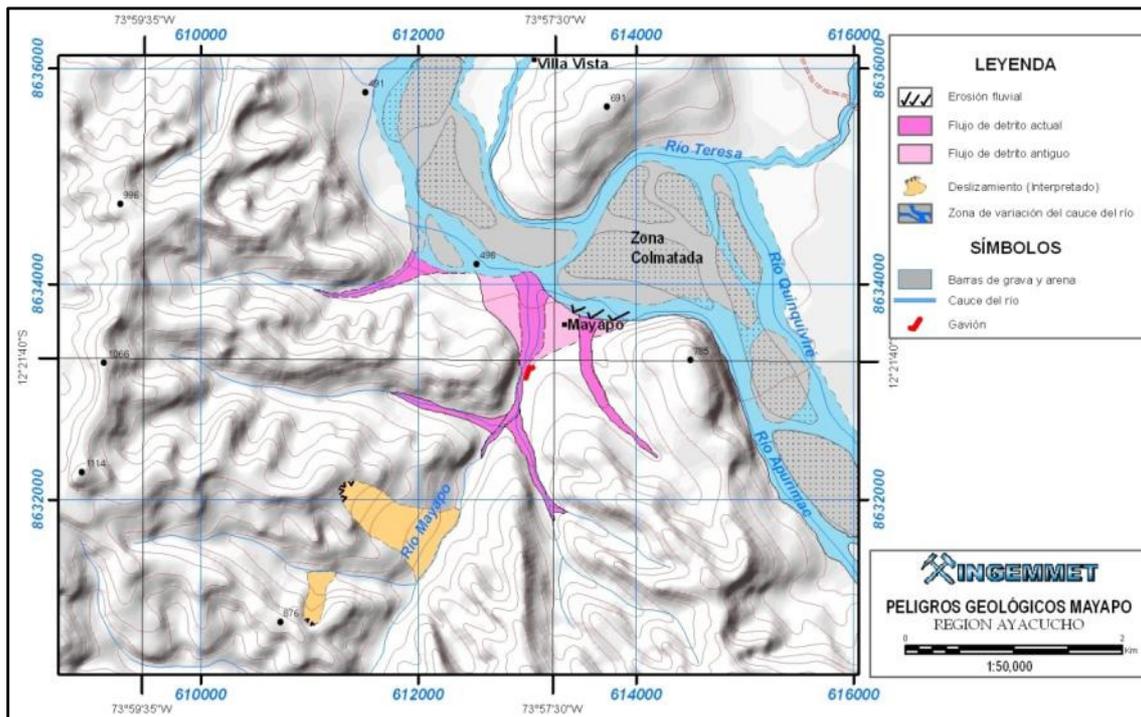


Figura N° 8. Mapa de peligros del sector de Mayapo.

### 5.1. Erosión fluvial

Este fenómeno es habitual en ríos de tipo anastomosados (río Apurímac), debido a los cambios de dirección de su cauce. Este fenómeno afecta a la terraza donde se ubica el centro poblado de Mayapo.

Haciendo comparaciones de los canales del río Apurímac, con respecto a los años 1990 (figura N°4), 2000-2005 y (figura N°6) y 2006 (figura N° 9), se aprecia una variación de los cauces canal del río Apurímac,

En la imagen del año 2006, el río ya estaba migrando hacia Mayapo, observándose un ensanchamiento del cauce.



Figura N°9.- Imagen satelital de julio 2006, se muestra la zona de ensanchamiento (1) y la zona colmatada (2).

Frente al poblado de Mayapo, el río Apurímac por la margen derecha se encuentra sedimentado, por esta razón la barra del cauce, y la margen izquierda está siendo erosionando (Figura N°10).

