

Informe Técnico N° A6626

Peligros geológicos en los centros poblados Carrizales, San Miguel - El Mirador, Pacaypite y Jepelacio

Región San Martín, Provincia Moyobamba, Distrito Jepelacio



POR:

SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
SANDRA VILLACORTA CHAMBI

ABRIL 2013

CONTENIDO

I. RESUMEN	3
II. INTRODUCCIÓN	4
2.1 GENERALIDADES.....	4
2.1.1 Antecedentes.....	5
2.1.2 Estudios anteriores:.....	6
2.1.3 Metodología	6
2.1.4 Geología.....	7
2.1.5 Geomorfología.....	9
III. PELIGROS GEOLÓGICOS	11
3.1 PROCESOS IDENTIFICADOS EN EL DISTRITO DE JEPELACIO	11
3.1.1 Deslizamientos	13
3.1.2 Flujos	14
3.1.3 Erosión de laderas.....	17
3.1.4 Inundaciones	18
3.1.5 Sismos.....	18
3.2 EVENTOS DEL 21-22 DE MARZO DEL 2013	20
3.2.1 Deslizamiento de El Mirador	21
3.2.2 Avalancha de rocas de Carrizales.....	24
3.2.2 Movimientos complejos en Pacaypite.....	26
IV. AREA DE REUBICACION DEL CASERÍO EL MIRADOR PROPUESTA POR LA MUNICIPALIDAD.....	34
V. CONCLUSIONES	35
VI. RECOMENDACIONES.....	35
6.1 GENERALES	35
6.2 ESPECÍFICAS.....	36
6.2.1 El Mirador	36
6.2.2 San Miguel.....	36
6.2.3 Pacaypite.....	38
6.2.4 Centro Educativo Juan Velasco Alvarado.....	38
6.2.5 Jepelacio	38
6.2.6 Carretera Belaunde Terry.....	38
6.2.7 Para inundaciones y erosión fluvial del río Gera.....	39
6.2.8 Zona de reubicación	40
VII. AGRADECIMIENTOS.....	41
VIII. REFERENCIAS	41

I. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los peligros geológicos que podrían afectar a los centros poblados de Carrizales, San Miguel, El Mirador, Pacaypite y Jepelacio del distrito de Jepelacio, provincia Moyobamba, región San Martín, el jueves 11 y viernes 12 de abril del 2013, se inspeccionó la zona en compañía de representantes de la Subgerencia de Defensa Civil de la Región San Martín, el alcalde de Jepelacio y profesionales del Proyecto Especial Alto Mayo.

La evaluación de los antecedentes y constatación en campo permite señalar que:

- En el caserío El Mirador, se ha formado un represamiento de la quebrada Sanango Yaco, por efecto de un deslizamiento, lo que hace peligrar al centro poblado de San Miguel ante un posible desembalse.
- En Pacaypite los movimientos en masa han afectado seriamente a viviendas.
- En Jepelacio los movimientos en masa son antiguos y recientes (2011), para prevenir su reactivación se deben hacer obras de prevención y mitigación.
- Otros movimientos en masa antiguos como la avalancha de rocas de Carrizales han sufrido una reactivación por corte de talud.

La principal causa de los últimos movimientos en masa ocurridos en dichas localidades, ha sido la saturación de agua del material del substrato (capas rojas). El factor detonante ha sido la fuerte precipitación pluvial de los días 21 y 22 de marzo del 2012. Se observa además que la deforestación ha favorecido la inestabilidad de los terrenos.

Para prevenir los daños causados por estos procesos, se debe considerar la reubicación de las viviendas que se encuentran en sectores críticos por movimientos en masa, así como la realización de estudios a escala de detalle. Asimismo se debe elaborar un plan de emergencia para caso de huaycos de la quebrada Sanango Yaco que puedan afectar al poblado de San Miguel.

II. INTRODUCCIÓN

Las elevadas precipitaciones pluviales que ocurren en zonas tropicales como las que se dan en la “ceja de selva” peruana, son factores desencadenantes para generar movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas y flujos de detritos). Sobre todo en aquellas laderas de pendientes fuertes con substratos rocosos de mala calidad y sometidas a deforestación intensa, características que las hacen muy susceptibles a sufrir estos procesos.

El objetivo de este informe es evaluar los peligros geológicos que podrían afectar a los centros poblados de Carrizales, San Miguel, El Mirador, Pacaypite y Jepelacio (distrito de Jepelacio, provincia Moyobamba, región San Martín); así como las causas de su ocurrencia. La información servirá para que las autoridades puedan actuar adecuadamente en la prevención y mitigación de desastres de los sectores evaluados.

2.1 GENERALIDADES

Los centros poblados El Mirador, Carrizales, San Miguel, Pacaypite y Jepelacio se encuentran ubicados en la margen izquierda del río Gera entre las altitudes 1070 y 1400 m.s.n.m. en las siguientes coordenadas UTM:

- El Mirador : 286323 E, 9314903 N
- Carrizales: 288072 E, 9309911 N
- San Miguel: 287958 E, 9312723 N
- Pacaypite: 290471 E, 9314048 N
- Jepelacio: 288075 E, 9324479 N

Políticamente pertenecen al distrito de Jepelacio, provincia Moyobamba, región San Martín (figura 1).

Se accede a los sectores señalados, tomando la ruta Moyobamba-Jepelacio, los primeros 5 km son asfaltados para proseguir por trocha afirmada, siendo las distancias las siguientes:

- Moyobamba- Jepelacio: 17.0 km.
- Jepelacio – Pacaypite: 12.0 km.
- Pacaypite – San Miguel: 3.8 km.
- San Miguel – Carrizales: 3.9 km.
- San Miguel – Mirador: 3.5 km (Camino de herradura).

La población en gran parte se dedica a los cultivos de café y cacao y en menor proporción a la ganadería.

El clima es cálido-húmedo. Las precipitaciones son abundantes de diciembre a Abril y el periodo seco con lluvias escasas de mayo a noviembre (SENAMHI, 2003).

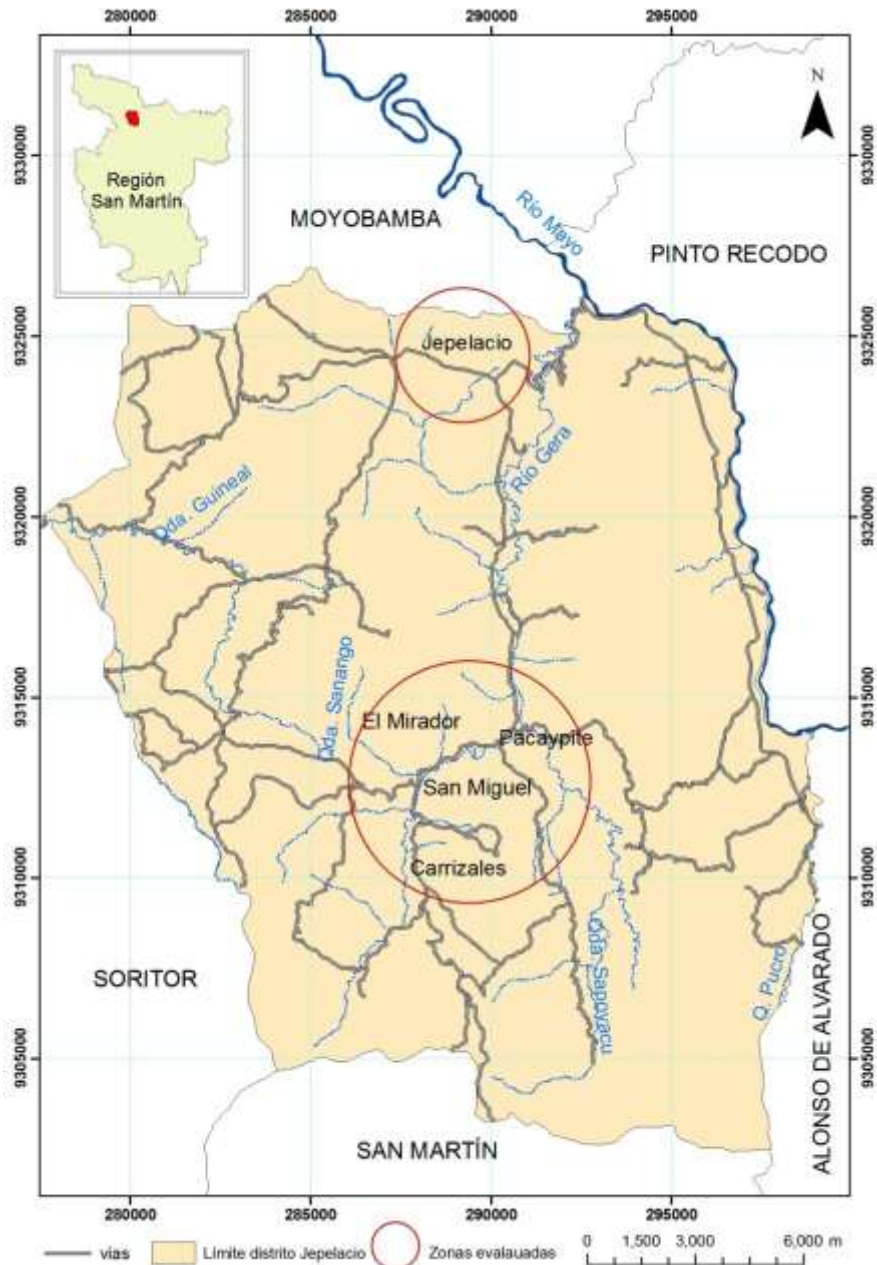


Figura 1. Mapa de zonas Evaluadas en le distrito de Jepelacio

2.1.1 Antecedentes

Mediante Oficio N° 096-2013 GRSM/PGR, de fecha 25 marzo 2013, el Gobierno Regional de San Martín solicita a la Presidencia del Consejo de Ministros apoyo con especialistas para evaluar la zona devastada por las lluvias en el distrito de Jepelacio, provincia Moyobamba, Región San Martín.

Con fecha 27 de marzo 2013 la Presidencia del Consejo de Ministros se comunica con la Presidencia del Consejo Directivo del INGEMMET vía correo electrónico, señalando que en el distrito de Jepelacio (provincia Moyobamba), los cerros que se encuentran entre las localidades de Pacaypite y Nuevo San Miguel, como consecuencia de las lluvias, presentan grietas y roturas horizontales que podrían generar deslizamientos que afecten a la población local

asentada en las partes bajas por lo que es necesaria una evaluación por especialistas de INGEMMET.

Mediante oficio N° 004-2013-PCM/DM-SINAGRED, de fecha 03 de abril de 2013, el Asesor del Despacho Ministerial Responsable SINAGERD de la Presidencia del Consejo de Ministros, Daniel Urestegui Elera, solicita apoyo con especialistas para evaluar la zona devastada por las lluvias en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba, Región San Martín.

Para atender la emergencia, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET, dispuso que los Ings. Segundo Núñez y Sandra Villacorta, realizaran la inspección correspondiente.

