

REPUBLICA DEL PERU
SECTOR ENERGIA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALURGICO

INFORME TÉCNICO
Geología Ambiental y Riesgo Geológico



**ASPECTOS GEODINÁMICOS EN LOS
DISTRITOS DE LARI, MADRIGAL Y MACA**
(PROVINCIA CAILLOMA, REGION AREQUIPA)



POR:
BILBERTO ZAVALA C.
MANUEL VILCHEZ M.
MALENA ROSADO

LIMA – PERU
MARZO 2009

CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN.....	2
2.0	ANTECEDENTES DE MOVIMIENTOS EN MASA Y ESTUDIOS REALIZADOS.....	2
2.1	Deslizamientos en 1963 (Lari) y Madrigal (1959).....	2
2.2	Deslizamientos en 1979 (Lari)	3
2.3	Deslizamientos en el área de Madrigal (1987).....	4
2.4	Evaluación geodinámica en Maca, Lari y Madrigal: deslizamientos potenciales en el valle del Colca.....	4
3.0	ESTUDIO GEOAMBIENTAL EN LA CUENCA DEL RÍO COLCA (PROYECTO 2008-2009).....	6
3.1	Inventario, cartografía y base de datos georeferenciada	7
3.2	Estadísticas y características de peligros en Lari-Madrigal-Maca.....	9
3.3	Zonas Críticas por peligros geológicos	9
4.0	OBSERVACIONES DEL DESLIZAMIENTO RECIENTE EN LARI, OCURRIDO ENTRE JUNIO-JULIO 2008.....	11
4.1	Actividad de los deslizamientos de Maca y Madrigal	14
4.2	Deslizamiento de Madrigal.....	15
4.3	Deslizamiento en el cerro Antahuyque.....	15
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
	ANEXOS	18
	ANEXO 1: PELIGROS GEOLÓGICOS INVENTARIADOS EN LOS DISTRITOS DE LARI, MADRIGAL Y MACA	19
	ANEXO 2. MAPA GEODINÁMICO EN LOS DISTRITOS DE LARI, MADRIGAL Y MACA	24

ASPECTOS GEODINÁMICOS EN LOS DISTRITOS DE LARI, MADRIGAL Y MACA

1.0 INTRODUCCIÓN

Las municipalidades distritales de Lari y Madrigal, de la provincia de Caylloma, Arequipa, en febrero y marzo del presente año, respectivamente, conocedores de que el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), se encuentra realizando estudios geoambientales en el ámbito de la cuenca del río Colca, solicitan a la institución se les haga llegar información sobre los resultados de estudios geológicos y ambientales, así como de algunos problemas geodinámicos específicos que afectan sus localidades.

En el presente informe elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET, se pone en consideración de los municipios, alcances de los resultados preliminares obtenidos hasta la fecha, considerando que estamos a la espera de resultados de análisis geoquímicas de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca que nos permiten realizar una evaluación exhaustiva de la cuenca en los aspectos de susceptibilidad a los peligros geológicos, características del medio físico principalmente.

En este informe se abordan principalmente temas de riesgo geológico, que por similitud de sus condiciones geológicas y geomorfológicas se incluye una evaluación conjunta de los distritos de Lari, Madrigal y Maca. Inicialmente se hace un alcance de los antecedentes geodinámicos sobre deslizamientos ocurridos en el área, que incluye trabajos geológicos y geotécnicos realizados en décadas pasadas. Se incluye un análisis de los trabajos realizados por nuestra institución en el ámbito geográfico señalado (1994 y 2001), y las conclusiones principales a las que se llegaron

Se presenta además las observaciones geológicas realizadas por los ingenieros Bilberto Zavala, Manuel Vilchez y Malena Rosado, del deslizamiento de Lari, activado el año pasado, realizada Se resumen los principales deslizamientos que afectan estos tres distritos y la definición de zonas críticas por peligros geológicos que afectan el territorio.

El informe incluye un mapa preliminar de la cartografía realizada a escala 1:50 000, cuadros resúmenes de principales peligros, gráficos estadísticos y fotografías ilustrativas de las características geomorfológicas y geodinámicas.

Finalmente, hacemos conocer que en cuanto se concluya el informe final del proyecto, le haremos alcance de un ejemplar y se coordinará para una presentación pública de dichos resultados.

2.0 ANTECEDENTES DE MOVIMIENTOS EN MASA Y ESTUDIOS REALIZADOS

2.1 Deslizamientos en 1963 (Lari) y Madrigal (1959)

En marzo de 1963, ocurrió un deslizamiento en las faldas del cerro Quehuisa, cabecera de la quebrada Ccallomayo a unos 10 km al norte de Madrigal, el cual originó la destrucción de tres hectáreas de cultivos de alfalfa y cebada,

tres bocatomas de acequias de regadío, sepultó algunas reses y 44 alpacas (García, W., 1966). La zona deslizada, en forma de abanico abarcó una superficie de 4000 m² y se estimó un volumen de material desplazado de 10000 m³. La pendiente del terreno es moderada y se apreció la presencia de bofedales o zonas pantanosas. Se atribuyó como causa de la ocurrencia del fenómeno la saturación del material detrítico existente, originado por las filtraciones de aguas desde las partes altas.

En esta inspección realizada por García se menciona igualmente la ocurrencia de un derrumbe de dimensiones considerables en el área de Madrigal, originado tras un sismo. En esa fecha se reconocieron rajaduras paralelas al borde la escarpa generada por este derrumbe, que distaban del pueblo unos 50 m.

2.2 Deslizamientos en 1979 (Lari)

En 1979, Lari nuevamente fue afectado por un deslizamiento. Esta vez una gran masa de suelo deslizada en forma lenta afectó extensas zonas de cultivo, inutilizándolas. En el mes de abril de ese año tuvo lugar un máximo desplazamiento (Yanqui, C., 1983).

La zona es definida como un valle asimétrico, donde sus flancos muestran tres niveles. El superior conformado por rocas volcánicas con fuerte pendiente que corresponde a las vertientes. El medio con depósitos de piedemonte aluvio-priluvial sobre la cual se asienta el pueblo de Lari y se desarrolla su agricultura. El inferior muestra taludes de erosión con cicatrices de deslizamientos antiguos, tipografía irregular, escalonada.

La zona de deslizamientos está compuesta por depósitos lacustres (lodolitas y areniscas de color beige a pardo claro). Se sobreponen cantos rodados y arenas más sueltas, gravas y gravillas y materiales aluviales más recientes.

Yanqui (1983), describe en la zona escarpas de dirección predominante, casi rectas este-oeste, con desplazamientos verticales de hasta 7 m de altura y desplazamientos horizontales entre pocos mm hasta 2 m. Son comunes encontrar abombamientos en el terreno y también depresiones, por el basculamiento general del área asociados a un deslizamiento de tipo rotacional, así como terrenos escalonados.

Señala además un movimiento no violento y reconoce en su interpretación evidencias de numerosos deslizamientos ocurridos en el pasado, distinguiendo superficies o cicatrices de despegue de forma semicircular y un basculamiento del terreno en la parte inferior o pie.

Las causas indicadas las asocia a un nivel de flujo de agua subterránea existente en el área, en base a las observaciones de manantiales, lagunas y bofedales existentes. Define dos zonas o acuíferos en el área, tanto en el lado este como oeste que delimitan las zonas removidas. Finalmente hace una zonificación geodinámica del área del deslizamiento de Lari, diferenciando zonas de: a) Escarpa o colapso; b) Flujo plástico; c) deslizamientos friccionantes; d) terracillas, e) deslizamientos rotacionales; f) abolladuras y g) basculamiento.