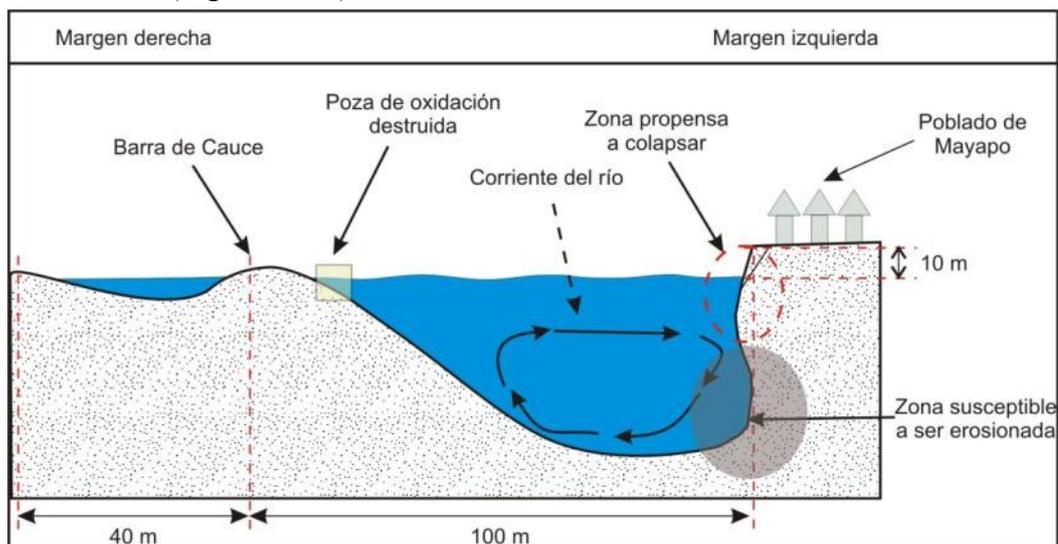


Figura N°10.- Perfil esquemático del río Apurímac, sector Mayapo.

Según los lugareños, la erosión fluvial entre el año pasado y este año, ha erosionado 140 m tierra adentro en una longitud de 200 m. La terraza tiene una altura de 10 m.

En la imagen satelital de junio 2006, se observa que el río ya había empezado migrar hacia la margen izquierda. Actualmente las casas del poblado de Mayapo ubicadas cercanas a la ribera, están a 10 m del cauce del río Apurímac.

## **5.2. Flujos de detritos.**

Flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce empinado. Este tipo de evento se distingue también porque el agua del cauce se incorpora al cuerpo del flujo de detritos, incrementando su contenido de agua. Además, el confinamiento lateral ayuda a mantener la profundidad del flujo, facilitando un cierto tipo de ordenamiento de las partículas sólidas y el desarrollo de oleaje. El ordenamiento se refiere a que los clastos más grandes tienden a quedar cerca de la superficie del flujo, lo que se conoce como gradación inversa. Por otra parte, el caudal pico que presentan estos flujos puede ser hasta 40 veces mayor que aquellos que causan una inundación. Otra característica que distingue a estos flujos es la forma de la depositación del material sólido: cuando el flujo de detritos alcanza el ápice del abanico de depositación, el canal se amplía y los clastos más gruesos son expulsados hacia los lados para formar una especie de jarillones o albardones y el frente es sobrepasado por el material fino que viajaba tras ellos hasta detenerse tomando una forma lobulada gruesa (Hungry et al., 2001).

En el sector de Mayapo encontramos, hasta cuatro flujos de detritos (huaycos). El principal está confinado al río Mayapo, otros dos aportan material al cauce principal del río Mayapo y el otro se ubica a 1 km aguas arriba del río Apurímac.

El río Mayapo, en tiempos prehistóricos (pleistoceno?), generó flujos de grandes dimensiones, que llegó a represar el río Apurímac. Esto se observa en los depósitos dejados sobre el río Apurímac, tal como lo muestran la imagen satelital del Google Earth (figura N°11), donde se aprecia que el río migró hacia la margen derecha. Posteriormente esta terraza fue erosionada parcialmente por el río Apurímac, disectándola por el centro (figura N°10). Este flujo tiene un recorrido de 3 km (aproximadamente), y formó un abanico con una longitud de 1 200 m. Sobre la terraza formada por el flujo se encuentra asentado el poblado de Mayapo.

Las causas de este flujo posiblemente son:

- Laderas conformadas por conglomerados no diagenizados y de fácil erosión.
- Laderas de fuerte pendiente.
- Material del lecho del río de fácil remoción.