2.1.2 Estudios anteriores:

Estudios geológicos efectuados con anterioridad que tratan aspectos señalados en el presente informe son:

- “Geología de los Cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjuí” (Sánchez y Herrera, 1998), donde se señalan las unidades geológicas que pueden observarse en el área.
- “Informe de Zonas Críticas Región San Martín. Primer Reporte”. (Nuñez y Luque, 2008), el cual señala 125 zonas críticas por estos procesos para la región San Martín, dentro de las cuales se menciona a los sectores evaluados.
- “Riesgos Geológicos de la Región San Martín” (Nuñez y Luque, 2010) que analiza a escala regional la problemática de los peligros geológicos y presenta el primer mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para la región.
- “Informe geológico: Evaluación de las zonas de riesgos geológicos en el tramo San Vicente-Carrizal en el distrito de Jepelacio – provincia de Moyobamba” (Peña, E, 2013) donde se señala que es necesario evacuar el área crítica por deslizamientos de El Mirador.
- “Informe técnico Multisectorial de Evaluación de daños. Zonas de desastres. Cuenca del río Gera y afluentes. Poblaciones afectadas. Región San Martín. Provincia de Moyobamba. Distrito de Jepelacio” (PEAM, 2013). Donde se citan las acciones ejecutadas en las poblaciones afectadas por las lluvias de marzo del 2003, a cargo de los sectores Vivienda, Educación, Agricultura, Transportes, Energía y Minas y Ambiente.

2.1.3 Metodología

La metodología seguida para elaborar este informe ha consistido de una **etapa previa** donde se realizó el compilado de toda la información base a cerca de la zona de estudio. Incluye la interpretación de fotografías aéreas, imágenes satelitales, mapas preliminares e información bibliográfica de boletines y artículos correspondientes al tema.

En la **etapa de campo** se procedió a realizar el cartografiado de procesos geológicos y geohidrológicos y la inspección de las zonas afectadas, en compañía de representantes de la Subgerencia de Defensa Civil de la Región San Martín, el alcalde de Jepelacio y profesionales del Proyecto especial Alto Mayo. Se desarrolló los días jueves 11 y viernes 12 de abril del 2013.

En la **tercera etapa**, se procesó la información obtenida en campo, y se elaboró el informe respectivo.

2.1.4 Geología

De acuerdo al mapa geológico realizado por Sánchez y Herrera (1998), en el área comprendida entre Jepelacio y San Miguel, se encuentran afloramientos de rocas arcillosas, arenosas y calcáreas (figura 2). Por encontrarse en capas delgadas y estar intensamente fracturadas estas rocas son susceptibles a la generación de movimientos en masa. En el caso de las rocas arcillosas y limosas, estas son altamente deleznable y desmoronables. En la inspección de campo se observó en el área del caserío El Mirador que los estratos de arenisca presentan nódulos con diámetros de hasta 1m (fotos 1 y 2). Por este tipo de estructura, la erosión se produce de forma esferoidal. También se pudo observar en la quebrada Sanango Yaco afloramientos de areniscas y limoarcillitas de color rojizo y amarillento (foto 3).

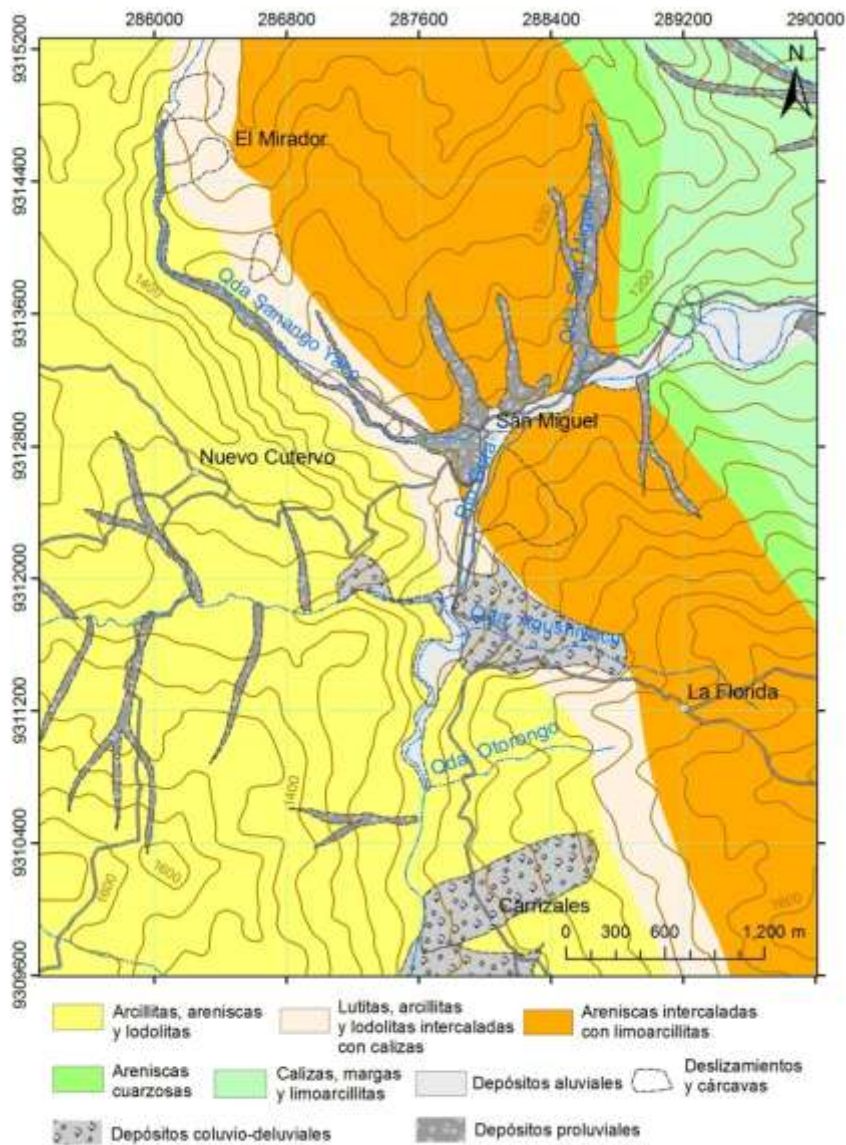


Figura 2. Mapa geológico de los sectores El-Mirador, San Miguel, Pacaypite y Carrizales (Modificado de: Sánchez y Herrera, 1998).



Foto 1. Nódulo de arenisca, presenta ruptura cóncava.



Foto 2. Nódulo, con diámetro hasta de 1,5 m.



Foto 3. Limolitas de color rojizo, con areniscas de color amarillento, observadas en la margen izquierda de la quebrada Sanango Yaco.

En el área de Japelacio las rocas aflorantes son areniscas cuarzosas, limolitas, arcillas (figura 3), las cuales se encuentran cubiertas por potentes depósitos aluviales y coluvio-deluviales, generados por movimientos en masa antiguos como avalanchas y huaycos). Estos depósitos están conformados generalmente por gravas y bloques englobados en una matriz limo-arcillosa.

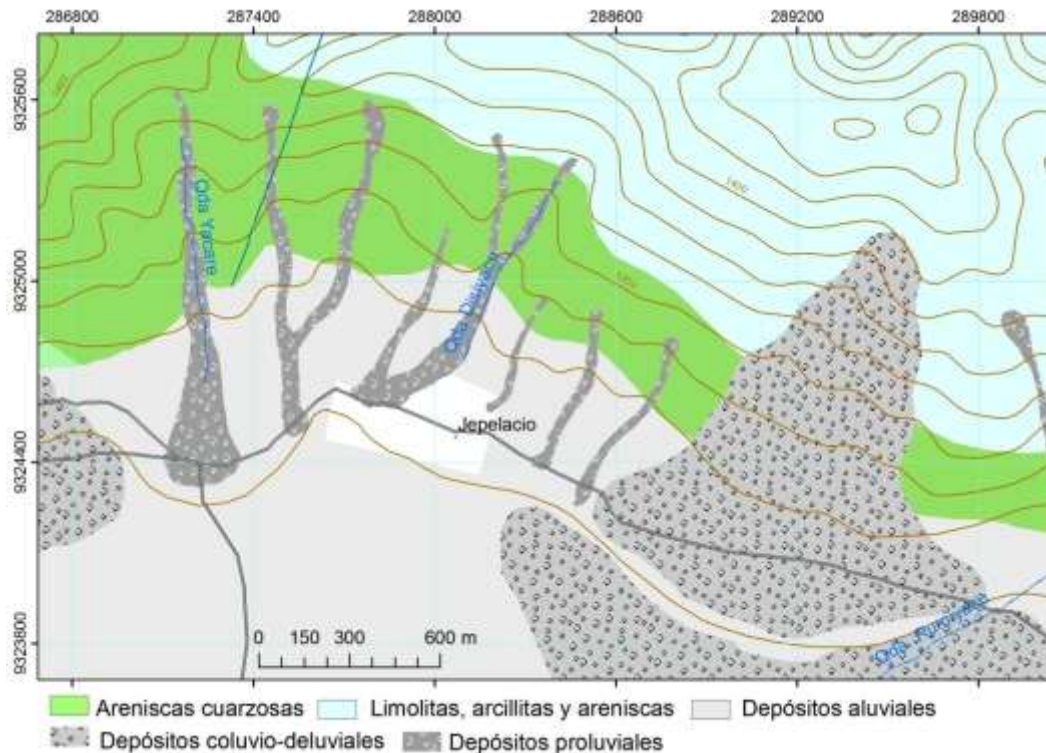


Figura 3. Mapa geológico de Japelacio y alrededores (Modificado de: Sánchez y Herrera, 1998).

2.1.5 Geomorfología

Geomorfológicamente el área, se encuentra entre colinas y montañas estructurales (fotos 4 y 5) que siguen el alineamiento general de la Cordillera de los Andes (noroeste-sureste). Estas geofomas se encuentran disectadas por el valle del río Gera y sus quebradas tributarias entre las que destacan: Sanango Yaco, San Miguel, Shuchshuyacu, Rumicollpa, entre otras.



Foto 4. Montañas estructurales en el sector de San Miguel.



Foto 5 Montañas estructurales en la parte alta de Jepelacio.

El río Gera hasta el sector de Barranquita muestra un drenaje de tipo rectilíneo y desde ese punto aguas abajo es de tipo meándrico (figura 4) hasta su desembocadura en el río Mayo. En esas sinuosidades o recodos es donde las terrazas de sus márgenes son susceptibles a erosión fluvial y desborde por avenidas del río Gera.

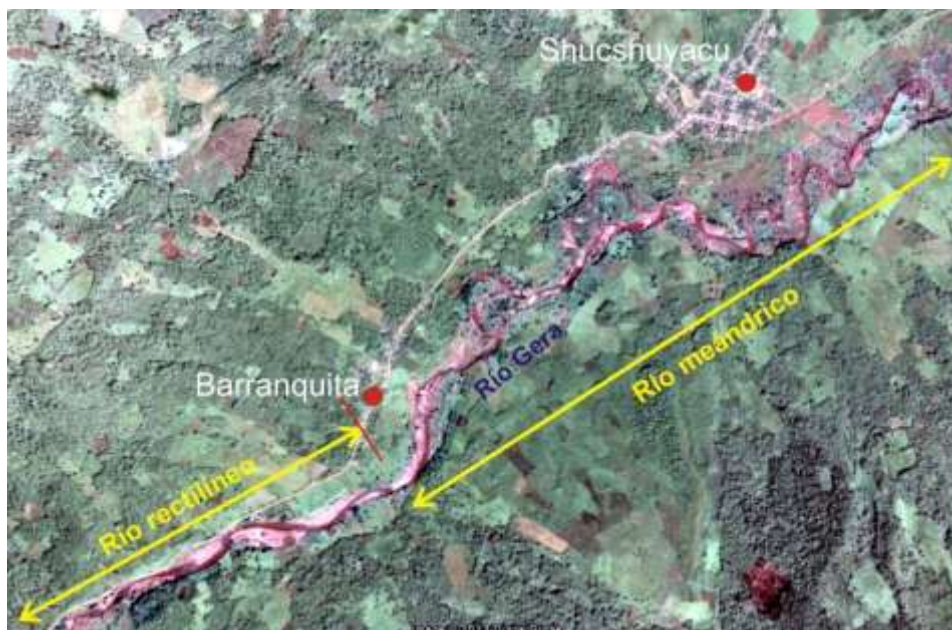


Figura 4. El cauce del río Gera se muestra rectilíneo hasta Barranquita y a partir de allí meándrico (Imagen satelital tomada de Google Earth).

