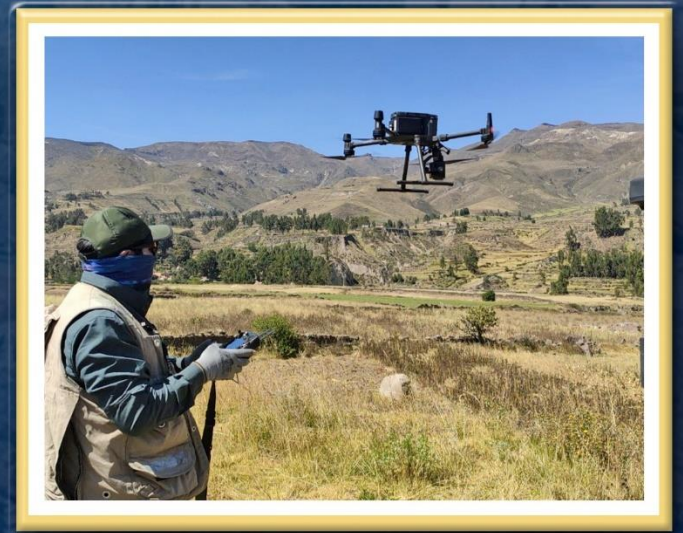


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7493

REPORTE DE MONITOREO DEL DESLIZAMIENTO DE MACA, PERIODO 2022 - 2023

Departamento: Arequipa
Provincia: Caylloma
Distrito: Maca



ABRIL
2024

***REPORTE DE MONITOREO DEL DESLIZAMIENTO DE MACA,
PERIODO 2022 - 2023***

Distritos Maca, provincia Caylloma, departamento Arequipa

Elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del INGEMMET

Equipo de investigación:

Luis Albinez

Dulio Gómez

Joseph Huanca

Angella Zegarra

ABRIL 2024

Citación:

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). *Reporte de monitoreo del deslizamiento de Maca, periodo 2022 - 2023. Distrito Maca, provincia Caylloma, departamento Arequipa*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7493, 16 p.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ASPECTOS GENERALES	4
2.1 Ubicación, accesibilidad, medios de vida y precipitaciones	4
2.2 Aspectos geológicos, sísmicos, geomorfológicos y de peligros geológicos	6
2.3 Caracterización del deslizamiento de Maca	7
3. MONITOREO GEODÉSICO	8
3.1 Cinemática	8
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	12
Conclusiones	12
Recomendaciones	12
BIBLIOGRAFÍA	14
ANEXO 1	16

1. INTRODUCCIÓN

El deslizamiento de Maca amenaza la seguridad física del distrito del mismo nombre, con una población de alrededor de 700 habitantes (INEI 2017). El avance del deslizamiento también compromete andenes pre-incaicos (Fidel y Zavala, 1994), e infraestructura vial vital para la población local y para el desarrollo del turismo en el valle del Colca, que en el año 2019 contó con la visita de ~254 000 turistas (Figueroa, 2019) (Ingemmet, 2023).

Con una historia de activación detonada por precipitaciones pluviales, erosión del río y eventos sísmicos, este fenómeno ha sido objeto de monitoreo por parte del Ingemmet en colaboración con el Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia (IRD) (Zerathe et al., 2016; Antayhua et al., 2002).

Este reporte se centra en proporcionar una actualización sobre la actividad de Maca al 2023, abordando la necesidad crítica de comprender y gestionar los riesgos asociados (Figueroa, 2019; Zavala et al., 2012), como aporte a la gestión de riesgo de desastres e investigación.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación, accesibilidad, medios de vida y precipitaciones

El deslizamiento de Maca se encuentra en el distrito homónimo, provincia Caylloma y departamento Arequipa, en la margen izquierda del río Colca. Se puede acceder a la zona mediante la vía Chivay Cabanaconde. Los medios de vida principales de la zona son la agricultura, ganadería y turismo.

Cuadro 1. Coordenadas del deslizamiento.

COORDENADA CENTRAL				
N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
A	212591	8269180	15°38'17"S	71°46'26"O

En relación a las precipitaciones, de los datos de la estación meteorológica convencional Pisac (SENAMHI), se destaca una mayor tasa durante el primer y último trimestre de cada año. En la figura 2, se diferencia el pico multianual en la temporada lluviosa 2019-2020, sobre las demás temporadas lluviosas 2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023, de magnitud similar.