Se tiene la hipótesis que otra de las causas, es el represamiento del río Mayapo por deslizamiento (margen izquierda). Al momento del desembalse del río Mayapo generó este flujo de detritos. El factor desencadenante probablemente fue un periodo lluvioso intenso o una lluvia excepcional.

En el sector de la terraza erosionada (Figura N° 2), se muestra varias secuencias de depósitos (descritos anteriormente), estas secuencias representan parte de la historia geodinámica del río Mayapo, donde se aprecian eventos de diferentes magnitudes.



Figura N°11.- Imagen satelital del Google Earth, se muestra que el poblado de Mayapo se encuentra sobre una terraza antigua, generada por un flujo de detritos.

En la actualidad el lecho del río Mayapo, se encuentra colmatado de material de fácil remoción (Fotos N°8, 9 y 10) y su cauce ha migrado hacia la margen izquierda (Foto N°11).

Por otro lado se observó una intensa deforestación de la zona, contribuyendo a que las laderas sean fáciles de erosionar y a su vez aporten material suelto al lecho del cauce de la quebrada.

Antiguamente en la margen derecha, había un muro de concreto, el cual actuaba como defensa ribereña, pero que a través de los años fue erosionado y destruido por la dinámica del río Mayapo (Foto N° 12).

Actualmente el río está siendo canalizado, construyéndose un gavión en la margen derecha, de 100 m de longitud (Foto N°10). Es necesario culminar esta obra.



Foto N°8.- Vista aguas arriba del cauce del río Mayapo, se muestra colmatado por gravas y arenas.



Foto N°9.- Vista aguas abajo, desembocadura del río Mayapo.



Foto N°10.- Gavión ubicado en la margen derecha del río Mayapo.

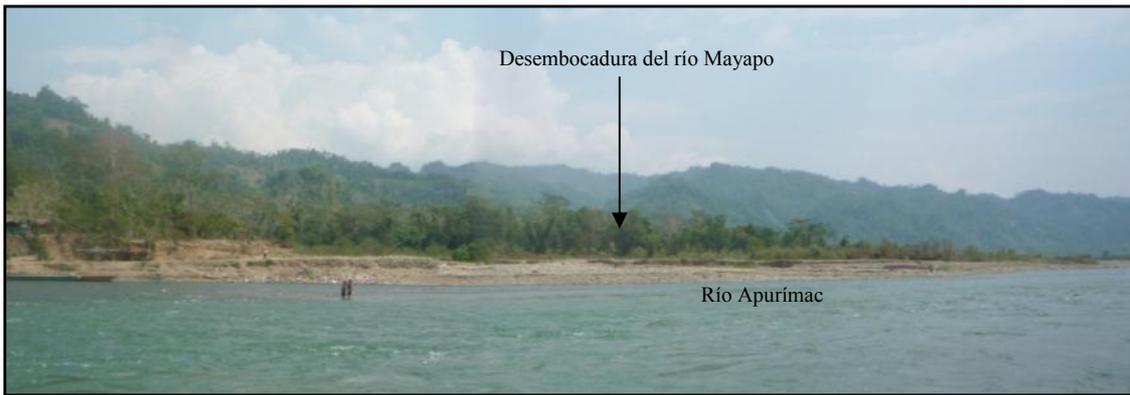


Foto 11.- Desembocadura del río Mayapo, hacia el río Apurímac.



Foto N° 12.- Defensas ribereñas (gaviones) (A) recientemente construidas, se aprecia también muros destruidos (B).

Los ríos Mayapo y Apurímac en tiempos de crecidas, (periodo lluvioso), se vuelven muy torrentosos y capaces de movilizar grandes masas de materiales.

Se identifico dos quebradas con flujos de detritos que aportan material al río Mayapo (Foto N° 13), forman depósitos conformados por gravas en una matriz arenosa. Estas quebradas también están disectando a la Formación La Merced (conformada por conglomerados no diagenizados) de fácil erosión.



Foto N°13.- Margen izquierda del río Mayapo, se muestra un depósito generado por un flujo de detritos (A) que aporta material al río (B).