La quebrada Sanango Yaco, se caracteriza por ser de tipo juvenil, con perfil típico en "V" (figura 5). Los valles jóvenes generalmente son muy inestables, debido a que se encuentran en pleno proceso de denudación. Las laderas de estos valles son de moderada a fuerte pendiente (25 a 45°). Si combinamos esta característica con la presencia de un substrato rocoso susceptible a desmoronarse y la presencia de depósitos superficiales de grandes espesores, se tiene un área altamente peligrosa por movimientos en masa. De otro lado, los ríos del sector tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva. Es por ello que forman generalmente flujos de detritos o de lodo en épocas de intensas precipitaciones.



Figura 5. La quebrada Sanango Yaco muestra un perfil típico en "V". Su área de su influencia se ha señalado en color morado.

III. PELIGROS GEOLÓGICOS

Como resultado de los trabajos del estudio de Riesgos Geológicos de la Región San Martín (Nuñez y Luque, 2010) se registraron un total de 793 peligros geológicos en la región, los cuales son evidencia de una intensa actividad geodinámica del área, en el pasado geológico reciente y actual. Los peligros geológicos registrados en el distrito de Jepelacio se describirán a continuación.

3.1 PROCESOS IDENTIFICADOS EN EL DISTRITO DE JEPELACIO

Durante los trabajos de campo para el "Estudio de Riesgo de la región, San Martín" (Nuñez y Luque, 2010), en el distrito de Jepelacio se identificaron movimientos en masa antiguos y activos, algunos de los cuales represaron temporalmente al río Gera. Los principales peligros geológicos inventariados son deslizamientos, flujos y erosión de laderas (figura 6); sin embargo las inundaciones y los sismos serían los procesos más destructivos para la región San Martín. Vale mencionar que los poblados de San Miguel y Pacaypite se identificaron como zonas críticas por peligros geológicos (figura 7) en el citado estudio. San Miguel es considerada como zona crítica por su ubicación, en el área de desfogue de la quebrada Sanango Yaco hacia el río Gera (figura 5). También Pacaypite, porque está sujeto a la generación de flujos de detritos que descienden por una quebrada en la margen izquierda del río Gera.

A continuación una breve descripción de los deslizamientos, flujos, inundaciones y sismos en el distrito.

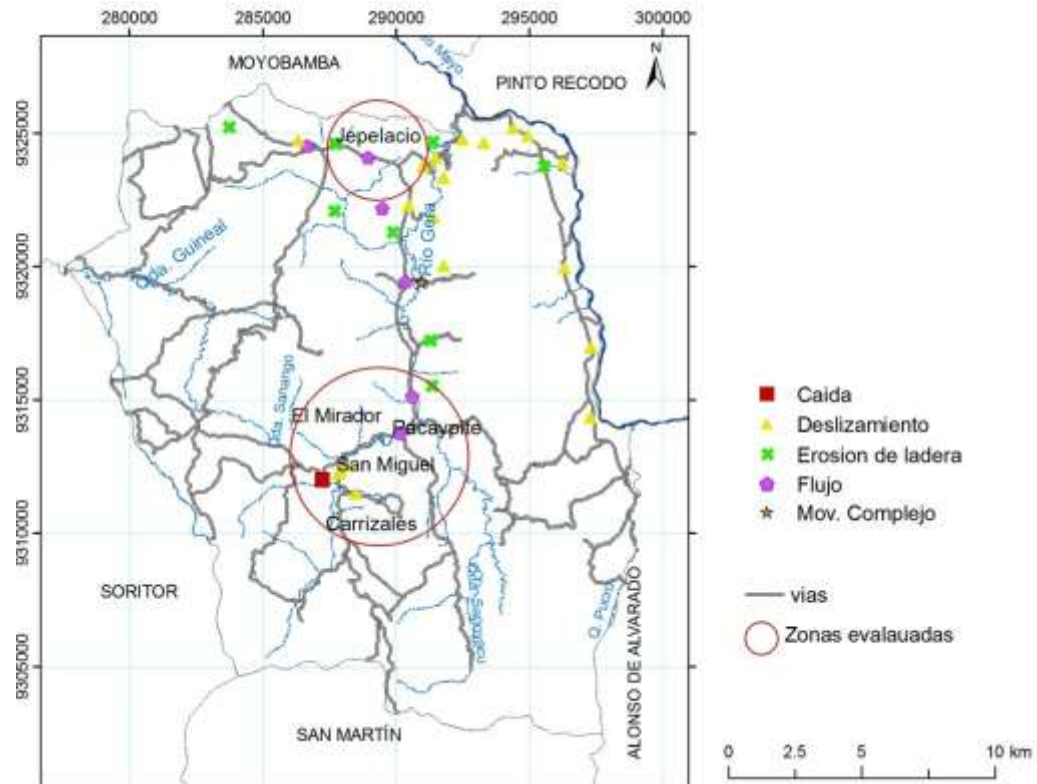


Figura 6. Peligros geológicos inventariados en el distrito de Jepelacio. Tomado de: Nuñez y Luque (2010).

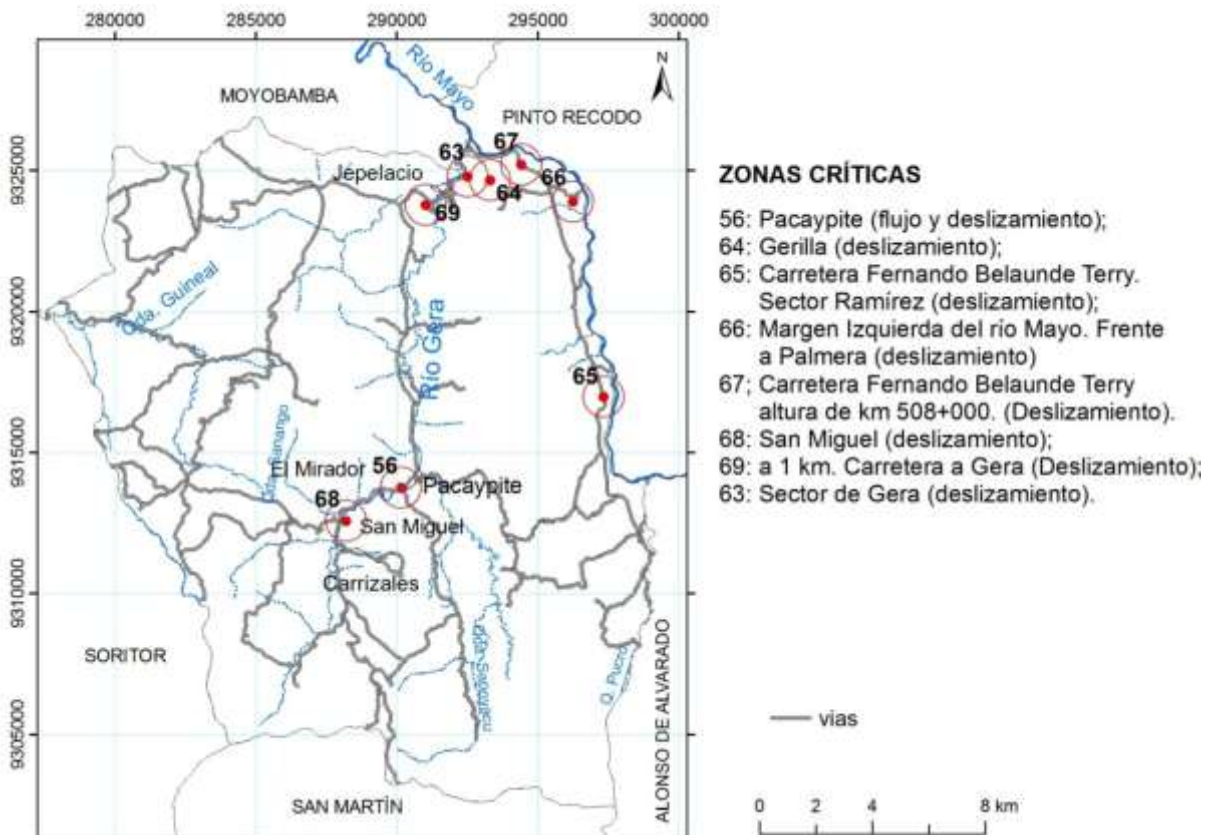


Figura 7. Zonas críticas por peligros geológicos en el distrito de Jepelacio. Tomado de: Nuñez y Luque (2010).

3.1.1 Deslizamientos

Son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según la clasificación de Varnes (1978), se puede clasificar a los deslizamientos, según la forma de la superficie de la escarpa por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007). En la figura 8 se representa las partes principales de un deslizamiento.

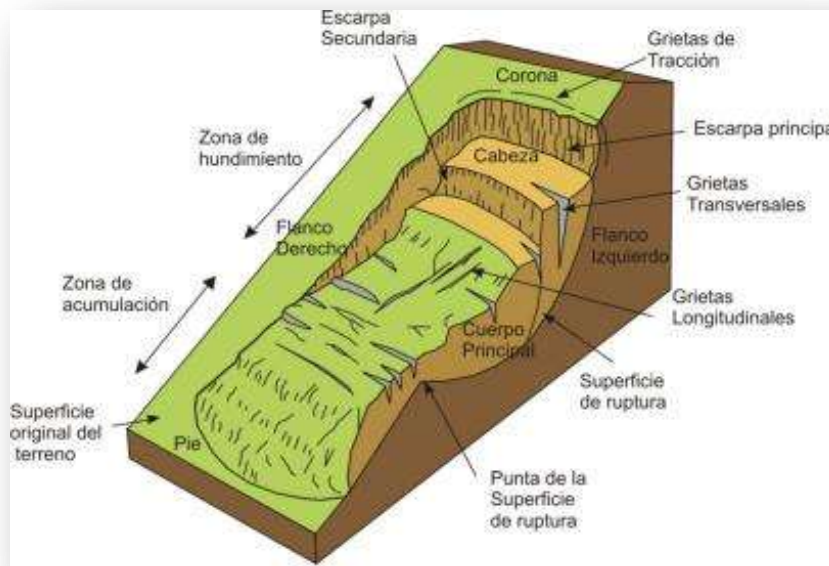


Figura 8. Esquema de un deslizamiento con sus partes principales. (Cruden y Varnes, 1996)

Las causas para la ocurrencia de estos procesos están relacionadas con la litología del substrato, la pendiente del terreno, la presencia de agua entre otros. La acción humana puede favorecer su activación, por ejemplo por deforestación de terrenos.

Es frecuente que deslizamientos antiguos aparentemente ya estabilizados, se vuelvan a reactivar ya sea por factores naturales o antrópicos. Esto se observó en los alrededores del poblado de Jepelacio, en el área de la cantera, donde se tiene un potente depósito de remoción antiguo, el cual está cediendo por sectores, debido en parte a la erosión en cárcavas que surca este depósito y por la excavación del material usado en construcción.

Muchos ejemplos de este tipo de procesos se pueden ver en la carretera entre el tramo Moyobamba-Jepelacio. Se, han registrado varios derrumbes y reactivaciones de deslizamientos, originados por la crecida del río Gera y los cortes en los taludes de la carretera. Por ejemplo a la altura del puente Gera se produjo un derrumbe que inhabilitó la vía Fernando Belaunde Terry, actualmente se encuentra en reconstrucción este tramo.