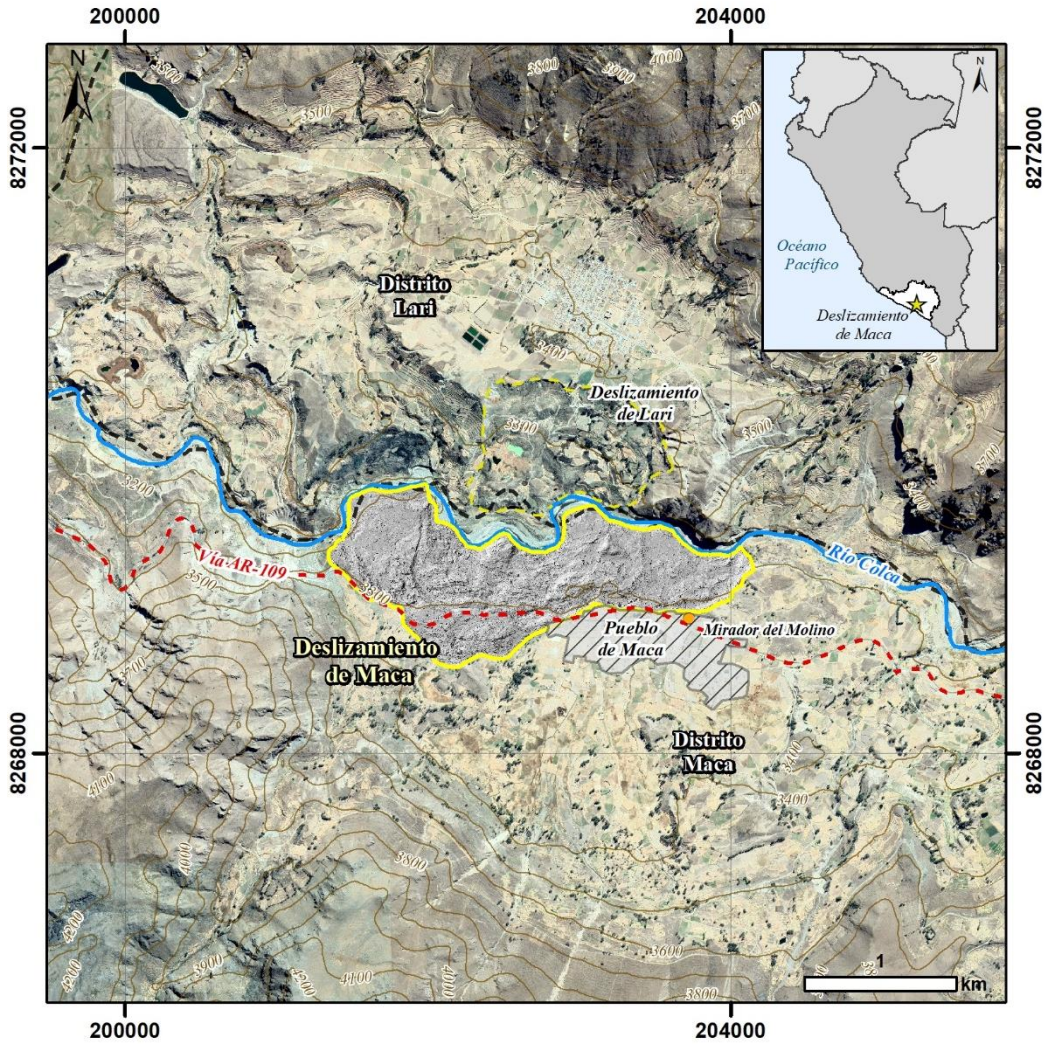


Figura 1. Mapa de ubicación, deslizamiento Maca (Ingemmet, 2023).

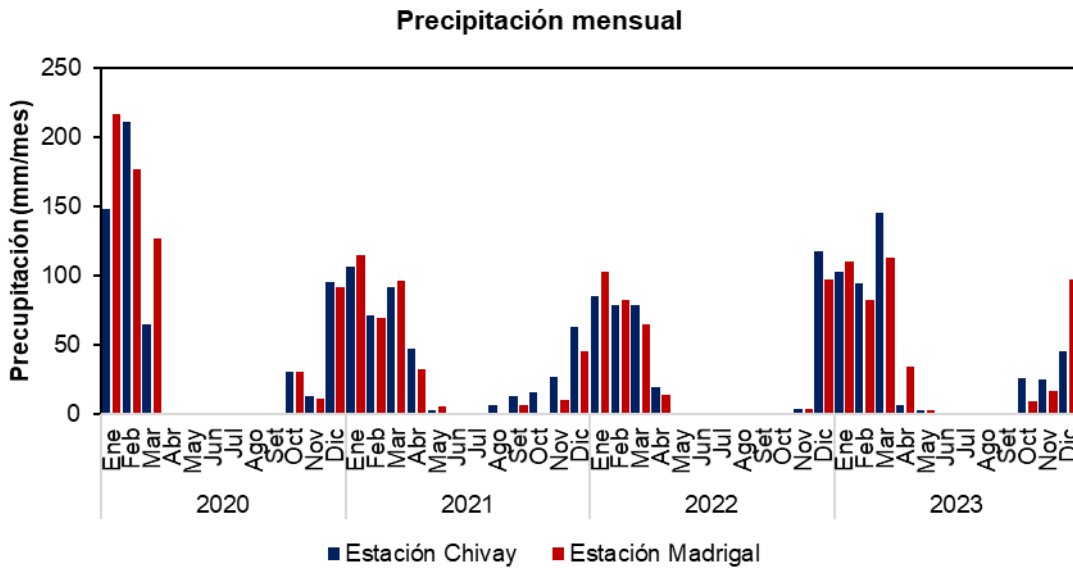


Figura 2. Precipitación mensual de las estaciones de Chivay y Madrigal (2019-2023). Fuente: SENAMHI.