## **6.-ZONAS AFECTADAS O QUE PUEDEN SER AFECTADAS**

La erosión fluvial del río Apurímac ha destruido la poza de oxidación del poblado menor de Mayapo. De seguir esta en dirección a la zona urbana, es muy probable que afecte a viviendas ubicadas cerca del borde de la terraza.

De suceder una lluvia excepcional es muy probable que genere un flujo de detritos (huayco) de grandes dimensiones, que afectaría al centro poblado de Mayapo.

## **7. MEDIDAS CORRECTIVAS**

### **7.1 Para la zona de erosión**

#### **a) Medidas inmediatas**

- Los antiguos canales o cauces colmatados del río Apurímac, que se encuentran aguas arriba del poblado de Mayapo, deben ser descolmatados o dragados. Esto se hace con la finalidad que el río retome su cauce antiguo, y así disminuir la fuerza erosiva que está sufriendo el sector de Mayapo.

#### **b) Medidas a mediano plazo**

Construir una defensa ribereña, aguas arriba, adherida al substrato rocoso (Foto N° 14), la cual debe ser diseñada por un profesional experto en hidráulica. Esto servirá para que en futuro las aguas migren hacia la margen derecha.

Después del periodo lluvioso realizar limpieza de los canales del río Apurímac ubicados aguas arriba, con la finalidad de evitar la colmatación de ellos (Foto N°s 14 y 15) y asegurarse de que el río tienda a migrar hacia la margen derecha.



Foto N°14.- Sector donde se puede colocar la defensa ribereña y la zona a descolmatar.

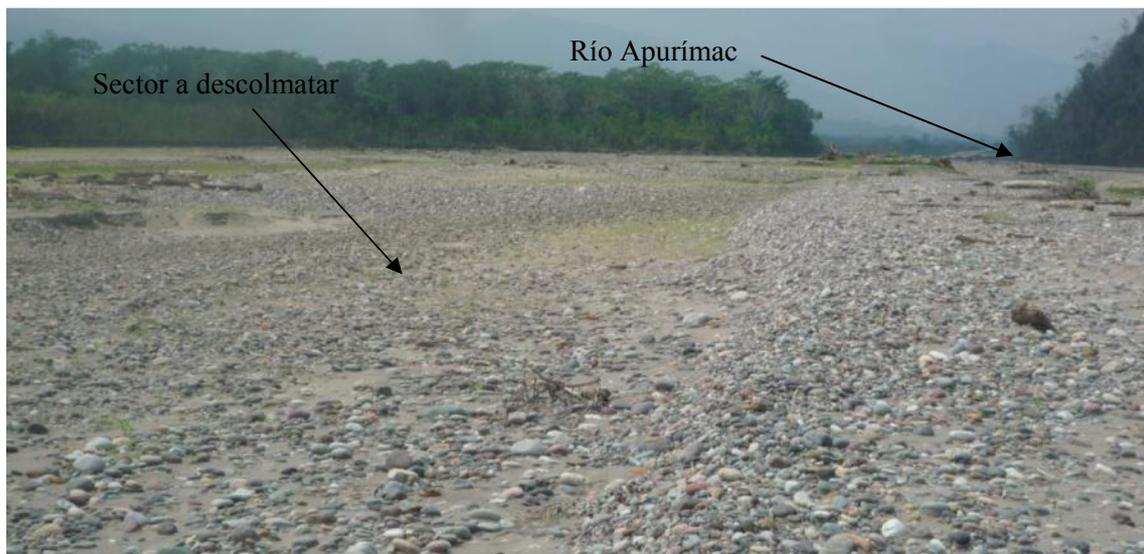


Foto N°15.- Otro sector a descolmatar o dragar, se observa depósitos de gravas y arenas.

## 7.2 Para la zona de flujos

### a) Medidas inmediatas

Descolmatación del cauce del río Mayapo, para que en épocas de avenida el cauce este limpio y el flujo discurra sin impedimentos.