Otros sectores críticos afectados por deslizamientos en el distrito son: Gerilla-Puente Gera, carretera Fernando Belaunde Terry km 508+000, Carretera a la Central Hidroeléctrica Gera.

3.1.2 Flujos

Se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Existen casos en que se originan a partir de otros tipos de procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). Pueden transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños. Pueden alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aun si la pendiente es más elevada.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado, figura 9) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo se tienen flujos de detritos (huaycos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc. Las avalanchas de detritos son flujos de grandes dimensiones. Sus depósitos están usualmente compuestos por bloques grandes (métricos), aun cuando se puede encontrar en su matriz material fino derivado parcialmente de roca fragmentada e incorporada en la trayectoria (Hungr et al, 2004).

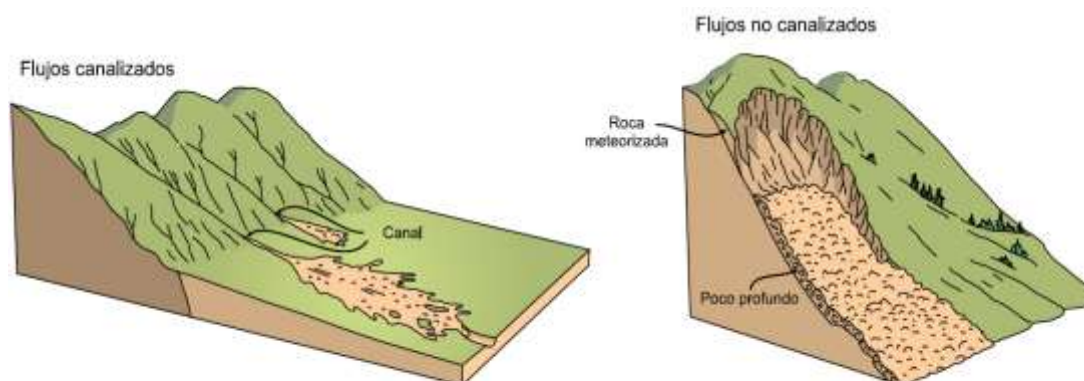


Figura 9. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996)

El potencial destructivo de los flujos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado (Rickerman, 2005) siendo muy importante una caracterización detallada de los eventos, dato importante que nos dará una idea del grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

En el distrito de Jepelacio se identificaron flujos en las quebradas Sanango Yaco, Disiyacu y Yacaré, Lejiayacu, Shucshuyacu, Rumicollpa, Pacaypite.

La quebrada Sanango Yaco muestra evidencias anteriores de avalanchas de detritos y flujos de lodo. Además recibe aporte en sus cabeceras de deslizamientos como se detallará más adelante. Actualmente el material acumulado en el cauce de la quebrada se encuentra propenso a la reactivación en época de lluvias.

Las quebradas Disiyacu y Yacaré mostraron actividad en marzo del 2011, afectando a cinco viviendas, un grifo de combustible y vías del poblado de Jepelacio. Ambas presentan características similares: nacen sobre los 1000 m, son estrechas en sus cabeceras (foto 6) y se amplían hacia su desembocadura;

direcciones NE-SO y pendientes entre 30 y 40°, con longitudes de 1,14 km y 1,42 km respectivamente.



Foto 6. Quebrada Disiyacu, cauce estrecho de hasta 6 m de ancho, con abundante material suelto.

Los cursos actuales de las quebradas Yacaré y Disiyacu son angostos comparados con los abanicos aluviales de los eventos antiguos que produjeron (hasta 50 m de amplitud, figura 10). En el caso específico del flujo de detritos de la quebrada Yacaré, es muy probable que se haya iniciado por el desembalse violento de un represamiento temporal originado por un derrumbe en la naciente de la quebrada, el cual originó una represa natural, que al romperse descendió violentamente. Inicialmente transcurrió por el angosto cauce de la quebrada (foto 7) pero que al abrirse, paso hacia el valle, por el cambio de pendiente no soportó el cauce natural, el material se rebalzó y extendió hasta la zona donde estaba el grifo de Jepelacio (foto 8).

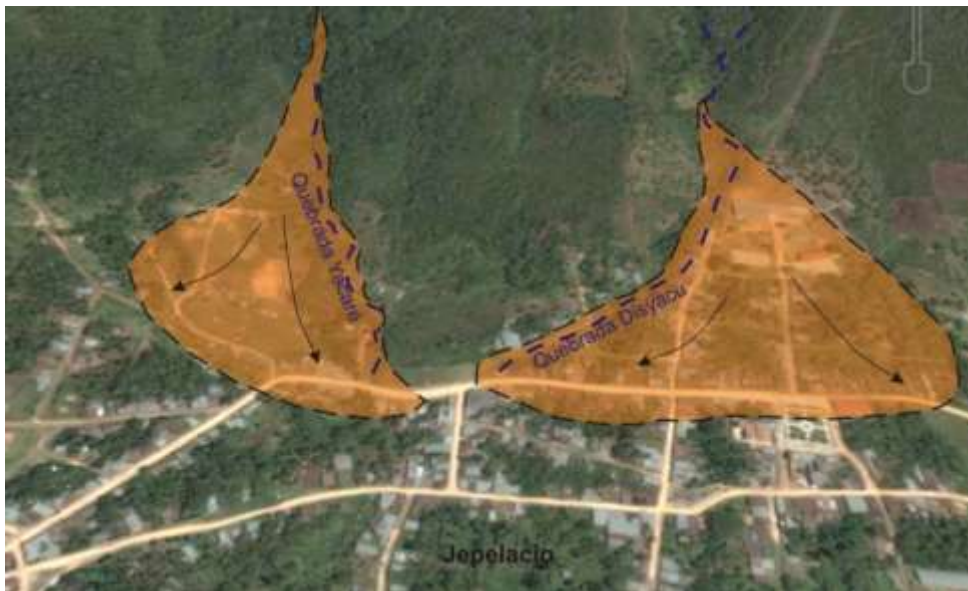


Figura 10. Depósitos de flujos de las quebradas Yacaré y Disiyacu.



Foto 7. Desembocadura de la quebrada Yacaré, se muestran bloques transportados por un flujo de detritos.



Foto 8. El material transportado por el flujo de detritos de la quebrada Yacaré llegó hasta sector donde había un grifo y viviendas.

En el caso del flujo de detritos de la quebrada Disiyacu, el evento fue muy rápido y violento, lo que se evidencia por el tamaño de material movilizado (bloques de hasta de 2,5 m de longitud; foto 9).



Foto 9. Desembocadura de la quebrada Disiyacu, con bloques de areniscas rojas de tamaños de hasta 2,5 m.

Las causas que originaron los flujos de detritos señalados son: 1) un substrato de mala calidad (limolitas y areniscas meteorizadas y fracturadas); 2) pendiente longitudinal de la quebrada, de moderada a fuerte (30° a 35°); 3) terreno

saturado de agua; 4) material de remoción antiguo susceptible a ser removido por avenidas o crecidas estacionales o excepcionales y aporte de los derrumbes en sus cabeceras que produjeron embalses temporales.

3.1.3 Erosión de laderas

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en los terrenos. Comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión, pueden profundizarse a decenas de metros (figura 11). La erosión está relacionada al proceso de escorrentía o arroyada. Normalmente la arroyada posee una profundidad pequeña, pocas veces superior a un centímetro. A partir de allí y con ayuda de la lluvia las partículas se movilizan en el sentido de la máxima pendiente y producen una excavación que tiende a aumentar con la velocidad de la erosión.

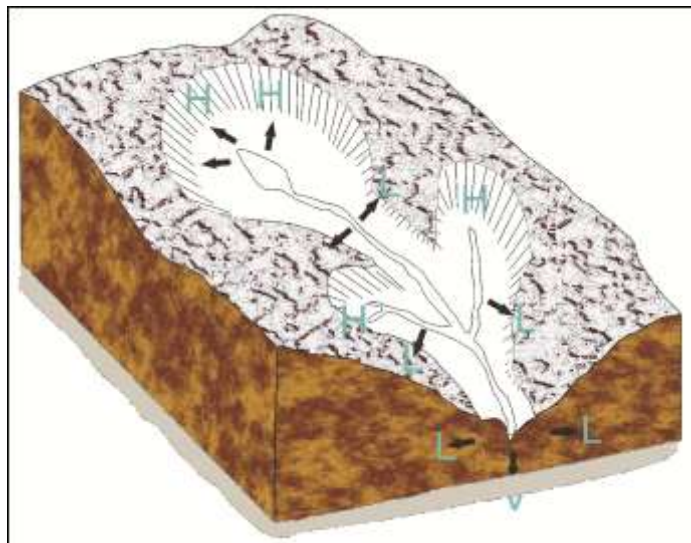


Figura 11. Forma como se manifiesta la erosión de laderas en una ladera de montaña. H: erosión de cabecera, L: erosión lateral y V: erosión vertical (Tomado de: <http://cidta.usal.es>).

Las cárcavas observadas en el cerro Jepelacio han afectado la carretera que conduce hacia la torre de alta tensión (actualmente abandonada, foto 10). Es muy probable que en época de lluvias intensas estas cárcavas produzcan flujos de detritos que podrían afectar parte de las viviendas del centro poblado de Jepelacio.



Foto 10. Cabeza de la erosión en cárcava que afecta a un tramo de la antigua carretera de Jepelacio hacia una torre de alta tensión.

3.1.4 Inundaciones

Proceso geo-hidrológico provocado por la variación del régimen de descargas de un curso hídrico, donde los volúmenes de agua sobrepasan la capacidad de conducción de ríos o quebradas. Las zonas más afectadas son las terrazas fluviales y/o aluviales que no son lo suficientemente altas para encauzar las aguas. Las inundaciones se dan generalmente en periodos de pluviosidad alta.

Es necesario recordar que en la mayoría de los casos los peligros asociados a estos fenómenos se dan por causas antrópicas ya que la población se ubica en terrenos que corresponden al cauce natural de un curso fluvial. Por ello se recomienda reubicar a la población ubicados en terrazas fluviales y aluviales.

En el 2010 entre el sector de Shucshuyacu y el desvió a la central hidroeléctrica Gera, se originó una inundación, provocada por un represamiento del río, aguas arriba de Shucshuyacu. La inundación alcanzó hasta alturas de 2 m cubriendo totalmente a algunas viviendas y terrenos de cultivo.

3.1.5 Sismos

Según los estudios del Instituto Geofísico del Perú los sismos en la región San Martín estarían relacionados a la actividad de fallas regionales. Según el mapa de zonificación sísmica del Perú (figura 12). Se esperan para la región, Intensidades Máximas entre VI y VIII en la escala Mercalli, lo que queda comprobado con el sismo ocurrido en setiembre del 2005, de 7 grados en la escala de Richter con epicentro cerca al poblado de Jepelacio y con una profundidad de 115 km. Este dato es importante porque los sismos pueden detonar o acelerar movimientos en masa.