2.2 Aspectos geológicos, sísmicos, geomorfológicos y de peligros geológicos

A escala regional, en la zona del deslizamiento e inmediaciones afloran rocas del Mesozoico al Cenozoico y depósitos cuaternarios (GEOCATMIN capas “Mapa Geológico 100K, hoja 32s 1:100,000, Klinck & Palacios 1985, revisado y actualizado por Quispesivana & Navarro 2001, “Cuadrángulo de Chivay”). Localmente, se encuentran al oeste (sector Peña Blanca) rocas del Grupo Tacaza, constituida por una secuencia ignimbrítica de color gris-blanquecino de aproximadamente 200 m de espesor. Al sur de Maca afloran flujos de lava emplazados durante el Plio-Pleistoceno, de más de 1000 m de espesor. El valle del río Colca fue modelado por acción glaciaria, volcánica y tectónica, creando una cuenca elongada y dos paleolagos registrados en su estratigrafía. De las secuencias lacustres, en la zona de Maca, se pueden encontrar litologías compuestas por limoarcillitas, areniscas de grano fino, areniscas con laminación paralela, microconglomerados, areniscas de grano grueso y niveles de sismitas, intercalaciones de limoarcillitas con niveles delgados de areniscas finas, cenizas volcánicas y conglomerados polimícticos. Provenientes de la quebrada Japo afloran depósitos de avalancha de rocas, de entre 30 y 100 m de espesor, que sobreyacen a secuencias lacustrinas. Al sureste afloran depósitos de diatomitas de algunos metros de espesor, con sedimentos provenientes de actividad volcánica explosiva. Se pueden observar depósitos coluviales originados en las laderas del flanco norte del volcán Hualca Hualca. Los depósitos aluviales se encuentran en ambos márgenes del río Colca en forma de pequeñas terrazas, litológicamente conformadas por arenas, gravas y bloques lávicos (Zavala et al., 2012 en Ingemmet 2023).

Sobre los sismos, en el valle del Colca, existe un sistema de fallas que presentan una intensa actividad sísmica superficial (Benavente et al, 2017; Sebrier et al., 1988; Mering et al., 1996 y Huamán-Rodrigo et al., 1993). Estas fallas geológicas activas, junto con la actividad volcánica, constituyen las principales fuentes sísmicas. Algunos de los sismos recientes que generaron destrucción en Maca y el valle ocurrieron el 14 de agosto de 2016 (5.3 ML), 8 de octubre del 2021 (5.5 Mw) y 16 de marzo del 2022 (5.5 Mw) (Ingemmet, 2023).

Geomorfológicamente, el poblado de Maca y alrededores se encuentra sobre una amplia vertiente aluvio-lacustre, modificada por procesos erosivos y deslizamientos posteriores a su formación. Se infieren escarpas de un deslizamiento antiguo mayor suavizadas por erosión, de escarpa mayor en el límite superior con depósitos de piedemonte coluvio-deluvial y flujos de detritos. El lado oeste y norte de Maca corresponde a un depósito de avalancha de rocas que descendió por la quebrada Japo sobre los depósitos aluvio-lacustres. Las vertientes colindantes superiores corresponden a laderas de montaña en roca volcánica asociadas al volcán Hualca Hualca, así como pequeños sectores de laderas en rocas sedimentarias (areniscas y lutitas) y volcanoclásticas (ignimbritas), en el lado oeste. Al norte del poblado de Maca se encuentra el cauce fluvial del río Colca, el cual muestra varios recodos, producidos por deslizamientos que han modificado su dirección principal (Zavala et al., 2012 en Ingemmet, 2023).

El inventario de peligros geológicos nacional (GEOCATMIN), muestra eventos de movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujos, caídas, erosión de laderas y erosión fluvial en el valle de Colca. Resalta la presencia de deslizamientos antiguos en los márgenes del río Colca y activos (Madrigal, Maca, Lari, Achoma). En lo referente a la susceptibilidad a movimientos en masa, la zona muestra susceptibilidad de media a muy alta (GEOCATMIN).

2.3 Caracterización del deslizamiento de Maca

El deslizamiento de Maca ha sido ampliamente descrito por Zavala et al (2012), Zerathe et al., (2016), Valderrama & Araujo (2016), Ingemmet (2023). En general, constituiría un movimiento complejo con componentes de deformación diferenciados por sectores, de tipo hundimiento, traslación y rotación, con retrogradación de corona y progresión de paquetes más activos. En relación a su morfometría todo el deslizamiento de Maca afecta un área aproximada de 1,7 km², con un ancho de ~2,7 km y una longitud de ~1 km entre la escarpa principal y la punta. Hacia el sur, está delimitado por una escarpa superior larga, continua y casi vertical de más de 3,5 km de longitud, de 15 a 20 m de altura y forma semielíptica orientada globalmente de E a O, con varias ondulaciones leves. En la parte central del deslizamiento, está presente otra escarpa de 1,5 km de largo que conecta la escarpa principal en el extremo NO del pueblo de Maca. Se caracteriza por un desplazamiento más fuerte (20-25 m) y cruza la carretera en varios tramos. Aparentemente corresponde al eskarpe primitivo del deslizamiento de Maca, en una etapa anterior de su evolución (Zerathe et al., 2016 en Ingemmet, 2023). Desde su monitoreo, se le han registrado velocidades que van desde extremadamente lenta a lenta (Ingemmet, 2023). Durante décadas, la erosión del río Colca en el pie del deslizamiento debido al cambio de posición del lecho del río causado por el deslizamiento de Lari en el lado opuesto del valle, parece jugar un papel clave en la cinemática del deslizamiento (Zerathe et al., 2016 en Ingemmet, 2023). En el periodo noviembre 2021-2022, se registró una clara disminución de masa en el frente del deslizamiento correspondientes a los recodos o zonas erosión fluvial generada por el río Colca (Ingemmet, 2023).