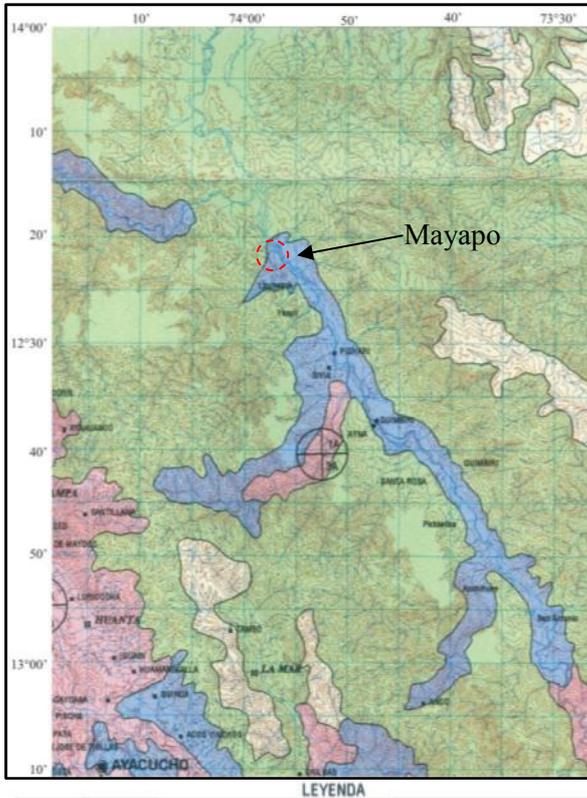
### b) Medidas a mediano plazo

Hacer un programa de forestación, con la finalidad de evitar la aceleración de los movimientos en masa (derrumbes y deslizamientos) que alimentan a la quebrada con materiales sueltos.

Hacer diques transversales a lo largo de la quebrada, con la finalidad de atenuar la carga del flujo de detritos.

## 8.- SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

Según Guzmán A. et al-2003, el sector de Mayapo, está considerado como un área de alto peligro, frente a deslizamientos, movimientos complejos (deslizamientos-flujos), huaycos, inundaciones y erosión fluvial (Figuras N° 12 y 13).



LEYENDA

AREA	GRADO DE PELIGRO	CARACTERÍSTICAS	RECOMENDACIONES
	MUY ALTO	Áreas donde convergen numerosos peligros geológicos: principalmente huaycos, caídas, deslizamientos, movimientos complejos, inundaciones, erosión fluvial y algunas áreas aluviales. Terrenos con fuerte a muy pendiente.	Áreas propensas a sufrir eventos naturales severos, en las cuales debe evitarse actividades de desarrollo. De implementarse estas actividades, por el requerimiento de la población, deberán tener estudios geológicos - geotécnicos al detalle, previos.
	ALTO	Áreas donde convergen principalmente Deslizamientos movimientos complejos, huaycos, inundaciones, hundimientos y erosión fluvial. Terrenos de fuerte pendiente.	Áreas que requieren más evaluación sobre peligros geológicos (estudios geológicos - geotécnicos), antes de iniciar la construcción de obras.
	MODERADO	Presenta generalmente de Huaycos, caídas de rocas, reptados de suelos, erosión de taludes. Terrenos de pendiente media a baja.	Áreas que presentan amenazas o peligros geológicos de moderado a bajo riesgo. Aytes para las actividades de desarrollo previo evaluación geológica - geotécnicas.
	BAJO	En la zona Zonas de arenamiento, erosión de taludes, inundaciones, flujo (son flujos no cohesivos), en la sierra. Predomina con riesgo (debilidad) moderado, erosión en la zona inundaciones y erosión fluvial. Terrenos de pendiente media a baja.	

Figura N°12.- Mapa de peligros geológicos Múltiples (Fuente: Guzmán, A.; et al. 2003).