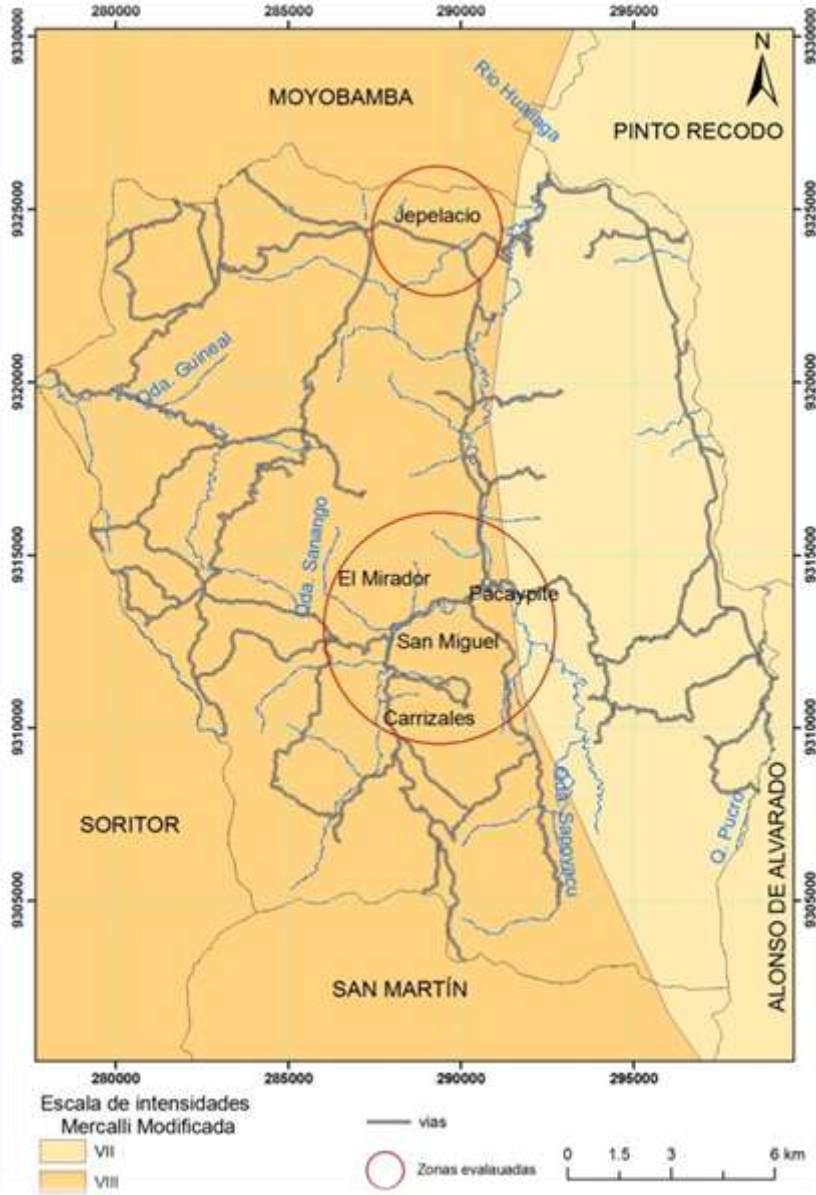


Figura 12. Mapa de intensidades máximas, Alva, J. & Meneses, J. (1984).

El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, elaborado en base a la superposición de factores intrínsecos (características de las rocas: pendiente y formas del relieve; cobertura vegetal y uso de suelo; y características de retención o flujo de agua subterráneas en las rocas) revela que el sector comprendido entre San Miguel y Pacaypite, se ubica en una zona de alta a muy alta susceptibilidad a la generación de movimientos en masa; mientras que el área de Jepelacio presenta una susceptibilidad moderada a estos procesos (figura 13).

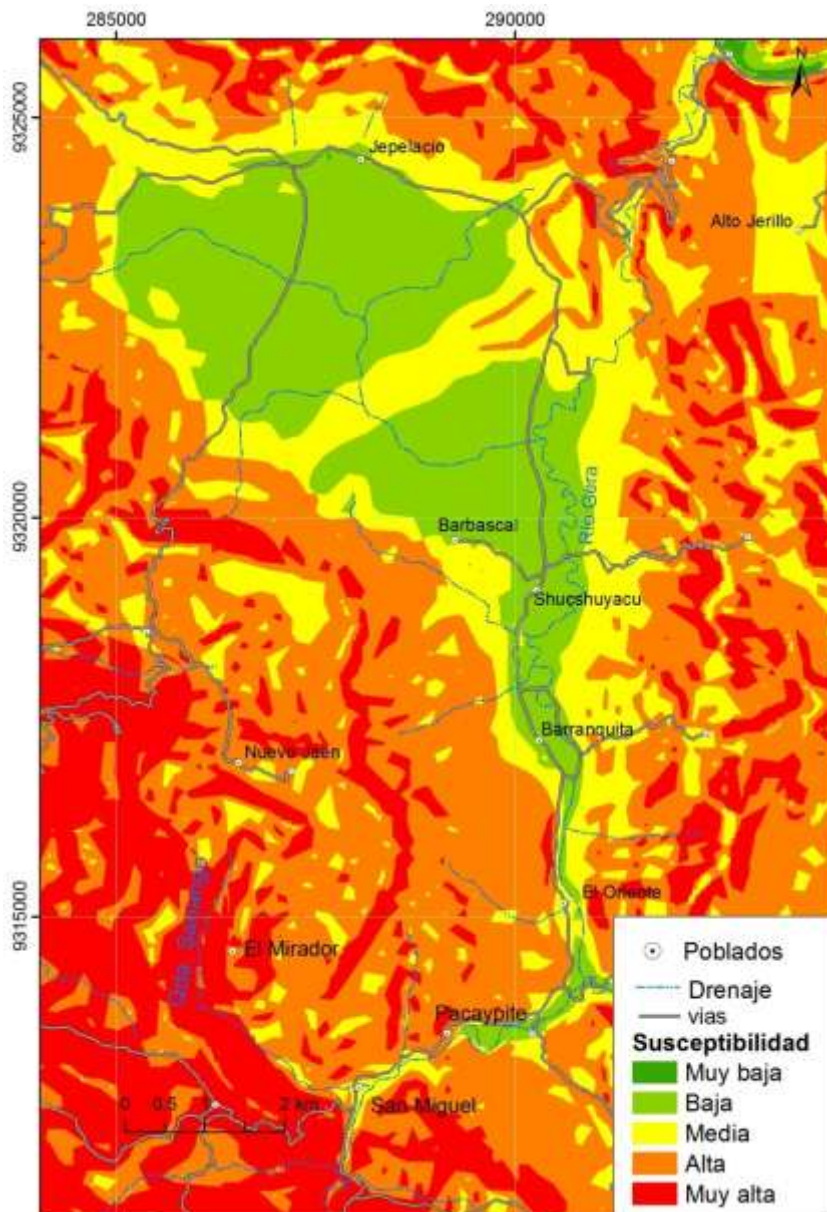


Figura 13. Zonificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa para el sector entre San Miguel y Pacaypite. Fuente: Nuñez y Luque (2010).

3.2 EVENTOS DEL 21-22 DE MARZO DEL 2013

Según el informe “Evaluación de zonas de riesgo geológico en el tramo San Vicente Carrizal en el distrito de Jepelacio-Provincia de Moyobamba” realizado por la municipalidad provincial de Moyobamba (Peña, 2013), en el área evaluada se identifican siete zonas críticas. De estas resalta el caserío El Mirador, porque compromete viviendas y terrenos de cultivo. En el documento se señala además que de deslizarse el material hacia la quebrada Sanango Yaco se podría generar un represamiento en la quebrada que al romperse puede afectar parte del poblado de San Miguel.

En los trabajos de campo de la inspección realizada se han identificado los siguientes movimientos en masa:

3.2.1 Deslizamiento de El Mirador

Se trata de un deslizamiento rotacional. La masa comprometida se mueve a lo largo de una superficie de falla cóncava. Sus características principales son:

- La distancia desde la escarpa al pie del deslizamiento es de 400 m
- Los represamientos se han dado desde el día 22 de marzo en que empezó a ceder el terreno. Los diques formados alcanzaron alturas hasta de 2 m. El represamiento de mayor extensión alcanzó una longitud de 15 m (aprox.), con un dique de 2 m de altura. haciendo un volumen de agua aproximado de 300 m³.
- La pendiente de la ladera es moderada (25° a 30°). Su actividad actual es progresiva, de velocidad lenta, involucrando en su masa rocas y suelos limo-arenosos, producto de la meteorización del substrato rocoso.
- Escarpa principal: de tipo rotacional, con longitud de 110 m y un salto principal de hasta 5 m de altura. (fotos 11 a y 11b).
- Escarpas secundarias múltiples, tanto transversales como longitudinales, con dimensiones de hasta 100 m y saltos de 1.00 m.
- Agrietamientos longitudinales y transversales, con desplazamientos verticales y horizontales desde varios centímetros hasta 2 m (fotos 12a y 12b).
- Asentamientos cubiertos con el mismo material del deslizamiento. (fotos 13a y 13b).
- Este deslizamiento ha formado hasta tres represamientos en la quebrada Sanango Yaco (foto 14).



Foto 11a y 11b. Vistas de la escarpa principal del deslizamiento.



Fotos 12a y 12b. Agrietamientos en el cuerpo del deslizamiento que afectaron viviendas del caserío El Mirador.



Fotos 13a y 13b. Asentamientos del terreno en el cuerpo del deslizamiento de El mirador.



Foto 14. Parte del material del deslizamiento de El Mirador llegó a represar a la quebrada Sanango Yaco.

Las principales causas para la ocurrencia de este proceso habrían sido:

- La saturación con agua del material del sustrato (limolitas y areniscas de mala calidad, moderadamente a altamente meteorizadas, foto 15) que condujo a reducir la resistencia al corte, la presión de poros y por ende la facilidad del terreno a moverse.
- La pendiente de la ladera (25 a 30°) que ayuda por efecto de la gravedad.

- La intensa deforestación en la zona que facilita la infiltración de agua proveniente de las lluvias.

El factor detonante fue las intensas precipitaciones que se dieron los días 21 y 22 de marzo 2013.



Foto 15 Secuencia de areniscas, moderadamente meteorizadas.

De seguir el movimiento del deslizamiento, las viviendas que se ubican en el cuerpo del deslizamiento van a colapsar y los terrenos de cultivos seguirán agrietándose y hundiéndose. El desembalse violento de una laguna formada por el cierre de la quebrada Sanango Yaco afectaría seriamente a la población de San Miguel ubicada aguas abajo (figura 14).



Figura 14. Flujo de la quebrada Sanango Yaco (morado) y su desembocadura en el poblado de San Miguel. En amarillo los deslizamientos de El Mirador.

3.2.2 Avalancha de rocas de Carrizales

La avalancha de rocas de Carrizales, es antigua y existía antes de que el pueblo se asentara en el lugar. Desde la zona donde se inició recorrió aproximadamente 1,3 km y en el pasado geológico generó el represamiento momentáneo del río Gera. Contiene bloques de naturaleza calcárea con tamaños hasta de 2,5 m y formas sub-redondeadas (foto 16). La matriz que engloba a los bloques es limo-arenosa.



Foto 16. Sector de Carrizales, asentado sobre una antigua avalancha de rocas.

Las posibles causas que originaron este evento son:

- Pendiente del terreno (25 a 30°).
- Substrato rocoso fracturado y meteorizado.

El factor detonante posiblemente haya sido un movimiento sísmico.

En este sector a raíz de las fuertes precipitaciones del marzo del 2013, se presentaron dos afloramientos (ojos) de agua. Las causas de este fenómeno son: terreno saturado de agua, elevada presión intersticial de agua y reacomodo de los espacios intersticiales existentes en el depósito de avalancha. Como resultado se originaron dos nuevos ojos de agua a las afueras del colegio (foto 17).



Foto 17. Filtraciones de agua en el colegio de Carrizales.