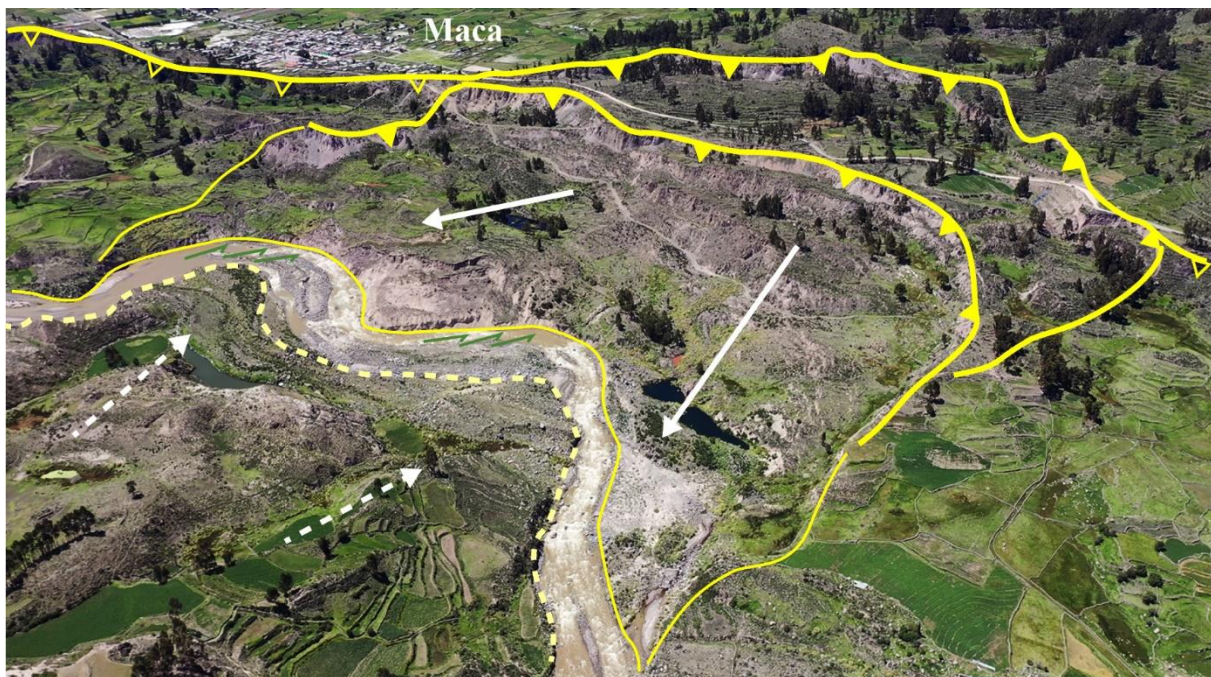


Figura 3. Interpretación del deslizamiento de Maca, realizada en base a fotografía aérea tomada con dron. La línea gruesa con triángulos rellenos muestra las coronas recientes de zona más activa, la línea con triángulos huecos muestra la corona antigua. Las flechas verdes en el cauce muestran zonas con erosión fluvial que afectan el cuerpo del deslizamiento. Las líneas entrecortadas de la margen derecha (lado inferior izquierdo) delimitan el cuerpo erosionado del deslizamiento de Lari.

3. MONITOREO GEODÉSICO

Actualmente en el deslizamiento de Maca se cuenta con 20 puntos de control temporal (hitos de monitoreo) (figura 10), los cuales fueron monitoreados con un receptor GNSS diferencial de doble frecuencia (Trimble R-12), aplicando las técnicas de posicionamiento RTK (cinemático en tiempo real, el cual no requiere postproceso) y PPK (cinemático postproceso, mediante el software Trimble Business Center 5.0), durante cinco campañas entre el 22 de febrero del 2022 y el 28 de marzo del 2023 (~1 año). Las coordenadas se midieron con precisiones por debajo del decímetro. El cálculo de desplazamientos se realizó a partir de la diferencia de las coordenadas medidas durante cada campaña, muestra movimientos horizontales y verticales en el cuerpo del deslizamiento por periodo y en total (tabla 1).

Cabe mencionar que, por efectos climáticos, deformación propia de la actividad del deslizamiento y otros, en la primera campaña de medición no fueron reiterados los puntos MA20 y MA21. También es importante resaltar que, para este reporte, solo se está considerando las mediciones temporales.

3.1 Cinemática

Para el periodo del 22/02/2022 al 4/05/2022 (~ 2 meses) (tabla 1; figura 1), correspondiente a finales de la temporada lluviosa 2021-2022, se calcularon desplazamientos horizontales máximos de hasta ~ 1.2 m hacia el norte en la estación MA04. Las estaciones MA05, MA16 y MA19 mostraron desplazamientos horizontales similares. En relación a los desplazamientos verticales la estación que mostró mayor hundimiento fue MA05 con ~ -0,4 m. Otras estaciones con movimientos verticales en el rango de -0,19 m a -0,30 m, fueron MA04, MA11 y MA19. Las demás estaciones también mostraron desplazamientos resaltantes. Cabe mencionar que durante este periodo ocurrió el sismo del 16 de marzo del 2022 (5.5 Mw) (Ingemmet, 2023).

Para el segundo periodo del 4/05/2022 al 13/08/2022 (~ 3 meses) (tabla 1), correspondiente a la temporada seca 2022, se calcularon desplazamientos horizontales máximos de hasta ~0.08 m hacia el norte en la estación MA04. Las estaciones MA05, MA19 y MA21 mostraron desplazamientos horizontales similares en el rango de -0,04 m a -0,07 m. El desplazamiento vertical más importante se registró en la estación MA04 con ~ -0,03 m.

Para el tercer periodo del 13/08/2022 al 26/11/2022 (~ 3 meses) (tabla 1; figura 1), correspondiente al final de la temporada seca 2022, no se calcularon desplazamientos horizontales ni verticales mayores, resaltando los movimientos horizontales de hasta ~ 0.03 m hacia el norte en la estación MA04 y verticales de 0.03 m de MA12.

Para el último periodo monitoreado que comprende del 26/11/2022 al 28/03/2023 (~ 4 meses) (tabla 1; figura 1), correspondiente a la temporada lluviosa 2022 - 2023, al igual que el periodo anterior, no se calcularon desplazamientos horizontales ni verticales mayores, resaltando los movimientos horizontales de hasta ~ 0.03 m hacia el norte en la estación MA17 y verticales de 0.02 m de MA15.