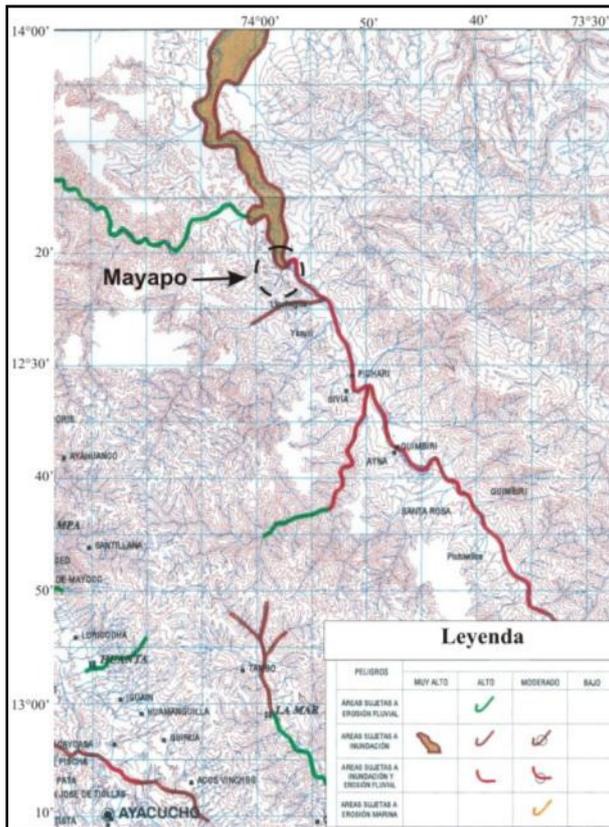


Figura N°13.- Mapa de áreas sujeta a erosión fluvial, inundación (Guzmán, A.; et al. 2003).

## CONCLUSIONES

- El río Apurímac es de tipo anastomosado, una de sus características dinámicas es colmatar sus cauces y por ello tender a formar nuevos cauces, originando de esta manera las variaciones en la dirección de su curso. En sus márgenes se generan erosiones de riberas. La variación del curso del río Apurímac ha afectado al poblado de Mayapo, ha erosionado unos 200 m lineales y 140 m tierra adentro.
- La zona es considerada como de Alta Susceptibilidad a los Movimientos en Masa (huaycos, derrumbes y deslizamientos) por presentar condiciones que propician estos fenómenos, tal como rocas de mala calidad, pendiente del terreno, deforestación y precipitaciones pluviales intensas.
- Las rocas que conforman las laderas son de la Formación La Merced, están compuestas por conglomerados con una matriz arenosa, de fácil erosión.

## RECOMENDACIONES

- Para evitar que siga la erosión fluvial del río Apurímac en la terraza donde se asienta el poblado de Mayapo. Se debe dragar o descolmatar los antiguos canales del río ubicados aguas arriba que han sido colmatados por gravas y arenas (ver mapa de peligros).
- Como medidas a mediano plazo, construir defensas ribereñas aguas arriba de Mayapo, con la finalidad de desviar el cauce hacia la margen derecha.

- c) Las futuras expansiones urbanas deben estar orientadas hacia las cumbres de los cerros, porque la planicie donde está ubicado el poblado de Mayapo es susceptible a ser afectada por flujos de detritos (huaycos). Previos estudios de las zonas a ser pobladas.
- d) El cauce del río Mayapo debe ser descolmatado después de cada temporada de lluvia.
- e) El gavión ubicado en la margen derecha del río Mayapo, debe de proyectarse hasta finalizar el poblado o la trocha afirmada.
- f) Hacer un programa de forestación con la finalidad disminuir los procesos de movimientos en masa.

## REFERENCIAS

- Guzman, A.; Fidel, L; Zavala, B; Valenzuela, G.; Núñez, S.; Rivera, M.; Vilchez, M.; Villacorta, S.; y Pari, W. (2003) *Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3*. INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N° 28, 373 pag.
- Hungr, O., y Evans, S., 2004, *Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism: Geological Society of America Bulletin*, v. 116,p. 1240–1252.
- Monge R.; Valencia, M. y Sánchez, J. (1998). *Geología de los Cuadrángulos de Llochegua, Río Picha y San Francisco*. INGEMMET, Serie A: Carta Geológica, Boletín N°120, 253 pag.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2003), *Mapa de Precipitación Anual-Periodo Normal (Septiembre-Mayo)*. En: Atlas de Peligros Naturales (INDECI). Lima. Págs. 310-311.
- Smith, S (1980). *Sistemas de río Anastomosados* en línea (Consulta: agosto 2010) <http://www.geologia.uson.mx/academicos/grijalva/ambientesfluviales/sistemaderio-sanastomosados.htm>.