En el terreno del colegio Carrizales, para habitar una cancha de fútbol (foto 18), se realizó un corte de talud, el cual ha inestabilizado la ladera.



Foto 18. Se muestra el corte de talud, para la construcción de la cancha de fútbol.

La desestabilización del talud, ha originado que el terreno empiece a ceder, lo cual se está manifestando con el agrietamiento de piso y paredes en las aulas del centro educativo (foto 19); los desplazamientos horizontales son de hasta 3 cm.



Foto 19. Agrietamientos de un aula del centro educativo Carrizal.

De seguir el movimiento, las aulas del centro educativo ubicadas en borde del talud, seguirán agrietándose y podrían colapsar. Es necesario que estas aulas se reubiquen o en todo caso se construya un muro de contención.

3.2.2 Movimientos complejos en Pacaypite

En el poblado de Pacaypite se observaron hasta cuatro movimientos en masa activos (figura 15), destacando un deslizamiento en el centro educativo Juan Velasco Alvarado, el flujo de tierra en Pacaypite y el segundo deslizamiento de Pacaypite.

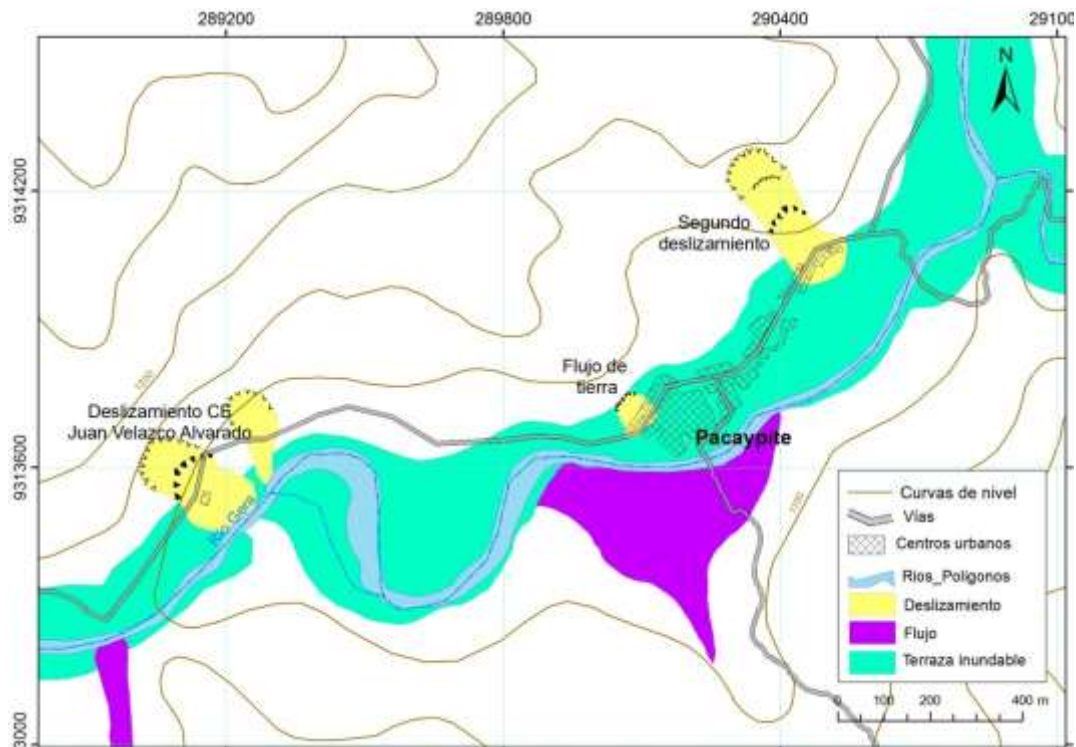


Figura 15. Procesos observados en Pacaypite y alrededores.

En el **centro educativo Juan Velasco Alvarado** se evidenció un antiguo deslizamiento traslacional, cuya corona se encuentra entre el contacto entre rocas calizas y limo-arcillitas cuyas capas están inclinadas 35° - 40° a favor de la pendiente (figura 16). Estos planos actúan como superficies de deslizamiento. La escarpa principal es de 140 m, con salto de 1 m y las escarpas secundarias con saltos entre 0,50 a 0,20 m (foto 20), estas últimas en su mayoría de formas longitudinales.

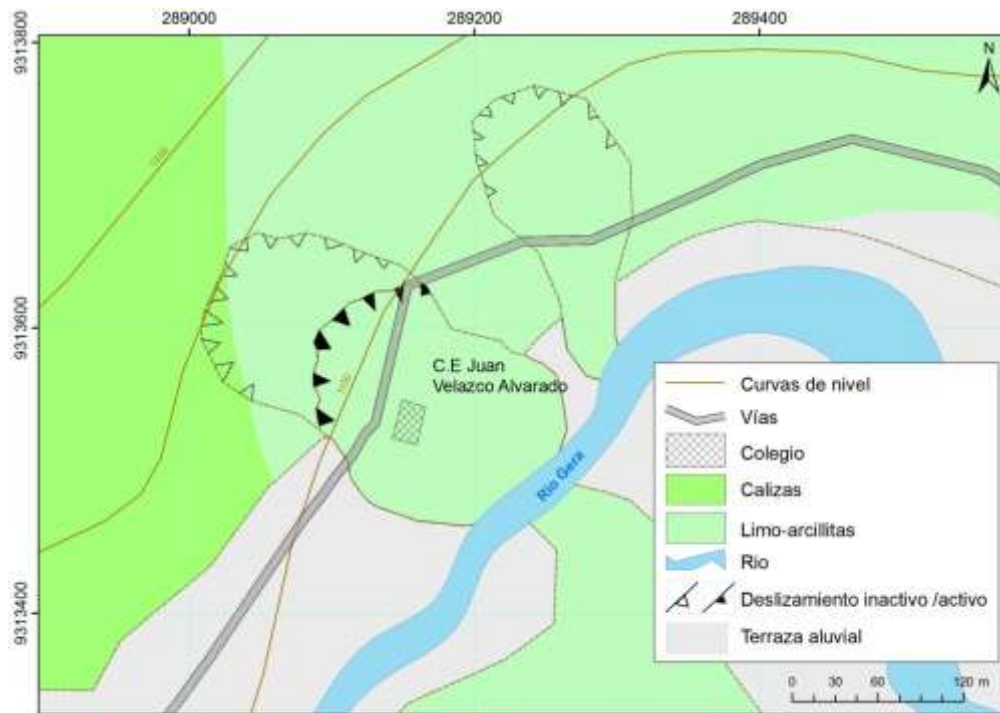
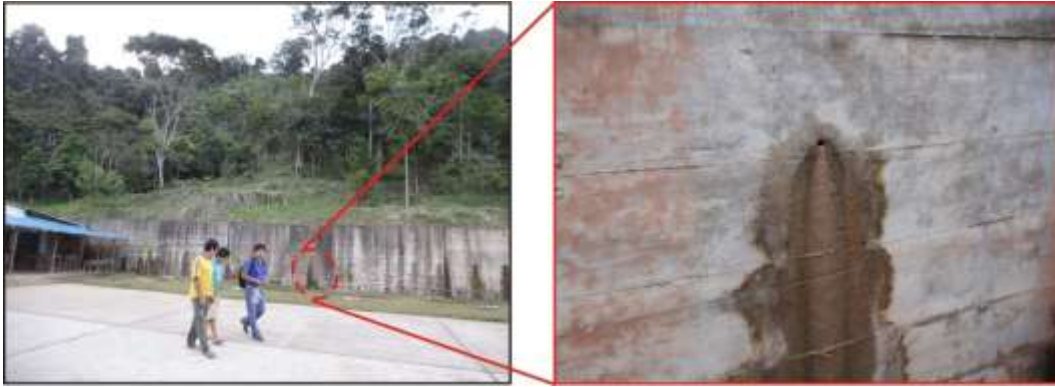


Figura 16. Deslizamiento del centro educativo Juan Velasco Alvarado. De fondo las unidades geológicas del substrato.



Foto 20. Se aprecia el cuerpo del deslizamiento y en la parte inferior el centro educativo Juan Velasco Alvarado

Este proceso se reactivó por sectores producto de la infiltración del agua de lluvia en parte del cuerpo del deslizamiento. Muestra de ello es el drenaje que se aprecia en el muro de contención del centro educativo (fotos 21 y 22).



Fotos 21 y 22. Se aprecian las filtraciones de agua, en los drenes del muro de contención

Por la gran cantidad de arcilla del material inconsolidado, en combinación con la pendiente del terreno ($30-32^\circ$) y ayudado por la deforestación, las reactivaciones, se produjeron como procesos de derrumbe-flujo (foto 23) con escarpas de arranque entre 20 y 30 m y longitudes de desplazamiento lineal de 70 a 80 m.

El factor detonante fue la intensa precipitación que se presentó entre los días 21 y 22 de marzo del 2013.



Foto 23. Derrumbe-flujo en las inmediaciones del C.E. Juan Velasco Alvarado

En el **centro poblado de Pacaypite** se observan dos deslizamientos rotacionales antiguos y reactivados.

El primero de ellos se reactivó como **flujo de tierra**, es un movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico (Hungry et al., 2001), de suelo arcilloso plástico, en donde no se distingue una superficie de falla.

La escarpa principal del deslizamiento antiguo está cubierta y ha sido inferida por la morfología de la zona y los lugares donde sí se hizo visible (foto 24). Esta escarpa corresponde al contacto entre rocas calcáreas y limo-arcillosas (acápite

2.1.4). Este evento pasado tiene una longitud de 100 m y un salto de 1 m. El espesor del suelo es de aprox. 0.5 a 1 m.



Foto 24. Se aprecia la escarpa principal del deslizamiento antiguo en un área intensamente deforestada.

La reactivación del depósito antiguo como **flujo de tierra** (foto 25) se produjo a raíz de las lluvias del 21 y 22 de marzo del 2013. Al saturarse parte del cuerpo del deslizamiento donde se encontraban lentes limo-arcillosos. Se manifiesta el movimiento de flujo con agrietamientos en el terreno con desplazamientos horizontales de hasta 40 cm y saltos verticales de hasta 30 cm. Este fenómeno afectó la iglesia (foto 26), 03 viviendas y a la carretera Pacaypite-Jepelacio (fotos 27) en un tramo de 40 m, alcanzando en su fase final un área de pastizales (foto 28). La deforestación del terreno aceleró el proceso de infiltración de agua de lluvia, que actuó como detonante. Los asentamientos y agrietamientos en el terreno afectaron a un poste de tendido eléctrico por efecto del movimiento (foto 29).



Foto 25. Área afectada por flujo de tierra en Pacaypite



Foto 26. Iglesia y viviendas colapsadas por el arrastre diferencial entre la superficie del fondo del flujo y la parte superficial el del flujo de tierra en Pacaypite.



Foto 27. Sector de la carretera reconstruido, donde empieza el flujo de tierra.



Foto 28. Límite hasta donde llegó el efecto del fenómeno, en un terreno de pastizales.



Foto 29. Poste de tendido eléctrico inclinado, por efecto del movimiento.

El **segundo** deslizamiento rotacional de Pacaypite, según versiones de los lugareños se habría reactivado en el año 2003. La intensa deforestación del área, la pendiente del terreno (entre 35 y 45°; foto 30) y las lluvias del 21 y 22 de marzo del 2013 aceleraron el proceso en este verano. Los asentamientos y agrietamientos del terreno afectaron a 15 viviendas del centro poblado de Pacaypite, postes de tendido eléctrico (foto 31) y un tramo de 150 m de la carretera Pacaypite-Jepelacio (fotos 32a, 32b, 32c y 32d). Algunas de las viviendas ubicadas en el cuerpo del deslizamiento se observa paredes con un ligero “abombamiento” producto del empuje del terreno. En la parte alta se notaron árboles inclinados (foto 33).