En relación al periodo total, 22/02/2022 al 28/03/2023 (~ 13 meses) (tabla 1; figura 1), el punto MA04 sirvió para calcular el mayor desplazamiento horizontal de ~1.3 m hacia el norte y la estación MA05 el mayor desplazamiento vertical de ~ -0.4 m. Para este periodo, de los

desplazamientos horizontales totales se estima una velocidad horizontal máxima de hasta ~ 0.5 m/año, equivalente a “muy lenta” según la clasificación de Cruden y Varnes (1996).

Haciendo una comparación entre precipitaciones y desplazamientos entre el 2022 al 2023, no se observa relación directa a momentos de aceleración, esto puede deberse a que las temporadas lluviosas 21-22 y 22-23 no fueron tan intensas en comparación a años anteriores. Sin embargo, cabe mencionar que el deslizamiento presentó movimientos menores en la mayoría de estaciones ubicadas en el cuerpo, independientemente de la temporada lluviosa. En relación a la sismicidad, se observa una clara relación de aceleración y desaceleración entre los dos primeros periodos registrados, coincidentes con el sismo y post sismo del 16 de marzo del 2022 (5.5 Mw). Los valores de desplazamientos acumulados corresponden principalmente a estos periodos.

Puede observarse que la actividad continúa predominando en las zonas de los puntos MA04, MA05, MA11 y MA19, correspondiente al cruce del escarpe central con la carretera de salida de Maca - Cabanaconde, hacia el norte, en dirección al río Colca, zona también reportada en Ingemmet 2023. También debe resaltarse la actividad hacia el oeste correspondiente a los puntos MA11 y MA15, la cual podría estar mostrando futuros avances importantes en esta zona.

Tabla 1. Desplazamientos medidos en el deslizamiento de Maca, periodo 2022 – 2023

Puntos de control GNSS	Primer periodo 22/02/2022 al 4/05/2022 (~2 meses)				Segundo periodo 4/05/2022 al 13/08/2022 (~3 meses)				Tercer periodo 13/08/2022 al 26/11/2022 (~3 meses)				Cuarto periodo 26/11/2022 al 28/03/2023 (~4 meses)				Periodo total 22/02/2022 al 28/03/2023 (~13 meses)			
	$\Delta E(x)$	$\Delta N(y)$	ΔZ	$\Delta E-N$	$\Delta E(x)$	$\Delta N(y)$	ΔZ	$\Delta E-N$	$\Delta E(x)$	$\Delta N(y)$	ΔZ	$\Delta E-N$	$\Delta E(x)$	$\Delta N(y)$	ΔZ	$\Delta E-N$	$\Delta E(x)$	$\Delta N(y)$	ΔZ	$\Delta E-N$
	xy				xy				xy				xy				xy			
MA01	-0.005	0.001	-0.004	0.005	-0.010	0.004	-0.020	0.011	0.004	-0.018	0.027	0.018	-0.001	0.005	0.004	0.005	-0.012	-0.008	0.007	0.014
MA02	0.006	0.029	0.002	0.030	0.008	-0.009	-0.011	0.012	-0.013	-0.005	0.013	0.014	0.001	0.005	-0.014	0.005	0.002	0.020	-0.010	0.020
MA03	-0.001	0.019	0.009	0.019	-0.003	-0.006	-0.016	0.007	0.005	-0.007	-0.005	0.009	-0.021	-0.009	0.006	0.023	-0.020	-0.003	-0.006	0.020
MA04	-0.224	1.150	-0.187	1.172	0.006	0.075	-0.029	0.075	-0.027	0.006	0.007	0.028	0.015	0.006	-0.009	0.016	-0.230	1.237	-0.218	1.258
MA05	-0.047	1.018	-0.373	1.019	0.010	0.054	-0.013	0.055	0.008	0.019	-0.011	0.021	-0.007	-0.012	0.000	0.014	-0.036	1.079	-0.397	1.080
MA06	-0.051	0.064	-0.033	0.082	0.005	0.013	-0.020	0.014	-0.004	0.000	0.003	0.004	0.001	-0.023	-0.001	0.023	-0.049	0.054	-0.051	0.073
MA07	0.000	-0.002	-0.014	0.002	-0.001	0.001	-0.018	0.001	-0.011	0.014	0.013	0.018	0.011	-0.016	-0.003	0.019	-0.001	-0.003	-0.022	0.003
MA08	0.008	0.021	-0.019	0.022	-0.012	-0.005	-0.007	0.013	0.006	-0.019	0.012	0.020	-0.001	0.016	-0.003	0.016	0.001	0.013	-0.017	0.013
MA10	0.038	0.324	-0.094	0.326	0.011	0.017	-0.016	0.020	0.001	0.001	0.004	0.001	-0.005	0.007	0.008	0.009	0.045	0.349	-0.098	0.352
MA11	0.108	0.395	-0.193	0.409									0.006	-0.019	-0.011	0.020	0.115	0.408	-0.212	0.424
MA12	0.008	0.021	0.005	0.022	0.021	-0.011	-0.027	0.024	-0.013	-0.001	0.028	0.013	0.000	0.011	-0.001	0.011	0.016	0.020	0.005	0.026
MA13	0.029	0.327	-0.068	0.328	0.009	0.034	-0.001	0.035	0.000	0.017	-0.009	0.017	-0.025	-0.011	0.007	0.027	0.013	0.367	-0.071	0.367
MA14	0.028	0.010	-0.006	0.030	0.011	-0.017	0.007	0.020	-0.006	0.016	0.002	0.017	0.009	-0.007	0.003	0.011	0.042	0.002	0.006	0.042
MA15	0.076	0.491	-0.060	0.497	0.018	0.036	0.006	0.040	-0.008	0.013	-0.017	0.015	0.006	-0.013	0.019	0.014	0.092	0.527	-0.052	0.535
MA16	0.064	0.124	-0.064	0.140	0.017	0.019	-0.005	0.025	0.003	0.009	-0.010	0.009	0.006	-0.011	0.011	0.013	0.090	0.141	-0.068	0.167
MA17	0.015	0.009	-0.022	0.017	0.015	0.002	0.015	0.015	0.009	-0.003	-0.007	0.009	-0.026	-0.020	0.015	0.033	0.013	-0.012	0.001	0.018
MA18	0.017	0.031	-0.004	0.035	0.002	-0.014	-0.003	0.014	-0.005	0.009	0.005	0.010	0.012	-0.019	0.001	0.022	0.026	0.007	-0.001	0.027
MA19	-0.065	1.148	-0.288	1.150	0.011	0.068	-0.011	0.069	-0.011	0.019	-0.001	0.022	0.006	0.006	-0.004	0.008	-0.059	1.241	-0.304	1.242
MA20					0.013	0.035	0.006	0.037	0.001	0.015	-0.020	0.015	0.002	-0.011	0.013	0.011				
MA21					0.008	0.041	-0.009	0.042	-0.013	0.020	-0.008	0.024	0.000	-0.012	-0.001	0.012				
dmax	0.108	1.150	0.009	1.172	0.021	0.075	0.015	0.075	0.009	0.020	0.028	0.028	0.015	0.016	0.019	0.033	0.115	1.241	0.007	1.258
dmin	-0.224	-0.002	-0.373	0.002	-0.012	-0.017	-0.029	0.001	-0.027	-0.019	-0.020	0.001	-0.026	-0.023	-0.014	0.005	-0.230	-0.012	-0.397	0.003