2.3 Deslizamientos en el área de Madrigal (1987)

En abril de 1987, Dávila, hace un reconocimiento de campo sobre la seguridad física de Madrigal y alrededores, y hace una descripción de las características del terreno, su riesgo geodinámico, causas y recomendaciones de obras.

Se reconoce en el área un deslizamiento antiguo donde describe en la zona de arranque o corona de deslizamiento, suelos poco coherentes y deleznable y señala un salto promedio de 20-25 m de altura donde se producen grietas de contorno y derrumbes. Entre el pie y corona del deslizamiento reconoce algunos hundimientos de terreno, agrietamientos en los materiales poco compactos. Las depresiones formadas acumulan aguas de filtraciones y aguas pluviales de diferentes dimensiones y volúmenes. En este trabajo se comparan fotografías aéreas de 1955 y el trabajo de campo de esa fecha indicando un aumento en el número de lagunas de 10 en 1955, a 25 en 1987.

En los alrededores de Madrigal, Dávila inspecciona los sectores de Punco y Chicra. En el primero de ellos reconoce deslizamientos recientes de pequeña magnitud que en su evolución afectó viviendas y terrenos de cultivo. Advierte la presencia de gran humedad en la zona debido a la presencia de filtraciones y bofedales que contribuyen a la inestabilidad de las terrazas aluviales, recomendando desaguar esa laguna. En el sector de Chicra reconoce deslizamientos antiguos pequeños y derrumbes recientes; las características similares de terreno con depresiones, humedales y zonas expuestas a riego indiscriminado originan movimientos locales del terreno.

2.4 Evaluación geodinámica en Maca, Lari y Madrigal: deslizamientos potenciales en el valle del Colca

En el estudio geodinámico de la cuenca del río Colca (Fidel & Zavala, 1994), se reconoce una unidad geomorfológica localizada entre la quebrada Chocahuanca y Pinchollo (al Oeste), hasta más allá de Tuti, al Este, al que denominan valle de represamiento. Este represamiento del valle del río Colca, fue causado por flujos volcánicos del Centro Ahuashune, al norte del Nevado Hualca Hualca (Palacios & Klink), que alcanzó una extensión de 45 Km y 3 Km de ancho.

En este sector el río Colca corta depósitos lacustres, fluviales y proluviales (aluviones, lahars), con espesores de hasta 350 m, originados durante este represamiento del valle.

Los sedimentos lacustres presentes son de características blandas e interdigitados, que aunados a la presencia de aguas subterráneas (en algunos casos superficiales), hacen que estos depósitos sean muy inestables, dando una peculiaridad al área: presencia de grandes deslizamientos antiguos y recientes.

En esta cuenca, la zona de deslizamientos más activa encontrada, corresponde a la zona comprendida entre Chivay y Pinchollo. Los factores principales de inestabilidad están relacionados a:

- Incompetencia del material (depósitos lacustres)
- Influencia de las filtraciones de aguas subterráneas.
- Influencia de las precipitaciones pluviales estacionales.
- Acción erosiva o de socavamiento del río Colca.
- Sismos (Como el sismo de Maca ocurrido en 1990)

- Acción antrópica (modificación de los taludes al construir carreteras y canales).

Uno de los deslizamientos más importantes y activo en esta zona es el de Maca-Chacaña, tratándose de deslizamientos con avance retrogresivo y progresivo que tienen relación con la incompetencia del material afectado (depósitos lacustres: lodolitas, arenas y conglomerados inconsolidados a medianamente consolidados, alternados con depósitos proluviales), napa freática superficial (oconales y filtraciones), erosión lateral al pie del talud (río Colca) y sismos, que van propagándose hacia arriba hasta dejar una masa importante alterada por inhibición y mecánicamente con muchas superficies de deslizamiento. Esto facilita la infiltración de las aguas de precipitaciones y/o irrigación, la inhibición y la pérdida de la resistencia al corte de una masa importante, que al final acaba deslizándose en su conjunto. La existencia de estos deslizamientos previos se confirma con la presencia de suaves irregularidades escalonadas observables en el área.

En la localidad de Maca el deslizamiento es de gran magnitud, ya que se observan grandes agrietamientos en la parte superior de él, afectando un importante tramo de la carretera Maca-Cabanaconde-Huambo-Arequipa, terrenos de cultivo e inclusive su avance podría represar el río Colca. También fueron catalogados importantes en este sector, los deslizamientos de Lari y Madrigal, que aparentemente estabilizados, su potencialidad de peligro de reactivación era alto, donde las condiciones de inestabilidad persisten.

Entre las zonas críticas identificadas en este estudio se indicaron:

- El **deslizamiento en el cerro Jatun Orjo**: depósitos lacustres de baja competencia, socavamiento del río Colca (margen izquierda), filtraciones. Reactivado en algunos sectores, puede afectar terrenos de cultivo (andenes) y parte de la carretera a Pinchollo.
- **Deslizamiento en el sector de Punco (Madrigal)**. Alternancia entre depósitos lacustres y aluviales inconsolidados, filtraciones, que afecta terrenos de cultivo.
- **Deslizamiento en el sector Madrigal**. Grandes deslizamientos reactivados por sectores. La presencia de depósitos lacustres inconsolidados, filtraciones y oconales, socavamiento del río Colca y mal uso del agua de regadío provocan estos fenómenos. En la actualidad, se siguen teniendo las mismas condiciones de inestabilidad y al no haberse realizado obras de estabilización, el problema es latente.
- **Derrumbes entre el sector de Peña Blanca (Túnel) y Las Colcas**. Tobas muy fracturadas de resistencia media a blanda, fallada, fuerte pendiente, inestable con sismos. Afecto túnel y camino de herradura.
- **Deslizamiento de Chacaña (Maca)**. Depósitos lacustres y flujos, incompetentes, sueltos, presencia de filtraciones y oconales, acción erosiva del río Colca, mal uso del agua de regadío. Este sector es el más crítico en todo el valle agrícola del Colca. En la actualidad ha destruido parte de la carretera Maca-Pinchollo en el sector Chacaña. La presencia de grandes grietas en la parte superior del talud, inestabiliza más el sector.
- **Deslizamiento de Lari**. Grandes deslizamientos antiguos reactivados en algunos sectores. Se produjeron debido a la incompetencia del material

lacustrino, a la presencia de filtraciones y oconales y al mal uso del agua de regadío. Las causas de estos deslizamientos están presentes y al no haberse realizado obras de tratamiento y contención nos hace suponer que el riesgo es latente.

- **Deslizamiento del Morro La Oroya (Lari).** Depósitos inconsolidados incompetentes, con fuertes pendientes e intensos agrietamientos tensionales. Se reactivan con fuertes precipitaciones afectando terrenos de cultivo.

Asimismo en este estudio, la evaluación de centros poblados incluye las siguientes observaciones ingeniero-geológicas más importantes en cada uno de ellos (Ver Cuadro 1).

Más recientemente en el estudio “Riesgo geológico en la Franja N° 2, la zonificación de peligros muestra a la cuenca media del río Colca (entre Tuti y el río Majes), incluida dentro de una zona de muy alto riesgo y susceptible a deslizamientos, movimientos complejos, desprendimientos de rocas y derrumbes.

Dentro de las zonas con instalaciones o infraestructura crítica, desarrolladas en áreas peligrosas, la zona de la carretera Maca-Cabanaconde está incluida como instalación crítica 25 (Ver Informe de Riesgo Franja 2; INGEMMET, 2002).

En este trabajo se concluyen algunos aspectos importantes como:

- Entre los movimientos complejos, deslizamientos y derrumbes cuya evolución continúan hasta la fecha se incluye: Maca-Chacaña, Yahuicho y Lacayaque (valle del Colca).
- Modificaciones de importancia desarrolladas en el pasado geológico reciente (Pilo-pleistoceno), que controlan la geomorfología actual son la avalancha de escombros y flujos de lava del volcán Hualca Hualca; grandes deslizamientos de tierras en las márgenes del río Colca entre Sibayo y Pinchollo.

3.0 ESTUDIO GEOAMBIENTAL EN LA CUENCA DEL RÍO COLCA (PROYECTO 2008-2009).

Como parte de los estudios a nivel de cuencas el año 2008, INGEMMET inició este proyecto con el objetivo de generar información actualizada que contribuya al desarrollo socioeconómico y medioambiental de la cuenca, mediante información sobre:

- Peligros geológicos y geohidrológicos, que afectan su territorio (cartografía, inventario y base de datos georeferenciada). Identificación de centros poblados y obras de infraestructura vulnerables a la ocurrencia de peligros geológicos y, definición de zonas críticas.
- Mapas de peligros, susceptibilidad, peligrosidad y áreas críticas a los peligros, con fines de gestión en la prevención y reducción de desastres.
- Mapas temáticos para análisis de susceptibilidad y peligrosidad: geomorfología, pendientes, litología, aceleraciones sísmicas del terreno para diferentes períodos de retorno, entre otros. Información temática del medio físico de la cuenca (geomorfología, pendiente, litología, hidrogeología), para una adecuada y Zonificación Ecológica-Económica y el posterior Ordenamiento Territorial.

Como resultados preliminares de este estudio, se tiene avanzado:

- Evaluación socioeconómica en la cuenca

- Cartografía de peligros a escala 1:50 000 de 41 hojas topográficas, con información de campo y gabinete.
- Mapa e informe de zonas críticas que ha sido alcanzada al gobierno regional.
- Base de Datos Georeferenciada de peligros, que incluye 769 ocurrencias.
- Inventario de pasivos ambientales generados por la actividad minera y urbana.

3.1 Inventario, cartografía y base de datos georeferenciada

El cartografiado geomorfológico-geodinámico detalla la ocurrencia de peligros de movimientos en masa y geohidrológicos, sobre mapas a escala 1:50 000 que han sido ingresados al Sistema de Base de Datos Geológica (**SISBDGEO**), se realizó en tres campañas de campo (75 días), así también con la identificación y mapeo en gabinete con fotografías aéreas e imágenes satelitales (movimientos en masa antiguos y recientes). La base de datos registra la ocurrencia de 769 procesos geológicos entre flujos de detritos, caída de rocas, deslizamientos, avalanchas de rocas, derrumbes, movimientos complejos, erosión de laderas, etc. (Ver Fig. 02 y 03), donde se consignan la tipología del evento, su georeferenciación en coordenadas UTM, las causas del evento, características geomorfológicos, litológicas del substrato, así como los daños ocasionados y una estimación de su peligro potencial y grado de riesgo.

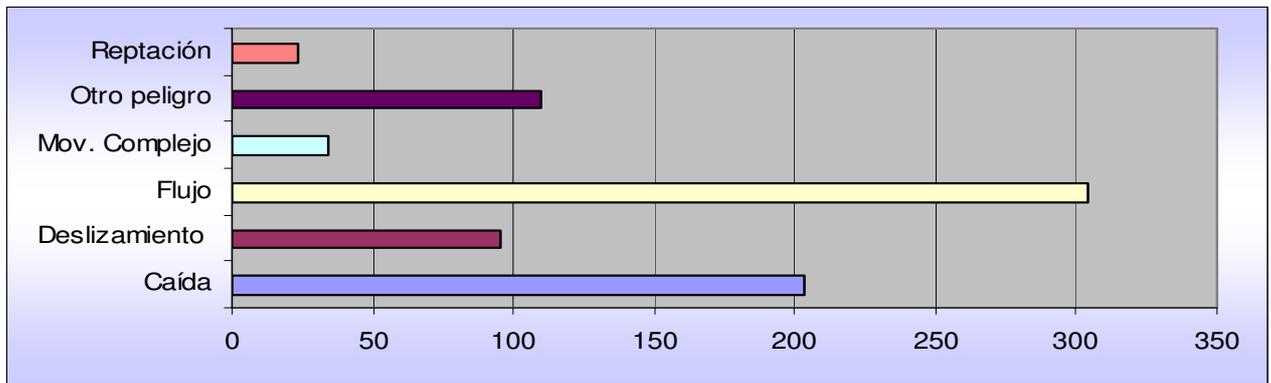


Figura 1 Estadística de Peligros Geológicos en la cuenca

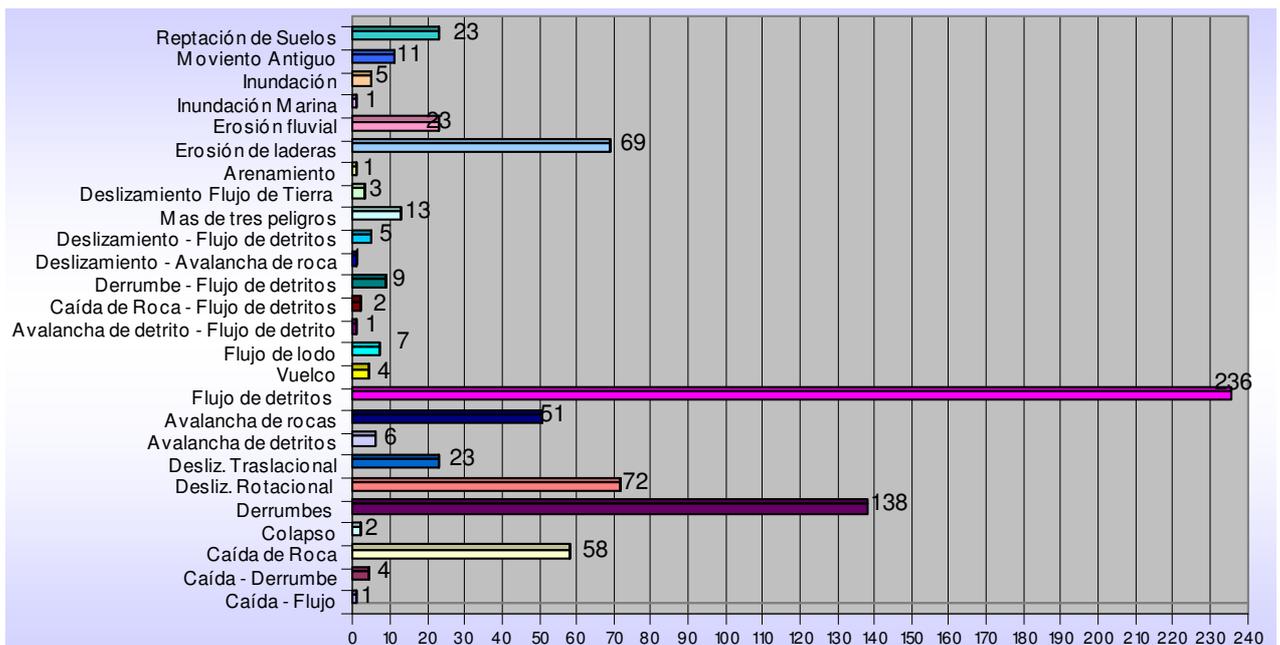


Figura 2. Estadística por Peligros Específicos en la cuenca.

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS GEODINÁMICAS PRINCIPALES

LOCALIDAD	UBICACIÓN	MORFOLOGÍA	TERRENO DE FUNDACIÓN	BASAMENTO ROCOSO	RIESGO GEODINÁMICO	COMENTARIO
Lari	Margen derecha del Río Colca a 25 Km. de Chivay, con una altitud de 3330 m,	planicie que corresponde a un antiguo deslizamiento en la ladera SW del Cerro Macapata	depósitos lacustres coluviales y proluviales.	En los bordes del pueblo afloran rocas volcánicas de la unidad Tacaza, lavas andesíticas y traquibasálticas (III) y, el pueblo mismo se emplaza sobre depósitos lacustres, limolitas (IV ₅).	En la parte inferior del pueblo hay presencia de un gran deslizamiento retrogresivo y en la parte alta se observan afloramientos de agua (oconales) y cárcavas	
Maca	Margen izquierda del Río Colca 21 Km. al Oeste de Chivay, a una altitud de 3262 m	Planicie de un antiguo deslizamiento, de pendiente suave	Depósitos proluviales medianamente compactos, compuestos por gravas, cantos y bolos de naturaleza volcánica en matriz arenolimsa, masivos.	Rocas volcánicas, lavas andesíticas y traquiandesíticas, depósitos lacustre-fluviales compuesto por gravas, arenas, limos, arcillas con niveles aislados de diatomitas (II ₂ y IV ₅).	Presencia de oconales y filtraciones, cárcavas en las partes altas, deslizamientos, agrietamientos y hundimientos en las partes bajas del pueblo, que se trascienden hasta muy cerca al cauce del Río Colca. Asentamientos paralelos al talud de deslizamiento y agrietamientos sinuosos, encima con movimientos hacia el NW y saltos de 1.20 m.	Por tener suelos incompetentes, las estructuras se ven afectadas en casos de sismos (como el ocurrido en 1990). Dado su avance retrogresivo, el deslizamiento de Maca-Chacaña podría afectar algunos sectores de Maca antiguo. Drenaje de todas las fuentes de agua existentes en el área hacia las quebradas principales, tanto en la parte superior como inferior del deslizamiento. Evitar en lo posible el sembrío en las áreas afectadas aledañas (sectores N y NW). Reubicar el poblado de Maca antiguo al sector Este del mismo.
Madrigal	margen derecha del Río Colca al pie de los Cerros Ichocollo y Plaza a 31 Km. al Oeste de Chivay, a una altitud de 3262 m	Sobre una planicie de suave pendiente, al pie de un afloramiento rocoso	Depósitos fluvio-lacustrinos compuestos por areniscas, limolitas y conglomerados	Conglomerados fluviales y limolitas lacustrinas del Grupo Colca (IV ₅)	Problemas de drenaje, filtraciones, oconales, materiales inconsolidados; deslizamiento de madrigal retrogresivo	Mejorar el sistema de drenaje, realizar alcantarillas de desagüe y forestación de las partes bajas de la corona del deslizamiento para estabilizarlo.

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio Geodinámico de la cuenca del río Colca.

3.2 Estadísticas y características de peligros en Lari-Madrigal-Maca

Del inventario de movimientos en masa realizado en los sectores de Lari, Maca y Madrigal, se puede obtener por medio de un conteo estadístico simple, que del total de 43 ocurrencias, los deslizamientos se presentan en mayor número, con un total de 24 ocurrencias. Estos comprometen principalmente los depósitos lacustrinos y aluviales que conforman ambas terrazas del valle del río Colca. Le siguen las caídas con 10 ocurrencias, los flujos de detritos (huaycos) con 5, dos avalanchas de rocas y por último movimientos complejos y zonas con erosión de laderas, con una ocurrencia cada una (Figura 3).

De los 24 deslizamientos identificados, nueve se encuentran en el distrito de Lari, cinco en Maca y 10 en Madrigal.

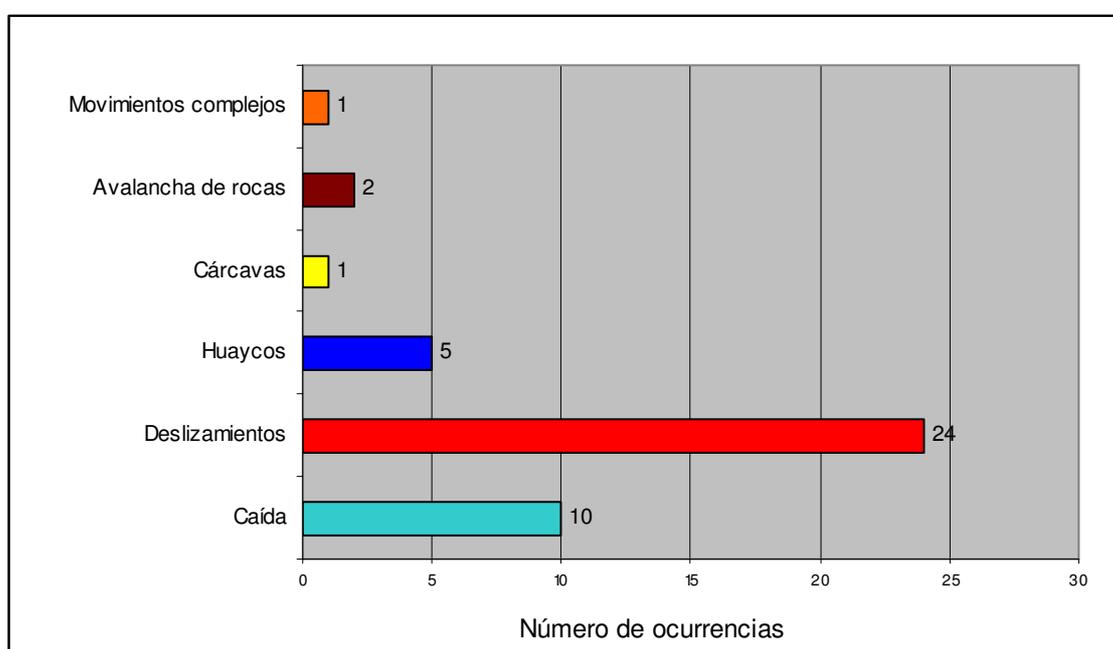


Figura 3: Estadística de movimientos en masa inventariados en los distritos de Lari, Maca y Madrigal.

3.3 Zonas Críticas por peligros geológicos

La identificación y descripción de “Zonas Críticas”, se determinó en función al grado de peligro potencial individual y/o el análisis de densidad de ocurrencias de peligros potenciales en un área o sector, donde se exponen infraestructura o poblaciones, vulnerables a uno o más peligros geológicos.

Dentro de las 35 zonas críticas identificadas en la cuenca se ha podido identificar que el peligro predominante es el de flujos de detritos (huaycos), seguido por deslizamientos y caída de rocas y en menor proporción erosión de laderas (Ver Figura 3). De estas, tres corresponden a sectores de la jurisdicción de los distritos en mención (Ver Cuadro 2).

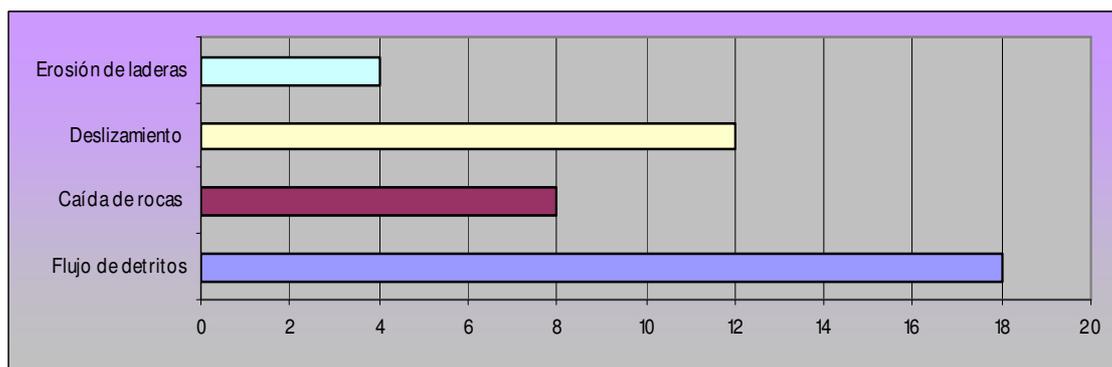


Figura 4: Estadística de zonas críticas según tipo de peligro

Cuadro 2. Zonas críticas por peligros geológicos en los distritos de Lari, Madrigal y Maca.

SECTOR (Distrito)	ÁREAS SUJETAS A / COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
Maca (Maca) 001	<p>Presencia de deslizamiento rotacional y procesos de erosión de laderas.</p> <p>Las cárcavas presentan derrumbes en sus márgenes, los cuales aportan material suelto a su cauce, que es acarreado como flujos de detritos (huaycos), en periodos de lluvias excepcionales, estos son de pequeña magnitud.</p> <p>Deslizamiento antiguo reactivado, escarpa de forma elongada, ha causado el asentamiento de la ladera en la margen izquierda del río Colca. Reactivaciones en el cuerpo del deslizamiento antiguo, al lado izquierdo del poblado de Maca, produce pérdida de terrenos de cultivo, pastizales y tramo de unos 400 m de la carretera entre Chivay y Cabanaconde. Deslizamiento con avance progresivo desde 1990, luego de sismo, características inadecuadas de suelo lacustre y presencia de filtraciones.</p>	<p>El deslizamiento ha producido la pérdida total de la plataforma de la carretera, es necesario realizar rellenos, para hacer posible el tránsito de vehículos. Entre 1994 y 2008 el asentamiento de la plataforma tiene unos 15-20 m de altura.</p>	<p>Colocar drenajes para evacuar agua subterránea y evitar la formación de bofedales en el cuerpo del deslizamiento antiguo, que producen sobrepeso, aumento de la presión de poros, humedecimiento del material del cuerpo y por ende la desestabilización de la masa y formación de reactivaciones.</p> <p>Monitoreo de deslizamiento utilizando interferometría radar y geodésica.</p>
Lari-Madrigal (Lari) 002	<p>Procesos de erosión de laderas y deslizamientos rotacionales, activos y antiguos en la margen derecha del río Colca entre Madrigal y Lari, es afectado por deslizamientos de tipo rotacional. Algunos de estos deslizamientos son antiguos y en ellos es posible observar trabajos de estabilización por medio de la construcción de andenerías. Asentamiento constante del terreno, así como la reactivación en depósitos antiguos.</p> <p>Se observan bofedales y presencia de agua subterránea, en el cuerpo de los deslizamientos.</p> <p>Procesos de erosión en cárcavas en las laderas superiores al poblado de</p>	<p>El avance del deslizamiento produce la pérdida de terrenos de cultivo.</p>	<p>Es imprescindible prohibir la construcción de viviendas en el cuerpo y cerca de la escarpa de los deslizamientos.</p> <p>Realizar trabajos de forestación de las laderas.</p>

	Lari. Deslizamiento reciente con gran afectación de áreas de cultivo, acelerado posteriormente por sismo de Chuquibamba, en julio del 2008.		
Cerro Antahuilque (Maca) 003	Deslizamiento rotacional, antiguo reactivado en el cuerpo, la inestabilidad se produce por la apertura de nueva carretera entre Lari y Maca. Se observan asentamientos en la plataforma de carretera de hasta 1,5 m. El canal de agua revestido de concreto, que pasa por la carretera, ha sido afectado por los asentamientos, produciéndose roturas, el agua de los reboses, es conducida hacia el cuerpo del deslizamiento activo, humedeciendo el terreno, aumentando el peso de la masa e incrementando la presión de poros, condiciones que hacen muy crítica la zona.	Asentamientos en la plataforma de carretera, que dificultan el tránsito de vehículos, se puede producir la pérdida total de la plataforma de carretera, inclusive la parte superior de la carretera principal entre Maca y Cabanaconde.	Las aguas no deben de ser drenadas hacia el cuerpo del deslizamiento. Canalizar o entubar las aguas que pasan por el canal, evitando de esta manera su infiltración.

4.0 OBSERVACIONES DEL DESLIZAMIENTO RECIENTE EN LARI, OCURRIDO ENTRE JUNIO-JULIO 2008

El sector afectado se denomina Juanca-Lari y se catalogó como un deslizamiento rotacional de una sola masa con basculamientos y agrietamientos en el terreno de la zona desplazada, diferenciándose dos sectores con características particulares.

La escarpa principal oeste tiene un salto de 2,50 a 3,00 m, mientras que en el lado este alcanza un salto de hasta 30 m de altura (Fotos 1, 2 y 3).

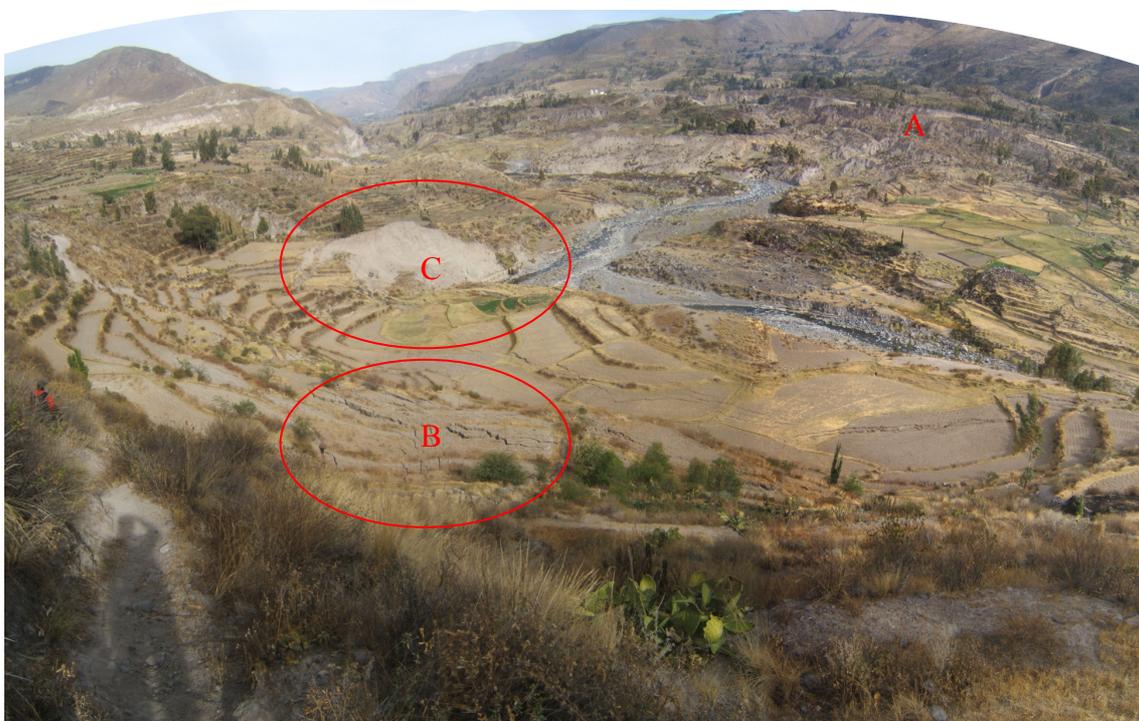


Foto 1. Vista aguas arriba de la morfología del valle del río Colca. En el lado derecho de la foto el deslizamiento complejo de Maca y en el lado izquierdo de la foto agrietamientos (B) y "soplamientos" (C) de material asociados al deslizamiento de Juanca-Lari.



Foto 2. Escarpa y salto principal, agrietamientos del terreno en el lado oeste del deslizamiento que afectó terrenos de cultivo.



Foto 3. Vista panorámica del deslizamiento de Juanca-Lari. Se distingue: A) las escarpas o zonas de arranque superiores irregulares; B) terracillas o terrenos escalonados en el material deslizado multirotacional, con afloramientos de agua en el lado este del deslizamiento; C) basculamiento del terreno en el pie del deslizamiento; D), erosión o socavamiento del río Colca.

4.1 Actividad de los deslizamientos de Maca y Madrigal

El deslizamiento de Maca muestra un proceso de remoción complejo con escarpas rectas a irregulares, desplazamientos verticales importantes y empuje del material hacia el río. Su activación afecta periódicamente áreas de cultivo y un tramo importante del circuito turístico del cañón del Colca. El avance de los últimos siete años puede apreciarse en las fotos comparativas de diferentes años (Fotos 4, 5 y 6).



Fotos 4 y 5. Vistas panorámicas comparativas del deslizamiento de Maca, tomadas en junio 2001 (superior) y junio 2008 (inferior). Se denota el avance en el desplazamiento en una parte de la escarpa de deslizamiento principal.



Foto 6. Acercamiento mostrando una parte del desplazamiento vertical en el deslizamiento de Maca-Chacaña, sobre la carretera a Cabanaconde.

4.2 Deslizamiento de Madrigal

En el deslizamiento de Madrigal, se puede apreciar una escarpa principal de forma semicircular, cóncava de deslizamiento rotacional de 70 m de altura; se tiene también escarpas secundarias, terreno escalonado hacia el valle y la presencia de abundantes bofedales, producto de las filtraciones de aguas subterráneas (Foto 7 y 8). En general el deslizamiento afecta terrenos de cultivo.



Fotos 7 y 8. Vistas del deslizamiento de Madrigal.

4.3 Deslizamiento en el cerro Antahuyque

Es una zona crítica por deslizamiento de tierras que compromete tramo de carretera que une Lari con Maca. Se trata de un deslizamiento rotacional antiguo reactivado por sectores en el cuerpo. Su avance retrogresivo comprometería inclusive tramo de la carretera a Cabanaconde.

Sobre los desarrollos de esta carretera nueva entre Lari y Maca se aprecian asentamientos en la plataforma de hasta 0,40 m, agrietamientos y filtraciones de aguas (Fotos 9, 10 y 11).



Foto 9. Asentamientos en la plataforma de la carretera; cuerpo del deslizamiento del cerro Antahuilque.



Foto 10. Vista panorámica del deslizamiento del cerro Antahuilque (entre Lari y Maca).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DÁVILA, S.(1987). Inspección de la seguridad física de Madrigal. Informe Técnico, INGEMMET, Dirección de Geotecnia, 16 p.

FIDEL, L. & ZAVALA, B. (1995). Estudio geodinámico de la cuenca del río Camaná-Majes (Colca). Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 14, 206 p.

GARCÍA, W. (1966). Deslizamiento en el cerro Quehuisa de los distritos de Lari y Madrigal. Boletín 13, Comisión Carta Geológica Nacional, Compilación de estudios geológicos, p. 87-93.

INGEMMET (2002). Estudios de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 2. Boletín N° 27, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. Dirección de Geología Ambiental, mayo 2002, 368 p.

PALACIOS, O. & KLINCK, B. (1987). Evidencias de un embalse volcánico en el valle del Colca. VI Congreso Peruano de geología, Julio, 1987.

YANQUI, C. (1983). Geotecnia del deslizamiento de Lari. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 72, p. 287-299.

ZAVALA, B., VILCHEZ, M. & ROSADO, M. (2008). Zonas Críticas por peligros geológicos em la cuenca del rio Camaná-Majes-Colca. INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Primer Reporte, diciembre 2008, 37 p.

ANEXOS

ANEXO 1: PELIGROS GEOLÓGICOS INVENTARIADOS EN LOS DISTRITOS DE LARI, MADRIGAL Y MACA

Nº DE FICHA	SECTOR O COORDENADA	COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS (OCASIONADOS O PROBABLES)
LARI			
*	Linde	Deslizamientos que compromete depósito de material lacustre y coluvial, fuerte pendiente >30°, en la parte superior hay un canal de regadío, fuertes precipitaciones pluviales.	Puede afectar la carretera y al fundo DESCO (Terreno de Cultivo).
*	Morro La Oroya	Fuertes precipitaciones pueden provocar desplomes en los sectores este y oeste; se observan grietas tensionales a ambos lados del cerro.	Produce asentamiento de terrenos.
5	Quebrada Putuco	Cono de flujo de detritos, con pendiente de 5-8° y un ancho de cauce de 150 m. Depósito con clastos predominantes de tamaños <30 cm de diámetro (80%) y bloques de hasta 1 m.	Interrumpe el tránsito en periodos de lluvia, entre Ichupampa-Lari, también afecta terrenos de cultivo en la parte inferior.
163	Lari	Escarpa principal circular de aprox. 1.4 Km de ancho, con salto importante (8-10 m); otras tres escarpas principales en el cuerpo deslizado, paralelas con saltos menores (3-6 m); pendiente del depósito 10-15°. 750-800 m de ancho hasta el borde del río.	Afectó principalmente áreas de cultivo.
*	Cerro Quehuisha	Zona deslizada, el cuerpo presenta forma de abanico, tiene un área de 4000 m ² , salto de 2,5 m que involucra manto detritico superficial mas no el substrato; agrietamientos en cuerpo deslizado. Material sobresaturado fluyó y se precipitó por la quebrada Callumayo.	Flujo afectó 3 hectáreas de cultivo de alfalfa y cebada, bocatomas de acequias de regadío, mató 3 reses y 44 alpacas. Flujos no comprometen la seguridad de Lari ni Madrigal.
116	8269979 - 204668	Deslizamiento antiguo inactivo, de gran magnitud, con pequeños derrumbes al pie de ladera, cortado en su parte media por la quebrada Patuco, que acarrea flujos de detritos.	Puede afectar la carretera dejando incomunicado al distrito de Lari.

117	Cerro Macapata	Mega deslizamiento produjo el asentamiento de la ladera, la escarpa también ha sido zona de arranque de avalanchas de rocas que se depositaron sobre la cabeza del deslizamiento antiguo.	Produjo el colapso de toda la ladera que desvió el cause de la quebrada.
124	8270144 - 199273	Deslizamiento activo localizado a 200 m del poblado de Madrigal; también pequeños derrumbes al pie de la ladera.	Afectó andenería Inca, así como a un canal de riego. De continuar el movimiento, el deslizamiento puede dejar incomunicado al poblado de Madrigal.
123	8269940 - 201570	Deslizamiento que compromete depósitos aluvio-lacustres, La erosión fluvial del río Colca, en la base de su margen derecha, así como la presencia del agua subterránea ha causado reactivación de dos nuevos deslizamientos en el cuerpo.	Produjo el asentamiento de gran parte de la terraza dejando una topografía convexa y cóncava.
32	8270500 - 200000	Laderas de la margen derecha del río Colca conformado por materiales aluvio-lacustres, son afectados por deslizamientos rotacionales; reactivaciones por erosión fluvial a manera de derrumbes y deslizamientos.	Producen el asentamiento de terrenos.
10	Cerro Plaza	Deslizamiento traslacional reactivado; se observan otras pequeñas escarpas en el cuerpo del deslizamiento.	Produjo el asentamiento de la ladera.
MACA			
1	Cerro Cuchumani	Erosión en cárcavas y surcos de 8-10 m de profundidad, en un área de 2 Km de ancho x 600 m de altura.	Afecta terrenos de cultivo en la ladera media-inferior y trocha de carretera de acceso al canal Majes.
118	Quebrada Huancane	Quebrada que acarrea huaycos, cauce con clastos de tamaños predominantes de <15 cm (70%) y bloques de hasta 50 cm.	Interrumpe tránsito entre Achoma-Maca (KM 21+200 desde Chivay).
1	Encima de Maca Nueva	Escarpa semicircular aun visible de deslizamiento antiguo-reciente con algo de desección en la corona principal. Escarpa de \pm 500 m de longitud con salto variable entre 10-20 m; algunas escarpas menores con saltos discontinuos.	Vegetación con eucalipto, alineado y paralelo a la corona principal. Deslizamiento se encuentra estabilizado en cuyo cuerpo se desarrolla extensas áreas de cultivo y existe trocha de carretera de acceso a canal Majes.
*	Cerro Cuchumani	Depósitos proluviales con bloques de roca de hasta 2 m de diámetro (10%).	Aguas abajo de baden de 20 m (acceso a canal majes), afecto chacras de cebada, papas y pan llevar.

2	Maca-Chacaña	Zona de arranque irregular a semicircular con escarpas de deslizamiento en un área de 1,5 km x 1 km, con pendiente del depósito subhorizontal de 5°, con escarpas paralelas, subverticales. Zona crítica; deslizamiento retrogresivo con avance hacia el lado derecho.	Afecta extensa zona de tierras de cultivo de Maca y Chacaña, tramo de carretera Maca-Huambo-Cabanaconde (1,5 km), el cual presenta un constante hundimiento del terraplén en dos sectores. Compromete sector de viviendas del lado noroeste de Maca
*	Cerro Guañamarca	Canchales o escombreras en ladera de fuerte pendiente, en tramo de 300 m; taludes escarpados con ignimbritas fracturadas. Conos de detritos de flujos antiguos con pendiente de 45°.	Compromete tramo de carretera de 300 m de longitud, que puede ser interrumpida entre Maca y Cabanaconde.
*	Sector Peña Blanca	Zonas de arranque y taludes inestables (80 m de altura de taludes); bloques de rocas fracturadas de tamaños de 20-50 cm.	Afecta tramo de carretera Maca-Cabanaconde.
*	Peña Blanca	Rocas fracturadas, pasa una falla regional, fractura principal de dureza blanda.	Construcción de carretera problemática (túnel); caída de rocas provoca muertes; antiguo camino de herradura destruido. Boquilla de entrada inestable (cuñas)
*	Cerca a La Qda. Malata	Intensa precipitación, aumento del caudal, generó flujo de detritos que transportó súbitamente materiales sueltos, bloque hasta 1,5 m de diámetro, pendiente fuerte.	Afecto la carretera Maca-Pinchollo.
*	Al Pie del Cerro Antahuilque	Rocas y depósitos proluviales y coluviales, las rocas están muy fracturadas. Talud de corte carretero y canal inestable.	Compromete tramo de la carretera Maca - Cabanaconde y el canal de irrigación.
118	8265837 - 204568	Avalancha de rocas, por el cause actual de unos 5 m de longitud, se observa acumulación de gravas y bloques acarreados por flujos de detritos (huaycos) ocasionales o periódicos.	Ha causado el desvío del cauce del río, podría provocar su embalse afectando al canal Majes y la trocha que conduce al canal.
122	Cerro Silla Maca	Colapso de acantilado fracturado conformado por rocas volcánicas (lavas), el material del derrumbe se ha depositado al pie en una zona de menor pendiente. Material colapsado puede ser acarreado a manera de flujo.	De producirse un flujo puede afectar varias viviendas ubicadas cerca de la quebrada.
125	Cerro Sayocuto	Deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Japo. Parte del material por estar sobresaturado pudo haber fluido hacia la quebrada. Se observa filtraciones de agua en el depósito.	Canal Majes cruza por el medio del depósito del deslizamiento; puede ser afectado por una reactivación.

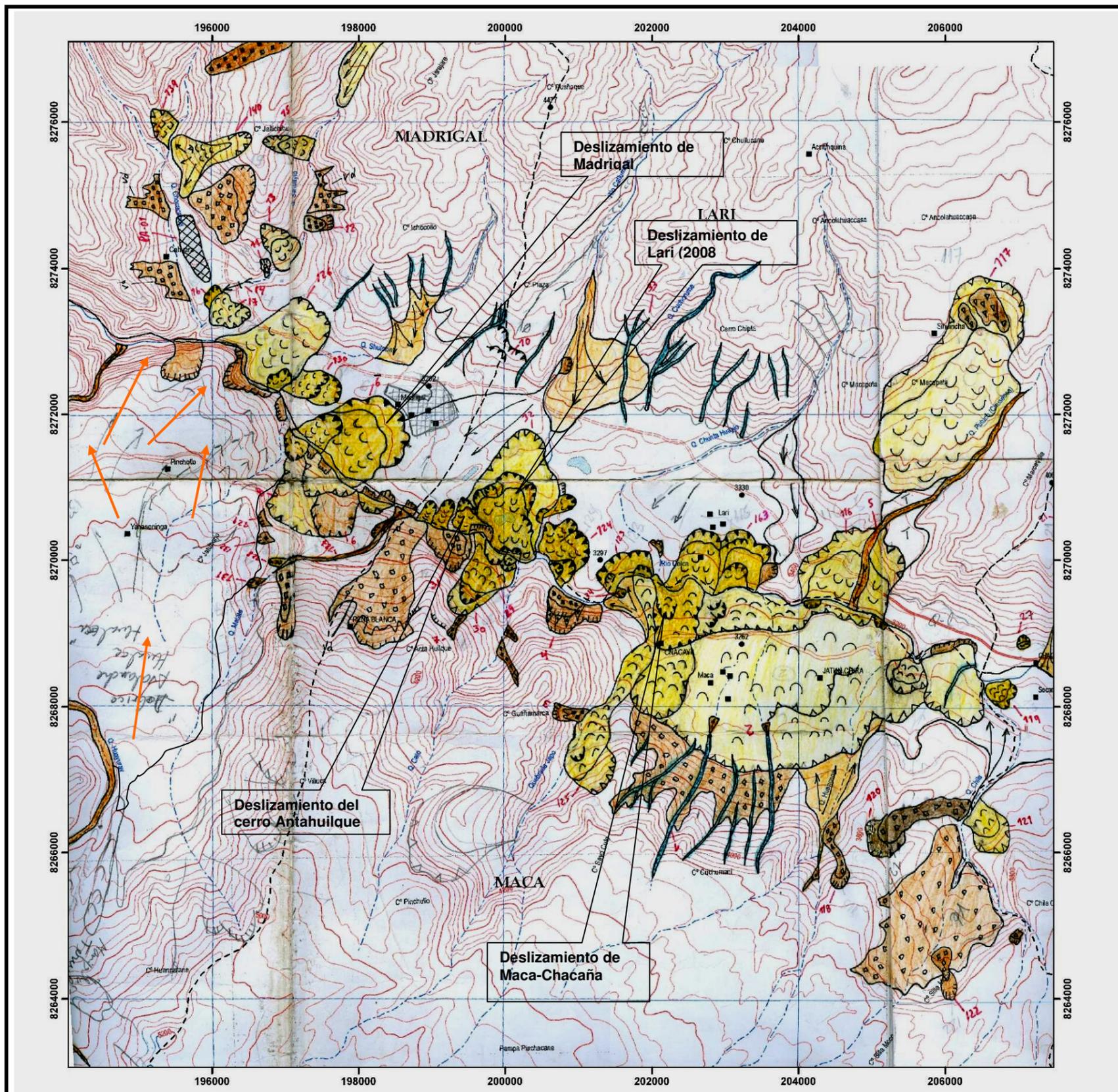
120	Qda. Chila	Avalancha de roca producto de una antigua caída de rocas por el rompimiento de una morrena.	Destruyó andenerías inca y desvió el cauce de la quebrada.
30	Cerro Antahuilque	Deslizamiento rotacional con reactivaciones en el cuerpo. Asentamiento en plataforma de carretera de hasta 1 m.	Afecta tramo nuevo de la carretera que conecta los poblados de Lari y Maca. También puede afectar la carretera Chivay - Cabanaconde. Rompió canal de regadío.
28	8269989 - 200081	Deslizamiento que produjo el asentamiento de material aluvio-lacustrino hacia el río. Derrumbes por erosión fluvial en el cuerpo.	Pérdida de terrenos de cultivos, por efectos de la erosión fluvial.
MADRIGAL			
14	Quebrada Sahuayto	Depósitos de huayco en el cauce de quebrada, erosión en ambas márgenes. Pendiente de la quebrada de 2-5°.	Afectó terraplén de carretera (margen izquierda) que conduce a la mina Madrigal, el cual ha sido reforzado. Puente con luz insuficiente para paso de flujo excepcional.
139	Cerca de Mina Madrigal	Irregularidades en la pendiente del terreno, 2 escarpas con saltos principales de 15 m y 5 m de alto; agrietamientos y empuje de tierras hacia la quebrada y derrumbes hacia cara libre por erosión. Se aprecia antiguo deslizamiento hacia la otra margen.	Afecta terrenos de cultivo en un área de 300 x 80 m en la margen derecha de la quebrada Sahuayto; derrumbes en la margen izquierda en una longitud similar en andenería. En este sector se aprecia también contaminación de tierras de cultivo.
36	Madrigal	Zona de deslizamientos de forma circular con una escarpa pronunciada reciente (salto irregular: 5-15 m), en un área de 1x 1,2 km, con pendiente suave del depósito (15-25°) y 200 m de desnivel entre el pie y la corona; asentamientos el cauce.	Afecto extensas áreas de tierras de cultivo del sector de Madrigal en la margen derecha del río Colca.
126	Quebrada Shutane	Escarpa antigua en forma de semicircular, área afectada de 500m ² ; 2 a 3 escarpas principales, paralelas, reconocibles. Se aprecia algunas reactivaciones pequeñas en el lado inferior derecho.	Una reactivación mayor podría represar el río Colca.
*	Al Pie Del Cerro Ichocoyo (Qda. Saltocoyto)	Deslizamientos que comprometen depósitos lacustres y proluviales, inadecuado sistema de drenaje. Socavamiento del río Colca.	Afecto terrenos de cultivo en andenería.
*	Punco	Deslizamiento que compromete depósitos lacustres inconsolidados, con depósitos aluviales.	Puede dañar terrenos de cultivo 200 m. de largo x 20 m de salto; cerca de la mina Madrigal

8	Al Pie Del Cerro Jatunorjo	Deslizamiento antiguo que comprometió depósitos lacustres de baja competencia, actualmente se observa socavamiento del río Colca, filtraciones de agua.	Reactivado por sectores; compromete terrenos de cultivo, andenes y parte de la carretera Pinchollo. Margen derecha del río Colca; 2 km de longitud y salto de 30-40 m.
135	Madrigal - Qda. Parhuayune	Derrumbe que arrancado en laderas superiores del Cerro Shiuisa, material colapsado al estar saturado de agua fluyó pendiente abajo, quedando colgado en la ladera.	Material colgado puede caer encima de la Mina Madrigal, compromete su seguridad física.
137	Cerro Orosa	Constantes desprendimientos de rocas por fuerte pendiente.	Estos desprendimientos han afectado varios tramos del camino que conducen al campamento de la mina Madrigal.
140	Mina Madrigal	Derrumbe antiguo ubicado en la parte superior del campamento minero de Madrigal.	Desvió el cauce de la quebrada, pudo represarla la quebrada Chocacahua.
138	Cerro Jarejare	Derrumbe en la parte alta de la ladera, produjo colapso del terreno, material se deposita en ladera inferior de menor pendiente.	Produjo colapso de parte de la ladera.
130	Quebrada Shutone, margen izquierda	Deslizamiento que produjo el asentamiento de la ladera, depósito de forma cóncava-convexa. Reactivaciones en la escarpa.	Ha afectado principalmente a terrenos de cultivos.
126	Quebrada Shutone, margen derecha	Deslizamiento antiguo, reactivado, produce asentamientos de terrenos.	Produce asentamientos en la antigua carretera a Madrigal.
12	Margen izquierda de la Qda. Sahuayto.	Afloramiento rocoso subvertical, es posible observar escarpas de deslizamientos en este sector, producen asentamiento de terreno.	Las caídas de rocas han afectado andenerías de cultivo y pueden afectar tramo de la carretera trazada sobre el depósito.
15	Cerro Jallichihua	Deslizamiento rotacional antiguo, probable cierre y/o desviación de cauce. Rocas con alteración hidrotermal. Reactivación en cortes de carreteras hechos por actividad minera.	De producirse fuertes precipitaciones podría generarse un huayco, debido al gran material suelto, depositado en el río, que puede afectar viviendas de la zona baja.
136	Cerro Iquishja	Movimientos complejo antiguo, bajado desde margen derecha de la quebrada Sahuayto, desvió cauce de la quebrada y pudo represarla.	Pudo represar la quebrada Sahuaycto.

Fuente: Base de Datos de Inventario de Peligros, 2008.

(*): Ficha de inventario de movimientos en masa del estudio de "Riesgos geológicos en el Perú, franja 2".

ANEXO 2. MAPA GEODINÁMICO EN LOS DISTRITOS DE LARI, MADRIGAL Y MACA



SIMBOLOGÍA

ACTIVO	INACTIVO	TIPO DE MOVIMIENTO
		Avalancha de rocas
		Derrumbes
		Deslizamiento traslacional
		Deslizamiento rotacional
		Movimiento complejo
		Caída de rocas
		Flujo de detritos (huaycos)
		Erosión de laderas

ESCALA GRÁFICA