Foto 30. Escarpa de inicio de deslizamiento de Pacaypite.

Estas características lo hacen comportarse como un deslizamiento compuesto pudiendo llegar a ser también un flujo de tierra.



Foto 31. Poste de tendido eléctrico con una ligera inclinación.



Fotos 32a, 32b, 32c, 32d y 32e. Paredes y pisos agrietados en las viviendas afectadas por el segundo deslizamiento en el poblado de Pacaypite.



Foto 33. Árbol inclinado, que evidencia el sentido del movimiento.

IV. AREA DE REUBICACION DEL CASERÍO EL MIRADOR PROPUESTA POR LA MUNICIPALIDAD

El área propuesta por la Municipalidad de Jepelacio para la reubicación del caserío El Mirador, se encuentra a la altura del km 12+500 de carretera Moyobamba-Jepelacio, políticamente pertenece al distrito de Jepelacio, provincia Moyobamba.

El sector se encuentra asentado sobre una planicie aluvial (foto 34) formada por depósitos provenientes de antiguos flujos de detritos. La pendiente del terreno es baja (10 a 15°) y la extensión no es mayor a un 100000 m². Se ubica en las siguientes coordenadas: 287270 E y 9324355 N. Su altitud es de 1050 m.s.n.m.



Foto 34. Planicie aluvial sobre la que se pretende reubicar a los pobladores de El Mirador

El área presenta restricciones para ser habitada, por los flujos de detritos antiguos, y presencia de cárcavas. Para habilitarla habría que realizarse lo indicado en el ítem 6.2.8.

V. CONCLUSIONES

- La principal causa de los movimientos en masa ocurridos en el distrito de Jepelacio, ha sido la saturación de agua del substrato (capas rojas), debida a las lluvias de los días 21 y 22 de marzo del 2012.
- El deslizamiento de El Mirador está activo. Ha llegado represar a la quebrada Sanango Yaco, cuyo posterior desembalse haría peligrar a las viviendas del centro poblado de San Miguel ubicadas en su cauce aguas abajo.
- En Pacaypite los movimientos en masa han afectado seriamente a viviendas.
- Otros movimientos en masa antiguos como la avalancha de rocas de Carrizales han sufrido una reactivación por corte de talud.
- El poblado de Jepelacio, se encuentra asentado sobre antiguos depósitos de flujos de detritos que siempre mostraron actividad en época de lluvias.

VI. RECOMENDACIONES

6.1 GENERALES

- Es necesario reubicar las viviendas ubicadas en sectores inestables de los siguientes centros poblados:
 - a) El Mirador, las viviendas que están dentro de la influencia del cuerpo del deslizamiento.
 - b) San Miguel; las viviendas que se encuentran en el borde de la quebrada Sanango Yaco.
 - c) Pacaypite: Las viviendas que han colapsado.
- Es necesario limpiar los derrumbes que afectan las carreteras y evitar que se acumule el agua con drenes adecuados.
- Evaluar el trazo de la carretera Carrizales-San Miguel-Pacaypite-Jepelacio-Moyobamba, Jepelacio-La Gera, determinando sus parámetros geomecánicos y físicos con la finalidad de estabilizar los taludes, colocando drenajes adecuados y canales de coronación en las zonas altas, con las pendientes adecuadas en los canales para evitar la erosión de suelos inestables.
- Antes de efectuar cualquier obra de infraestructura en la región, se debe realizar previamente estudios de detalle que sustenten adecuadamente y respalden toda acción a realizar.
- Tomar en cuenta la información del INGEMMET, "Riesgo Geológico en la Región San Martín-Boletín N° 42 Serie C" para la elaboración de perfiles, expedientes técnicos de proyectos, elaboración de planes y obras de prevención de la región.
- Se recomienda elaborar un nuevo mapa de zonificación para el distrito de Jepelacio, que incluya la realización de estudios geofísicos, hidrogeológicos, de microzonificación sísmica (instrumental), así como un estudio geotécnico de detalle (que incluya ensayos de mecánica de suelos). Estudios que permitirán obtener datos precisos de la calidad de los suelos de todo el sector, las zonas habitables y las zonas más propensas a los procesos mostrados en este informe.
- La elección del área de reubicación debe contar con una opinión técnica multisectorial.
- Realizar trabajos que propicien el crecimiento de bosques ribereños con especies nativas (molle, sauce, carrizos, caña brava); pero evitar la implantación de cultivos en el lecho fluvial para que no interrumpa el libre discurrir de los flujos hídricos.

6.2 ESPECÍFICAS

En éste acápite se señalara algunas recomendaciones puntuales que serán útiles para la mitigación y/o prevención de los riesgos geológicos a las cuales se encuentran expuestos los centros poblados evaluados en este informe. Sin embargo se recomienda realizar estudios al detalle de cada zona crítica para el correcto diseño de las obras de mitigación sugeridas.

6.2.1 El Mirador

- Es necesario evacuar el área, especialmente las casas que ya han sido afectadas.
- Construir aliviaderos en áreas de poca pendiente, para almacenar el material desplazado por el deslizamiento y evitar que lleguen a San Miguel, a la Hidroeléctrica del Gera y a la carretera Fernando Belaunde Terry.
- Terminada la temporada de lluvia, las lagunas formadas en la quebrada Sanango Yaco por el desplazamiento del deslizamiento, sino desaguan en forma natural, deberán ser desagradas en forma paulatina. Este proceso se realizará iniciando por la que se encuentra parte baja y paulatinamente hasta llegar a encuentra en la parte la más alta.
- Sistema de drenaje en “espina de pez” (Figura 17).
- Monitorear permanentemente el deslizamiento, para saber cuál es su tasa de movimiento.
- Reforestar con plantas nativas toda el área.

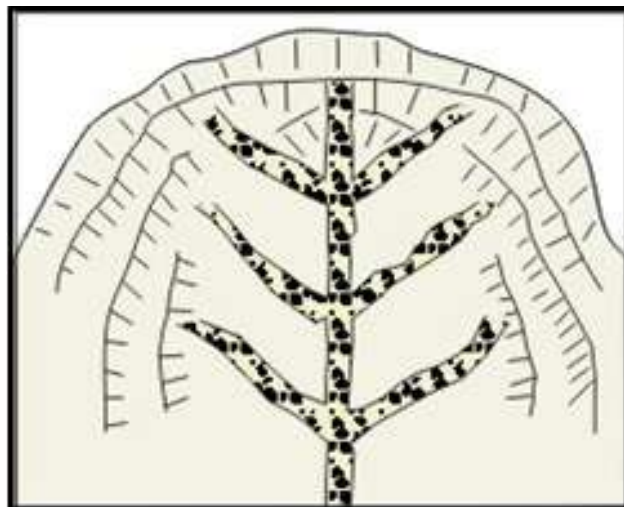


Figura 17. Dren en tipo espina de pez (medida aplicada solo para deslizamiento)

6.2.2 San Miguel

- Reubicar poblaciones en las riberas de la quebrada Sanango Yaco
- Establecer un sistema de alerta en este sector. Los eventos más graves en este sector son los flujos por lo que para prevenir los daños a causa de estos procesos es necesario recordar siempre que los lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional. Las obras de infraestructuras que atraviesen estos cauces secos deben construirse con diseño ingenieril que tome en cuenta las máxima crecidas registradas, es decir que la obra construida debe permitir el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta. Se pueden emplear técnicas como:

- ✓ Ensanchar el cauce principal de los lechos aluviales secos, retirando los bloques rocosos y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales siempre y cuando dichos materiales sean de buenas características geotécnicas.
- ✓ Construir presas transversales de sedimentación escalonada (figura 18) para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional.
- ✓ Para el caso de cauces estrechos (anchuras de hasta 15 metros y alturas de red de aprox. 6 metros), con forma de V pronunciada se recomienda el uso de mallas de retención de detritos (por ejemplo las mallas tipo VX, figura 19). En pequeños arroyos tumultuosos, las barreras de retención de detritos se fijan sin apoyos en los flancos del canal mediante anclajes de cable espiral o bulones auto-perforantes con cabeza flexible. Este sistema de retención ha sido probado en ensayos de campo con el Instituto Federal Suizo de Investigación de Bosques, Nieve y Paisaje WSL.

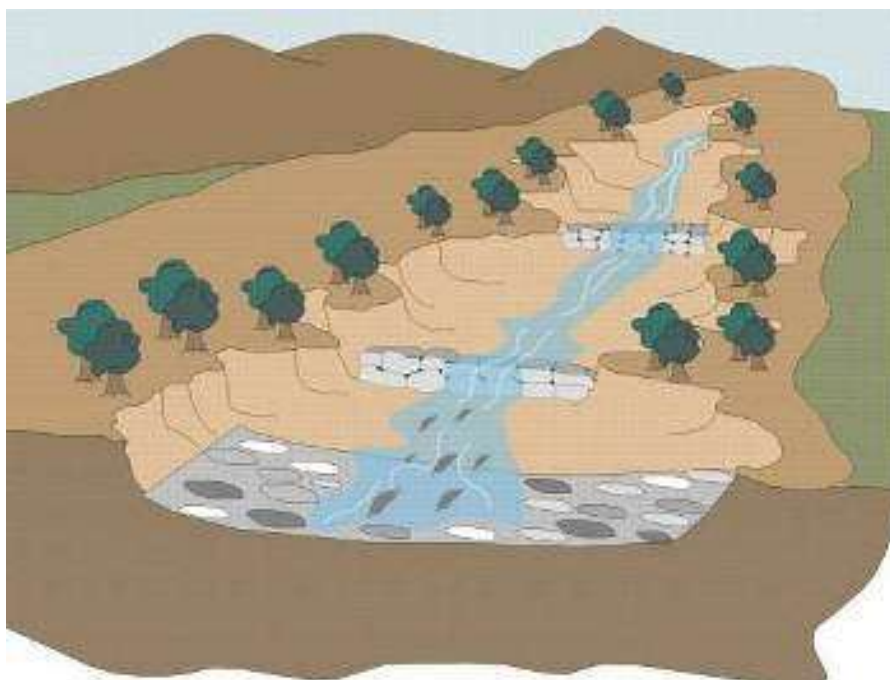


Figura 18. Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaycos (Fuente: INGEMMET, 2003).

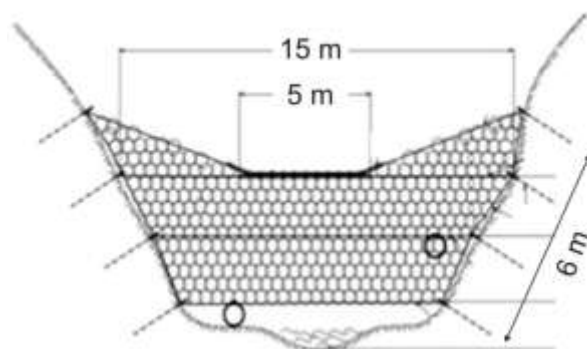


Figura 19. Malla de retención de detritos tipo VX (Tomado de: BGC Engineering, 2011)

6.2.3 Pacaypite

- Reubicar las 18 viviendas que han sido afectadas por deslizamientos.
- Reforestar la zona con plantas nativas.
- Hacer canales de coronación, con la finalidad de impedir la infiltración de agua proveniente de la lluvia hacia el terreno.
- Los terrenos desocupados, solamente deben ser utilizados como áreas de recreación o paisajística.