Nota: $\Delta E(x)$ =desplazamiento en el eje x, este o longitud; $\Delta N(y)$ =desplazamiento en el eje y, norte o latitud; ΔZ =desplazamiento en el eje z o altura; $\Delta E-N$ $N(xy)$ =desplazamiento horizontal "xy", en plano, valor absoluto

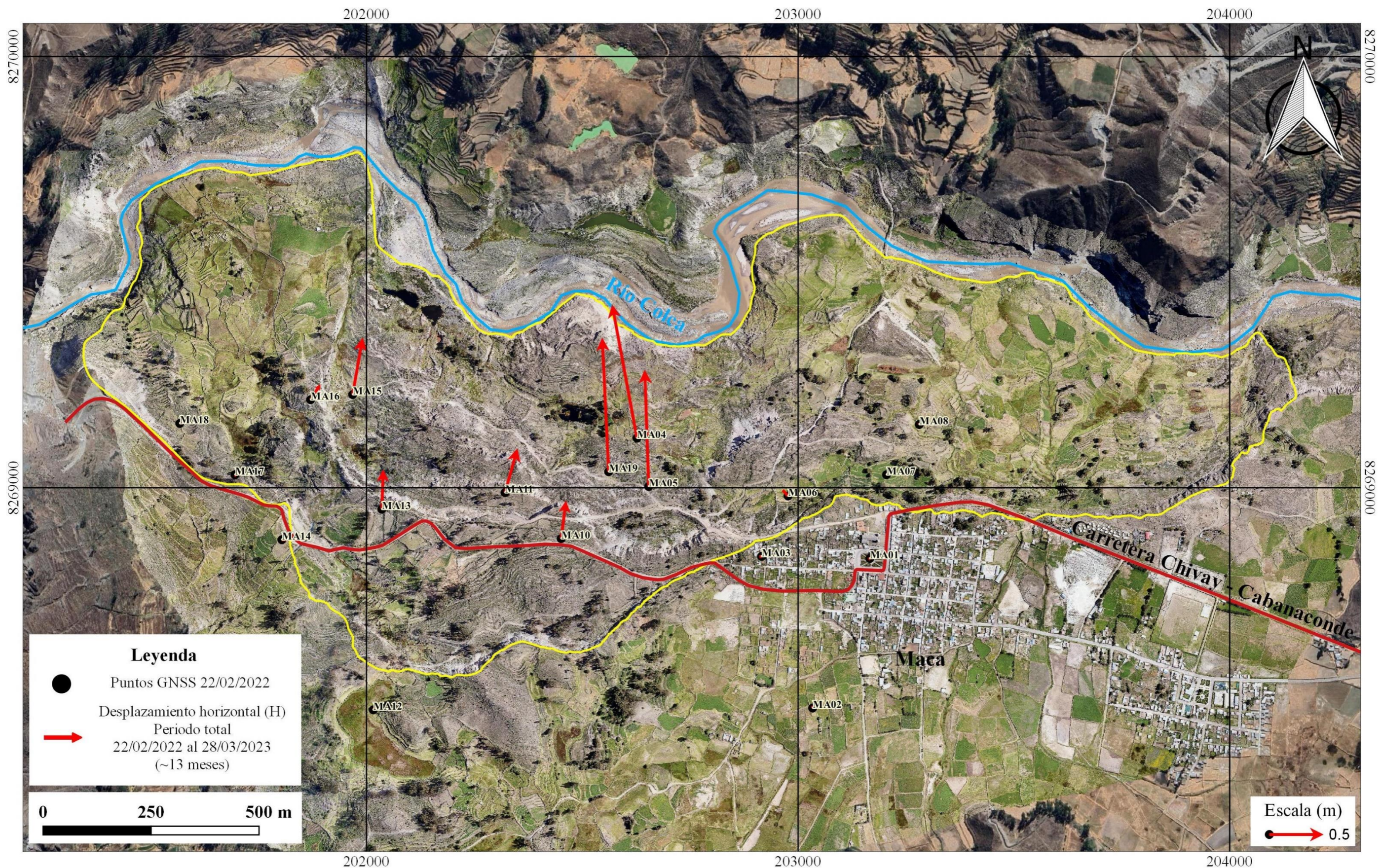


Figura 3. Mapa de vectores de desplazamiento horizontal del deslizamiento de Maca. El mapa muestra las magnitudes y direcciones de los desplazamientos de la red de puntos de control temporal, correspondiente al periodo estudiado (tabla 1). Se observa que la dirección de los movimientos predominante fue hacia el norte (a favor de la pendiente, en dirección al río). La línea amarilla corresponde al límite de febrero del 2023. La escala de los vectores ha sido exagerada en diferente proporción con fines de visualización.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- ✓ Los datos de monitoreo geodésico obtenidos durante cinco campañas de medición, entre febrero del 2022 y marzo del 2023 muestran actividad continua (desplazamientos verticales, horizontales, deformación del terreno) en el deslizamiento de Maca. La zona con mayores movimientos calculados se ubica entre los puntos MA04, MA05, MA11 y MA19, correspondiente al cruce del escarpe central con la carretera de salida de Maca - Cabanaconde, hacia el norte, en dirección al río Colca. En base a los mayores desplazamientos se estima para la zona, una velocidad máxima de ~ 0.5 m/año con dirección al norte. Esta velocidad puede variar de presentarse cambio de condiciones y detonantes futuros. ***Ver figura 4, tabla 1, apartado 3.1 Cinemática.***
- ✓ Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas analizadas con datos de monitoreo del presente reporte y en anteriores informes, se reitera la consideración del deslizamiento de Maca, como zona crítica de peligro Muy Alto a la ocurrencia de movimientos en masa y otros peligros geológicos, que pueden ser desencadenados por sismos, precipitaciones extraordinarias, o detonantes antrópicos (riego indiscriminado, cortes de talud). Consecuentemente, persiste la condición de avance progresivo de la masa deslizada hacia el río Colca o de otros bloques que afecten la carretera Maca-Cabanaconde; además, también persiste posible ocurrencia de retrogresión de la corona hacia terrenos de cultivo u otras direcciones aledañas en su ámbito como viviendas o infraestructura de la localidad Maca.

Recomendaciones

Dado que los datos de monitoreo muestran actividad continua a lo largo de diferentes periodos de monitoreo y que no es predecible un sismo de gran magnitud y/o una temporada climática con lluvias extraordinarias que acelere el deslizamiento, se reiteran las recomendaciones del informe de monitoreo anterior elaborado por el Ingemmet en el 2023 (ANEXO 1), según corresponda.

En función a los últimos datos de monitoreo:

- ✓ Se hace énfasis a las recomendaciones del informe (A7441 Ingemmet, 2023):
 - “1. Retomar el proceso de reasentamiento poblacional que se inició varios años atrás. Cabe resaltar que el Ingemmet, ya ha realizado una evaluación de peligros geológicos (Informe Técnico A6773), en el terreno de 400 hectáreas asignado en el 2015 (Pampas Bajas de Majes N°5) mediante ordenanza regional para el reasentamiento del Pueblo de Maca.”***
 - “2. Teniendo en cuenta la recurrente afectación de la carretera Chivay-Cabanaconde, se reitera las recomendaciones realizadas por el Ingemmet, en el Informe Técnico N° A7039 de abril del 2020.”***
 - “5. Drenar el agua acumulada en varios puntos del cuerpo del deslizamiento. Impermeabilizar y realizar el mantenimiento periódico de la totalidad de canales de riego. Refaccionar e impermeabilizar los sistemas de drenaje antiguos que poseen los andenes. Implementar sistemas de riego tecnificado de las áreas de cultivo, preferentemente por goteo y reforestar el cuerpo del deslizamiento y áreas adyacentes,***

con plantas nativas. Estas medidas de mitigación deben ser diseñadas y dirigidas por profesionales especialistas en el tema. Debe considerarse que la mitigación propuesta está dirigida a disminuir el agua relacionada con el desplazamiento del cuerpo, retrogresión y avance hacia el río Colca, sin embargo, la actividad del deslizamiento también puede ser acelerada, reactivada o detonada por lluvias extraordinarias o excepcionales y sismos de gran magnitud, los cuales, no se pueden controlar.”

“8. Realizar simulacros de evacuación ante sismos de gran magnitud.”

- ✓ Mejorar la monumentación y señalización de la red de monitoreo temporal actual implementada por el Ingemmet, a fin de tener lugares fijos que puedan ser utilizados para reiteraciones futuras, de uso común.
- ✓ No alterar ni retirar los puntos de monitoreo puesto que son una herramienta importante para la prevención, en la gestión de riesgo de desastres.
- ✓ Ampliar la red de monitoreo hacia la zona de la corona, al sur de la carretera de salida de Maca - Cabanaconde.


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Luis Angel Albinoz Baca
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 222659


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

Antayhua Y. (2002). Análisis de la actividad sísmica en la región del volcán Sabancaya y los sismos de Maca (1991), Sepina (1992) y Cabanaconde (1998). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

Benavente, C., Delgado, G., García, B., Aguirre, E. & Audin, L. (2017) - Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en la región Arequipa. Ingemmet, Boletín, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica 64, 370 p.,1 mapa. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1223>

Fidel Smoll, L., Zavala, B., 1994. Estudio geodinámico de la cuenca del río Camana-Majes (Colca): Departamento de Arequipa. Ingemmet Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-.