6.2.4 Centro Educativo Juan Velasco Alvarado

- Realizar un drenaje en forma de espina de pez (Figura 17).
- Drenar el cuerpo del deslizamiento, mediante drenajes subterráneos.
- Hacer estudios de geofísica, con la finalidad de determinar el verdadero espesor de la masa inestable o masa móvil.
- Reforestar la zona, con plantas nativas.

6.2.5 Jepelacio

- Para las quebradas Disiyacu, Yacaré y otras que bajan hacia la población se deben construir muros disipadores de la velocidad de los flujos (figura 18), para minimizar el posible material que se pueda acumular en el cauce de la quebrada.
- Reforestar las cabeceras de las quebradas, con la finalidad de evitar el progreso de las cárcavas, con ello se controla la generación de material suelto hacia la quebrada.

6.2.6 Carretera Belaunde Terry

Los métodos más prácticos para la prevención y/o mitigación de desastres por derrumbes y deslizamientos son: excavación, drenaje y berma de relleno (*Turnbull y Hvorslev, 1967*). La forma de desarrollarlos se muestra en la figura 20.

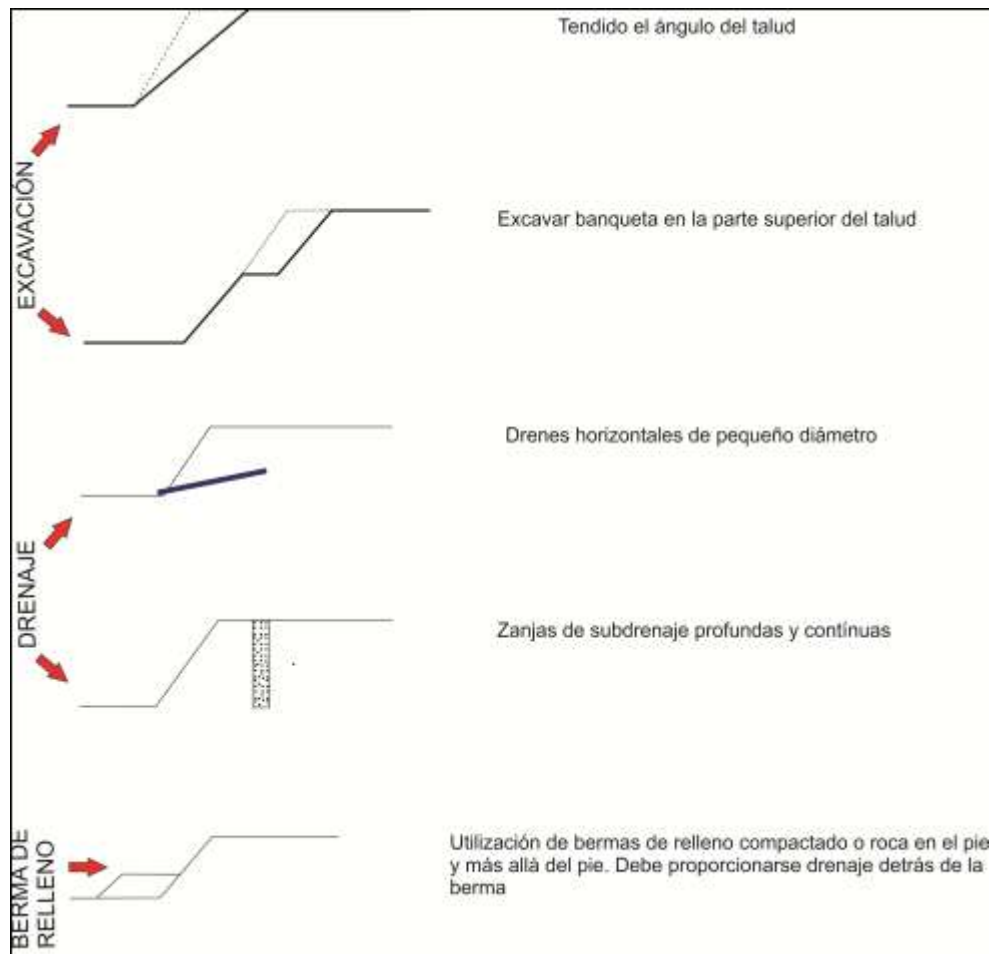


Figura 20 Esquemas de solución que son aplicables a la estabilización de taludes y deslizamientos (Turnbull y Hvorslev, 1967)

6.2.7 Para inundaciones y erosión fluvial del río Gera

Para este tipo de procesos es necesario realizar trabajos de prevención como:

- Encauzamiento del lecho principal, ríos y quebradas afluentes, en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas aledañas. Para ello se debe construir espigones laterales, enrocado o gaviones (figura 21) para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce.

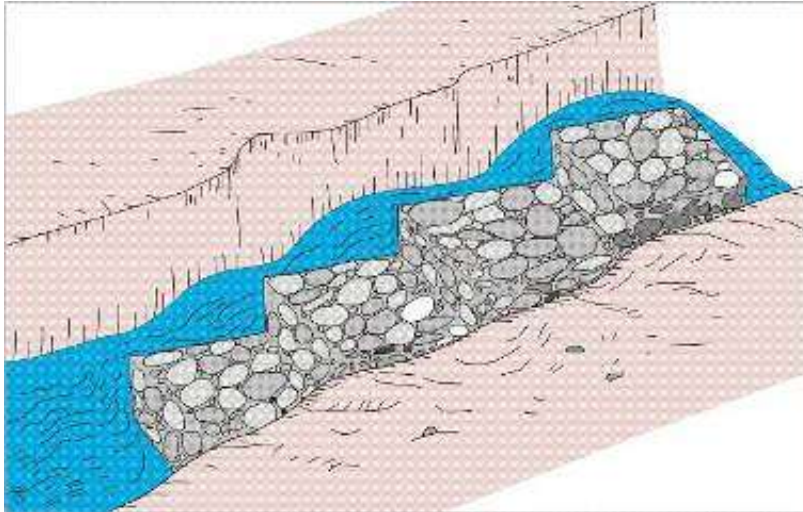


Figura 21. Gaviones para encauzar el lecho del río (Fuente: INGEMMET, 2003).

- Protección de las terrazas fluviales de los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones (figura 22), que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización.

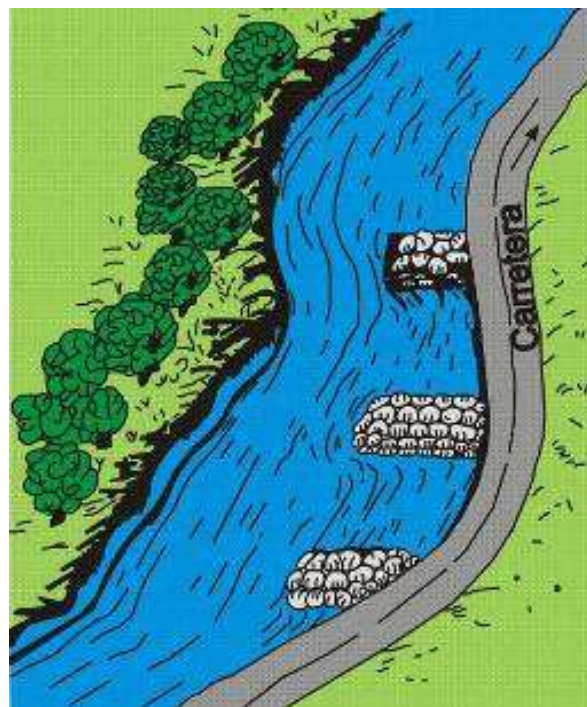


Figura 22. Espigones para proteger las terrazas fluviales (Fuente: INGEMMET, 2003).

6.2.8 Zona de reubicación

Antes de ser habilitada el área se deben realizar las siguientes labores:

- Control del avance de las cárcavas ubicadas en la parte superior e inferior del sector de Jepelacio. Los procesos de la parte superior pueden generar flujos de detritos. Para evitar que afecte a la futura población que se asiente en este lugar.
- Canalizar las pequeñas quebradas formadas por los procesos de erosión en cárcava.
- Realizar estudios de suelos para determinar su capacidad de portante así como los tipos de viviendas a construir sobre ellos.

- Evitar que el terreno se sature de agua, porque perderían su capacidad portante (drenes para aguas pluviales).

VII. AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente informe agradecen en nombre del INGEMMET el apoyo del proyecto especial Alto Mayo, a la Municipalidad Distrital de Jepelacio y autoridades locales de los centros poblados El Mirador, San Miguel Carrizales y Pacaypite por el apoyo brindado durante el desarrollo de la inspección, así como por brindar facilidades e información para la elaboración de este informe.

VIII. REFERENCIAS

ALVA HURTADO, J.E. Y TORRES CABREJOS, R. (1983), "Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas en el Perú", Revista TECNIA de la Universidad Nacional de Ingeniería, Vol. 2, No. 2, pp. 33-36.

BGC ENGINEERING (2011). Mosquito Creek Debris Flood Quantitative Risks and Mitigation option assessment. Final Report dated Jan 6, 2011. 57 pp.

CRUDEN, D.M., & VARNES, D.J. (1996). *Landslide Types and Processes*. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.

HUNGR, O. & EVANS, S.G., 2004, *Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism*: Geological Society of America Bulletin, V.

INGEMMET, 2003. Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N°3, INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N° 28, Dirección de Geología Ambiental, 373 p., 21 figs., 159 fots., 17 mapas, Lima.

NUÑEZ, S. y LUQUE, G. (2010) - Riesgos Geológicos en la Región San Martín. INGEMMET, Lima-Perú. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 42, 200 p., 11 mapas.

NUÑEZ, S. y LUQUE, G. (2008) – Informe de Zonas Críticas Región San Martín. Primer Reporte. INGEMMET, Informe Técnico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 62 p., 01 mapas (Página Web consultada abril 2013 http://www.ingemmet.gob.pe/Documentos/Geologia/ZonasCriticas/Regiones/ZONAS_CRITICAS_SANMARTIN.pdf).

PEÑA, E (2013). Informe geológico: Evaluación de las zonas de riesgos geológicos en el tramo San Vicente-Carrizal en el distrito de Jepelacio – provincia de moyobamba” Informe técnico para la municipalidad provincial de Moyobamba expedido por SERVITA EIRL. 36 p.

PMA: GCA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. *Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas*. Publicación geológica multinacional N° 4, 404 p., Canadá.

PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO - PEAM (2013). Informe técnico Multisectorial de Evaluación de daños. Zonas de desastres. Cuenca del río Gera

y afluentes. Poblaciones afectadas. Región san Martín. Provincia de Moyobamba. Distrito de Jepelacio. Informe técnico Gobierno Regional de San Martín. 114 p.

RICKENMANN, D. (2005). *Debris flows and risk assessment. Report for the Swiss Federal Office for Water and Geology*. University of Natural Resources and Applied Life Sciences and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL). Birmensdorf

SÁNCHEZ, A. y HERRERA, I, (1998). Geología de los Cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjui. INGEMMET, Lima – Perú, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 269, 200 p., 03 mapas.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ-SENAMHI (2003), *Mapa de Precipitación Anual-Periodo Normal (Septiembre-Mayo)*. En INDECI, Atlas de Peligros Naturales. Lima. Págs. 310-311.

TURNBULL W.J. y HVORSLEV M.J. (1967), "Special Problems in Slope Stability", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 93, SM4, pp. 499-528.

VARNES, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L.& Krizek, R.J., eds., Landslides, analysis, and control. Washington, DC: National Research Council, Transportation Research Special Report 176, p. 11-33.