Figueroa, J. (2019). Arequipa and the Colca valley tourism and colonial heritage in the southern Andes. Journal of Tourism and Heritage Research, vol. 2, n° 3, pp. 302-321.

Gomez J.C., F. Audemard, J. Quijano (2002), Efectos geológicos asociados al sismo del 23 de junio del 2001 en el sur del Perú. Centro Nacional de Datos Geofísicos Instituto Geofísico del Perú, pp 159 – 174.

Huamán-Rodrigo D., Chorowicz J., Deffontaines B., Guillande R., Rudant J-P., 1993. Cadre structural et risques géologiques étudiés à l'aide de l'imagerie spatiale: la région du Colca (Andes du sud Pérou). Bull. Soc. Géol. France. T. 164, N°6, pp. 807-818.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Monitoreo del deslizamiento de Maca - Periodo 2022. Distrito de Maca, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7441, 37 p.

Mering, C., Huamán, R., Chorowicz, B. y Guillande, R. (1996). New data on the geodynamics of southern Perú from computerized analysis of SPOT and SAR ERS-1 images: Tecton., 259, 153-169.

Sébrier M., Lavenu A., Fornari M. Soulas J-P. (1988). Tectonics and uplift in Central Andes (Peru, Bolivia and Northern Chile) from Eocene to present. Geodynamique 3. 1988:85-106.

Taipe, E., Araujo, G. (2017). Evaluación de peligros geológicos de la zona de reubicación de Maca "PB5-Majes". Informe Técnico N° A6773, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Ingemmet. 16p. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/823>

Valderrama, P., Araujo, G. (2016). Peligros geológicos en Maca. Informe Técnico N° A6736, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Ingemmet. 11 p. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/995>

Vela J., Miranda R. (2020) Evaluación de peligros geológicos en la carretera Maca-Cabanaconde, afectada por el deslizamiento ocurrido el 22 de marzo. Informe Técnico N° A7039, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Ingemmet. 30 p. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2615>

Zavala B, Mariño J., Lacroix P., Taïpe E., Tatard L., Benavente C., Pari W., Macedo L., Peña F., Paxi R., Delgado F., Fídel L., Vilchez M., Villacorta S., Ochoa M., Luque G., Rosado M., Antayhua Y., Nuñez S., Vasquez S., Wathélet M., Guillier B., Bondoux F., Norabuena E., Gomez C. (2012). Evaluación de la Seguridad Física del Distrito de Maca. Informe Técnico Nro A6628, Ingemmet.

Zerathe, S., Lacroix, P., Jongmans, D., Marino, J., Taïpe, E., Wathélet, M., (2016) L. Morphology, structure and kinematics of a rainfall controlled slow-moving Andean landslide, Peru. Earth Surface Processes and Landforms.

ANEXO 1

Recomendaciones “Monitoreo del deslizamiento de Maca Periodo 2022. Distrito Maca, provincia Caylloma, departamento Arequipa, Informe Técnico A7441, 2023”.

4. RECOMENDACIONES

Considerando que la mayoría de condiciones de peligrosidad son las mismas a las del año 2021 y años anteriores, se actualizan las siguientes recomendaciones:

1. Retomar el proceso de reasentamiento poblacional que se inició varios años atrás. Cabe resaltar que el INGEMMET, ya ha realizado una evaluación de peligros geológicos (Informe Técnico A6773), en el terreno de 400 hectáreas asignado en el 2015 (Pampas Bajas de Majes N°5) mediante ordenanza regional para el reasentamiento del Pueblo de Maca.
2. Teniendo en cuenta la recurrente afectación de la carretera Chivay-Cabanaconde, se reitera las recomendaciones realizadas por el INGEMMET, en el Informe Técnico N° A7039 de abril del 2020.
3. Colocar paneles informativos para explicar las causas que originaron el deslizamiento de Maca y por qué se mantiene activo. Este material se podría trabajar de manera conjunta entre INGEMMET y la Municipalidad de Maca.
4. Declarar este sector como zona intangible.
5. Drenar el agua acumulada en varios puntos del cuerpo del deslizamiento. Impermeabilizar y realizar el mantenimiento periódico de la totalidad de canales de riego. Refaccionar e impermeabilizar los sistemas de drenaje antiguos que poseen los andenes. Implementar sistemas de riego tecnificado de las áreas de cultivo, preferentemente por goteo y reforestar el cuerpo del deslizamiento y áreas adyacentes, con plantas nativas. Estas medidas de mitigación deben ser diseñadas y dirigidas por profesionales especialistas en el tema.
Debe considerarse que la mitigación propuesta está dirigida a disminuir el agua relacionada con el desplazamiento del cuerpo, retrocesión y avance hacia el río colca, sin embargo, la actividad del deslizamiento también puede ser acelerada, reactivada o detonada por lluvias extraordinarias o excepcionales y sismos de gran magnitud, los cuales, no se pueden controlar.
6. No construir infraestructura (carreteras, caminos de herradura, canales de riesgo u otra actividad antrópica) dentro del deslizamiento de Maca e inmediaciones.
7. Realizar un permanente monitoreo visual y reportar al INDECI, la aparición de nuevas grietas aledañas la zona activa o que puedan aparecer tras la corona del deslizamiento de Maca. De registrar ocurrencias, evacuar inmediatamente a la población afectada.
8. Realizar simulacros de evacuación ante sismos de gran magnitud.

ING. LUIS ALBÍNEZ BACA

ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET