

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7602**

# REPORTE DE MONITOREO DEL DESLIZAMIENTO DE MACA, PERIODO 2022 – 2024

Departamento: Arequipa  
Provincia: Caylloma  
Distrito: Maca



MARZO  
2025

## ***REPORTE DE MONITOREO DEL DESLIZAMIENTO DE MACA, PERIODO 2022 - 2024***

*Distritos Maca, provincia Caylloma, departamento Arequipa*



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

*Equipo de investigación:*

*Dulio Gomez*

*Edu Taipe*

*Luis Albinez*

*Mauricio Nuñez*

### **Citación:**

Gomez, H.; Taipe, E.; Albinez, L. & Nuñez, M. (2025) *Reporte de monitoreo del deslizamiento de Maca, periodo 2022 - 2024. Distrito Maca, provincia Caylloma, departamento Arequipa*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Ingemmet, Informe Técnico A7602, 17 p.

## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2. ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>Ubicación, accesibilidad, medios de vida y precipitaciones.....</i>	<i>4</i>
2.2 <i>Aspectos geológicos, sísmicos, geomorfológicos y de peligros geológicos .....</i>	<i>6</i>
2.3 <i>Caracterización del deslizamiento de Maca.....</i>	<i>7</i>
<b>3. MONITOREO GEODÉSICO .....</b>	<b>8</b>
3.1 <i>Serie temporal .....</i>	<i>9</i>
3.2 <i>Campo de velocidad .....</i>	<i>9</i>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>13</b>
<i>Conclusiones .....</i>	<i>13</i>
<i>Recomendaciones.....</i>	<i>13</i>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>15</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>17</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El deslizamiento de Maca representa una seria amenaza para la seguridad del distrito del mismo nombre, que alberga aproximadamente 700 habitantes (INEI, 2017). Su avance no solo pone en riesgo a la población, sino que también compromete andenes preincaicos de alto valor patrimonial (Fidel y Zavala, 1994) e infraestructura vial clave para la conectividad local y el turismo en el valle del Colca, que en 2024 recibió cerca de 290,000 visitantes, lo que represento un incremento de 40% en comparación con 2023, según la Autoridad Autónoma del Colca (Autocolca, 2024).

Este fenómeno ha sido históricamente influenciado por precipitaciones intensas, erosión fluvial y actividad sísmica, lo que ha motivado su 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).

El presente informe ofrece una actualización sobre la actividad del deslizamiento de Maca al mes de setiembre 2024, resaltando la necesidad urgente de comprender su dinámica y gestionar los riesgos asociados. Su propósito es contribuir tanto a la investigación científica como a la gestión del riesgo de desastres (Figueroa, 2019; Zavala et al., 2012)

## 2. ASPECTOS GENERALES

### 2.1 Ubicación, accesibilidad, medios de vida y precipitaciones

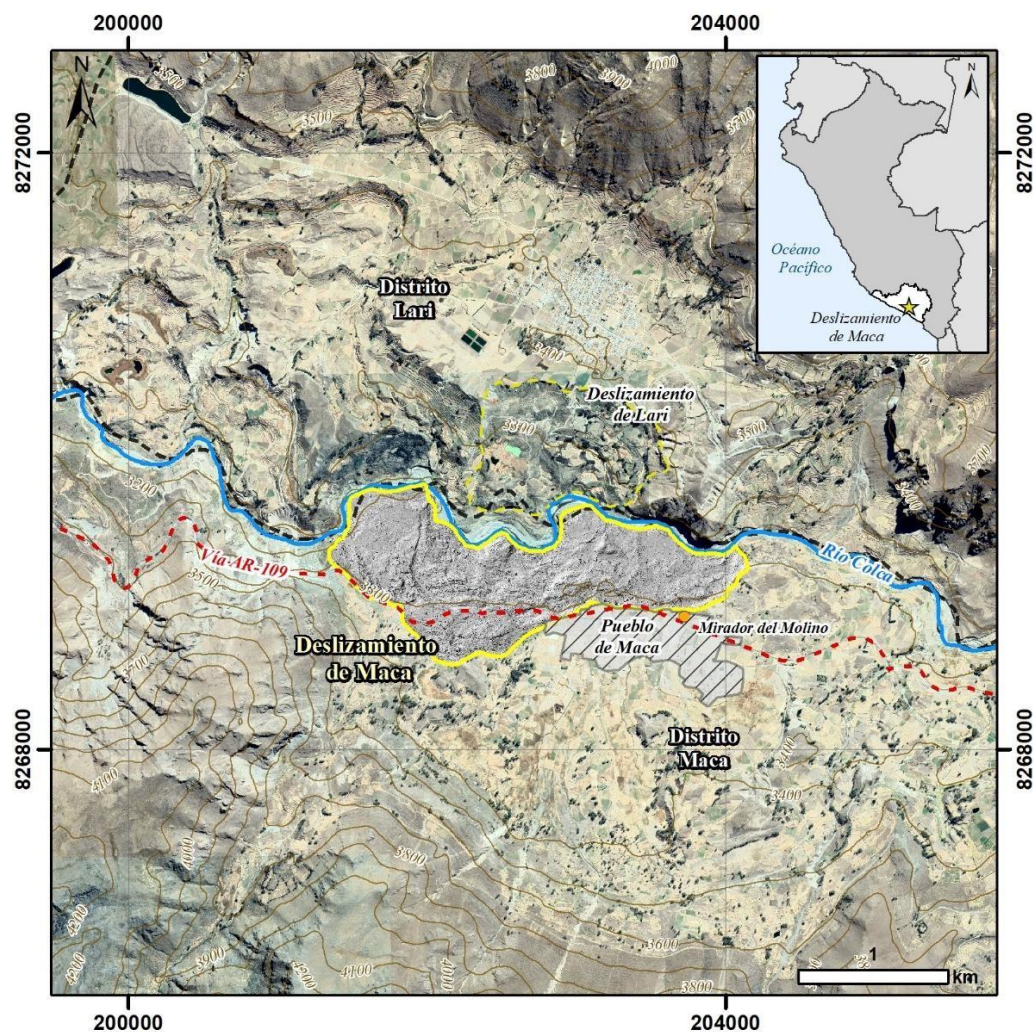
El deslizamiento de Maca se encuentra en el distrito del mismo nombre, provincia Caylloma, departamento de Arequipa, sobre la margen izquierda del río Colca. Se accede a la zona a través de la vía Chivay - Cabanaconde. Las principales actividades económicas de la población local son la agricultura, ganadería y turismo, sectores que pueden verse afectados por la evolución del deslizamiento.

A continuación, se presentan las coordenadas centrales del deslizamiento de Maca en los sistemas UTM - WGS84 (Zona 19S) y geográficas:

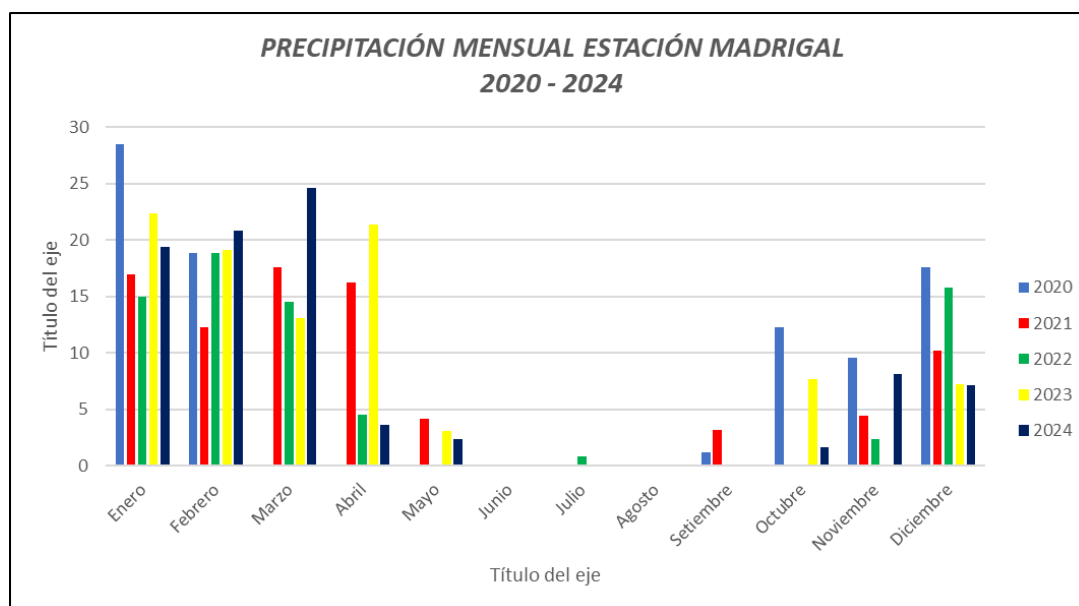
**Cuadro 1.** *Coordenadas del deslizamiento.*

COORDENADA CENTRAL				
N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
A	202165.82	8268784.97	15°38'28.99"S	71°46'40.39"O

Los registros de la estación meteorológica convencional Madrigal (SENAMHI) indican que las precipitaciones en la zona presentan un mayor índice durante el primer y último trimestre de cada año. En la Figura 2, se observa que la temporada lluviosa 2019-2020 registró un pico multianual superior al de las temporadas posteriores (2020-2021, 2021-2022, 2022-2023 y 2023-2024), que muestran una magnitud similar entre sí.



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



**Figura 2.** Precipitación mensual de la estación de Madrigal (2020-2024). Fuente: SENAMHI.

## 2.2 Aspectos geológicos, sísmicos, geomorfológicos y de peligros geológicos

A escala regional, la zona del deslizamiento y sus inmediaciones presentan afloramientos de rocas que abarcan desde el Mesozoico hasta el Cenozoico, junto con depósitos cuaternarios (GEOCATMIN, “Mapa Geológico 100K, hoja 32s 1:100,000”; Klinck & Palacios, 1985; Quispesivana & Navarro, 2001, “Cuadrángulo de Chivay”).

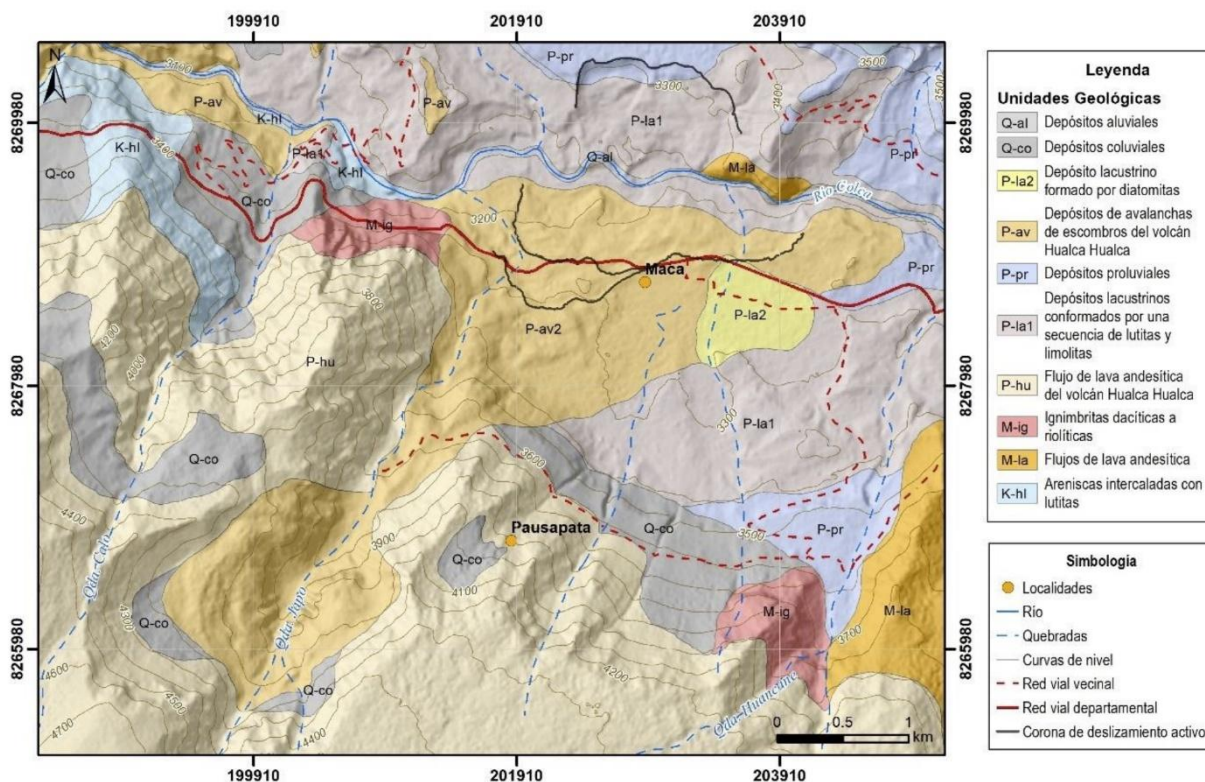
Localmente, en el sector oeste (Peña Blanca), afloran rocas del Grupo Tacaza, compuestas por una secuencia ignimbrítica de tonalidad gris-blanquecina con un espesor aproximado de 200 m. Al sur de Maca, se identifican flujos de lava del Plio-Pleistoceno, con espesores superiores a 1000 m. El modelado del valle del río Colca ha sido influenciado por procesos glaciales, volcánicos y tectónicos, originando una cuenca elongada con evidencia estratigráfica de dos paleolagos.

En la zona de Maca, las secuencias lacustres están conformadas por limoarcillitas, areniscas de grano fino con laminación paralela, microconglomerados, areniscas gruesas y niveles de sismitas, además de intercalaciones de limoarcillitas con delgados estratos de areniscas finas, cenizas volcánicas y conglomerados polimícticos. Desde la quebrada Japo, afloran depósitos de avalancha de rocas de entre 30 y 100 m de espesor, superpuestos a las secuencias lacustres. Al sureste de Maca, se han identificado depósitos de diatomitas de pocos metros de espesor, asociados a sedimentos de actividad volcánica explosiva. Además, en las laderas del flanco norte del volcán Hualca Hualca se pueden observar depósitos coluviales. Los depósitos aluviales están presentes en ambos márgenes del río Colca en forma de pequeñas terrazas compuestas por arenas, gravas y bloques lávicos (Zavala et al., 2012 en Ingemmet, 2023).

El poblado de Maca se asienta sobre una amplia vertiente aluvio-lacustre, afectada por procesos erosivos y deslizamientos posteriores a su formación. En la zona se identifican escarpas suavizadas por erosión, indicativas de un deslizamiento antiguo de gran magnitud, cuyo límite superior está marcado por depósitos de piedemonte coluvio-deluvial y flujos de detritos. Hacia el oeste y norte de Maca, se encuentra un extenso depósito de avalancha de rocas proveniente de la quebrada Japo, el cual se superpone a los depósitos aluvio-lacustres. Las vertientes superiores corresponden a laderas de montaña compuestas por rocas volcánicas asociadas al volcán Hualca Hualca, así como por sectores menores con rocas sedimentarias (areniscas y lutitas) y volcanoclásticas (ignimbritas), en el lado oeste. Al norte del poblado de Maca, el cauce del río Colca muestra múltiples recodos, producto de la interacción entre los deslizamientos y la dinámica fluvial, que han modificado su trayectoria original (Zavala et al., 2012 en Ingemmet, 2023), ver Figura 3.

El valle del Colca está atravesado por un sistema de fallas activas con intensa actividad sísmica superficial (Benavente et al., 2017; Sebrier et al., 1988; Mering et al., 1996; Huamán-Rodrigo et al., 1993), las cuales, en combinación con la actividad volcánica, constituyen las principales fuentes de sismicidad en la región. Algunos eventos sísmicos recientes que han generado daños en Maca y sus alrededores incluyen el sismo del 14 de agosto de 2016 (magnitud 5.3 ML); el del 8 de octubre de 2021 (magnitud 5.5 Mw); el del 16 de marzo de 2022 (magnitud 5.5 Mw); asimismo en los meses de enero y febrero del 2024 se registraron 11 movimientos (magnitud entre 3.4 y 4.1 Mw). Estos movimientos telúricos han contribuido a la reactivación y evolución del deslizamiento, sumándose a otros factores como la erosión fluvial y las precipitaciones intensas (Ingemmet, 2024).

El Inventario Nacional de Peligros Geológicos (GEOCATMIN) reporta diversos tipos de movimientos en masa en el valle del Colca, incluyendo deslizamientos, flujos, caídas de rocas, erosión de laderas y erosión fluvial. Se han identificado deslizamientos antiguos en las márgenes del río Colca, así como deslizamientos activos en las localidades de Madrigal, Maca, Lari y Achoma. En términos de susceptibilidad, la zona presenta un nivel de medio a muy alto para la ocurrencia de movimientos en masa, lo que resalta la necesidad de monitoreo continuo y medidas de mitigación para reducir el riesgo en la población y su infraestructura (GEOCATMIN, Ingemmet).



**Figura 3.** Mapa de unidades geológicas en los alrededores del deslizamiento de Maca. (Ingemmet)

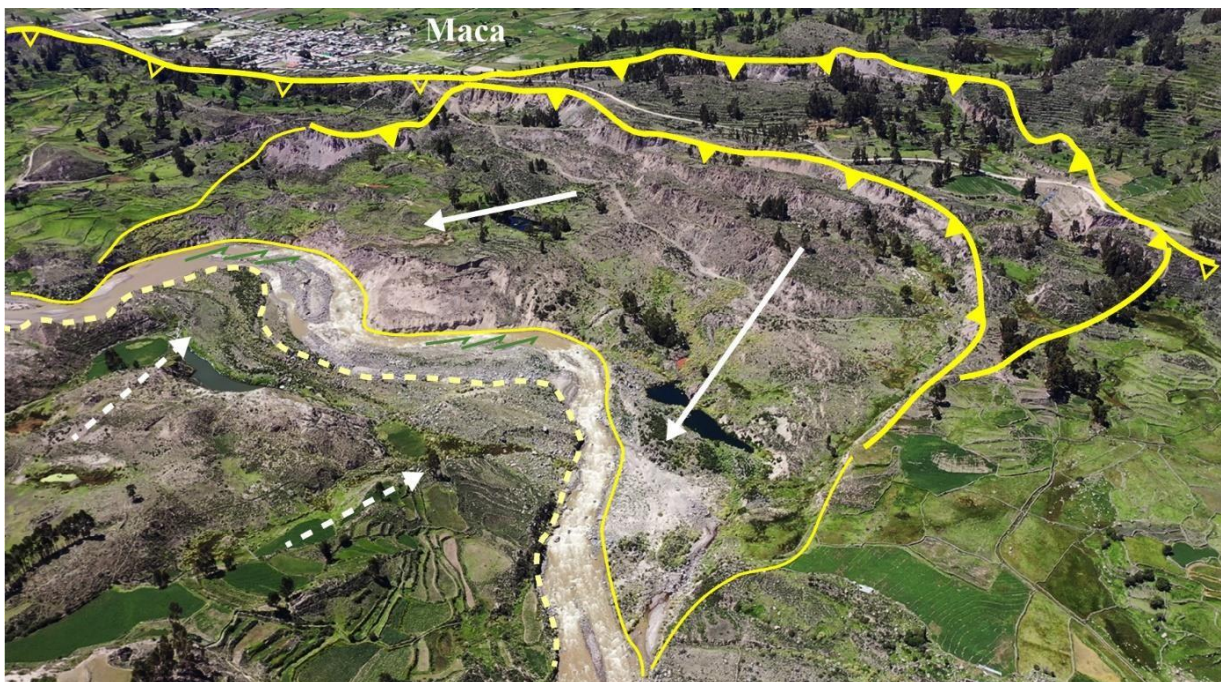
## 2.3 Caracterización del deslizamiento de Maca

El deslizamiento de Maca ha sido ampliamente descrito por Zavala et al. (2012), Zerathe et al. (2016), Valderrama & Araujo (2016) e Ingemmet (2023). En términos generales, se trata de un movimiento complejo con diferentes componentes de deformación según el sector, incluyendo hundimiento, traslación y rotación, además de una retrogradación de la corona y una progresión de los paquetes más activos.

Desde una perspectiva morfométrica, el deslizamiento afecta un área aproximada de 1,7 km<sup>2</sup>, con un ancho de ~2,7 km y una longitud de ~1 km entre la escarpa principal y la punta. Al sur, está delimitado por una escarpa superior larga, continua y casi vertical, con más de 3,5 km de longitud, entre 15 y 20 m de altura, con una forma semielíptica orientada de este a oeste y leves ondulaciones. En la parte central del deslizamiento, se encuentra otra escarpa de 1,5 km de largo, que conecta con la escarpa principal en el extremo noroeste del pueblo de Maca. Esta escarpa secundaria presenta un desplazamiento más significativo (20-25 m) y atraviesa la carretera en varios

tramos, lo que sugiere que podría corresponder al escarpe primitivo del deslizamiento en una etapa anterior de su evolución (Zerathe et al., 2016 en Ingemmet, 2023).

El monitoreo del deslizamiento ha registrado velocidades de desplazamiento que varían de extremadamente lenta a lenta (Ingemmet, 2023). Se ha identificado que, a lo largo de décadas, la erosión del río Colca en la base del deslizamiento ha desempeñado un papel clave en su evolución, influenciada por el cambio de posición del lecho del río, ocasionado por el deslizamiento de Lari en la margen opuesta del valle (Zerathe et al., 2016 en Ingemmet, 2023). Durante el período noviembre 2021 - noviembre 2022, se registró una disminución de masa en el frente del deslizamiento, asociada a los recodos del río Colca y a los procesos de erosión fluvial en la zona (Ingemmet, 2023).



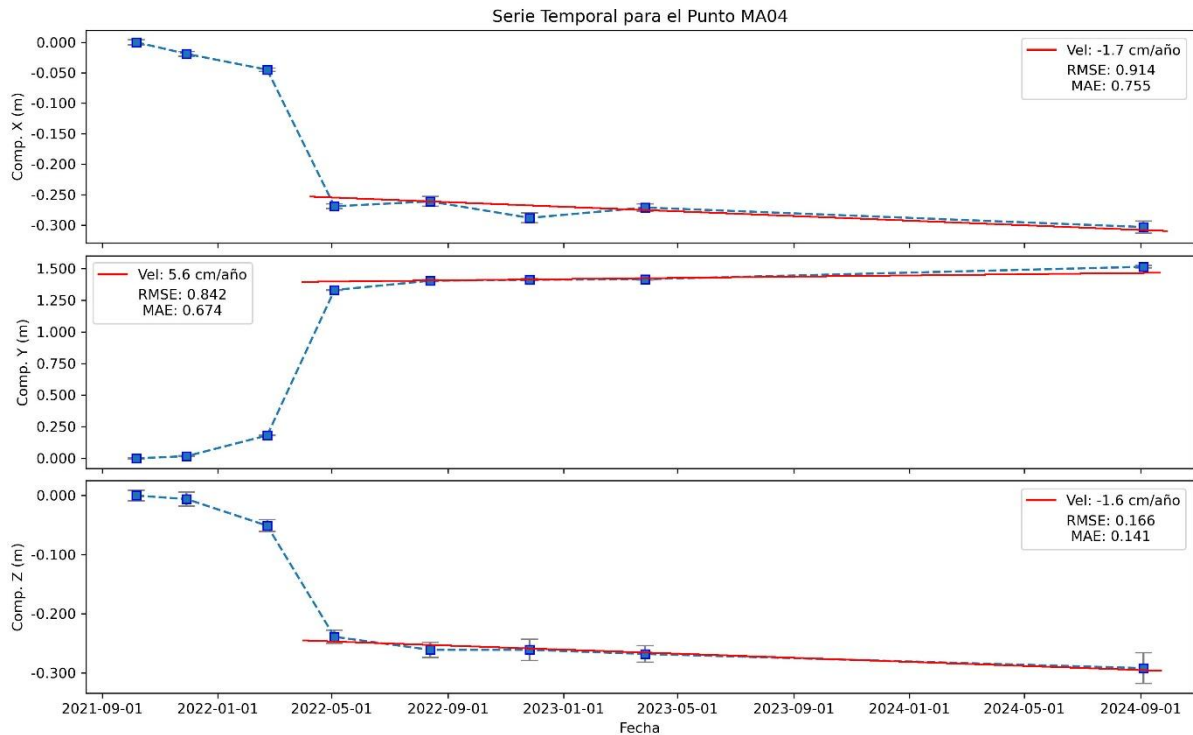
**Figura 4.** La interpretación del deslizamiento de Maca, basada en fotografía aérea tomada con dron, muestra que la línea gruesa con triángulos rellenos de color amarillo representa las coronas recientes en la zona más activa, mientras que la línea con triángulos sin relleno de color amarillo indica la corona antigua. Asimismo, las flechas verdes en el cauce señalan las zonas de erosión fluvial que afectan el cuerpo del deslizamiento, y las líneas entrecortadas en 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 18 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 post-proceso) y PPK (cinemático post-proceso, mediante el software Trimble Business Center 5.0). Los resultados son coordenadas de cada punto, los cuales se analizan en series temporales y mapas de campo de velocidad del deslizamiento. El presente reporte corresponde a los resultados obtenidos para el año 2024. (tabla 1).

### 3.1 Serie temporal

El análisis de la evolución del deslizamiento nos muestra que luego del sismo de Maca del 16 de marzo, 2022 (M5.5), el deslizamiento retomó el movimiento lento que caracteriza a este proceso. En la figura 5, se presenta la serie temporal para el punto con mayor movimiento (MA04) y corresponde al periodo 2021 – 2024, abarcando el periodo cosísmico y postsísmico que influyó drásticamente en la velocidad del deslizamiento, luego del cual el deslizamiento es lento pero constante.



**Figura 5.** Serie temporal para el punto MA04

### 3.2 Campo de velocidad

Los resultados nos muestran que la actividad continúa, sin embargo, es mayor y predomina en las zonas de los puntos MA04, MA05 y MA19 que correspondiente al cruce del escarpe central con la carretera de salida de Maca - Cabanaconde, hacia el norte en dirección al río Colca. La velocidad de desplazamiento horizontal (Figura 6) en esta zona alcanza 6.5 cm/año. Mientras que la componente vertical (Figura 7) esta es de hundimiento y alcanza los 4.3 cm/año, este hundimiento presenta una mayor área de influencia, extendiéndose hacia el oeste punto MA11.

En el resto de puntos de monitoreo el desplazamiento es menor y en la mayoría de casos el desplazamiento calculado está por debajo de la precisión del cálculo de velocidades (<1 cm/año).

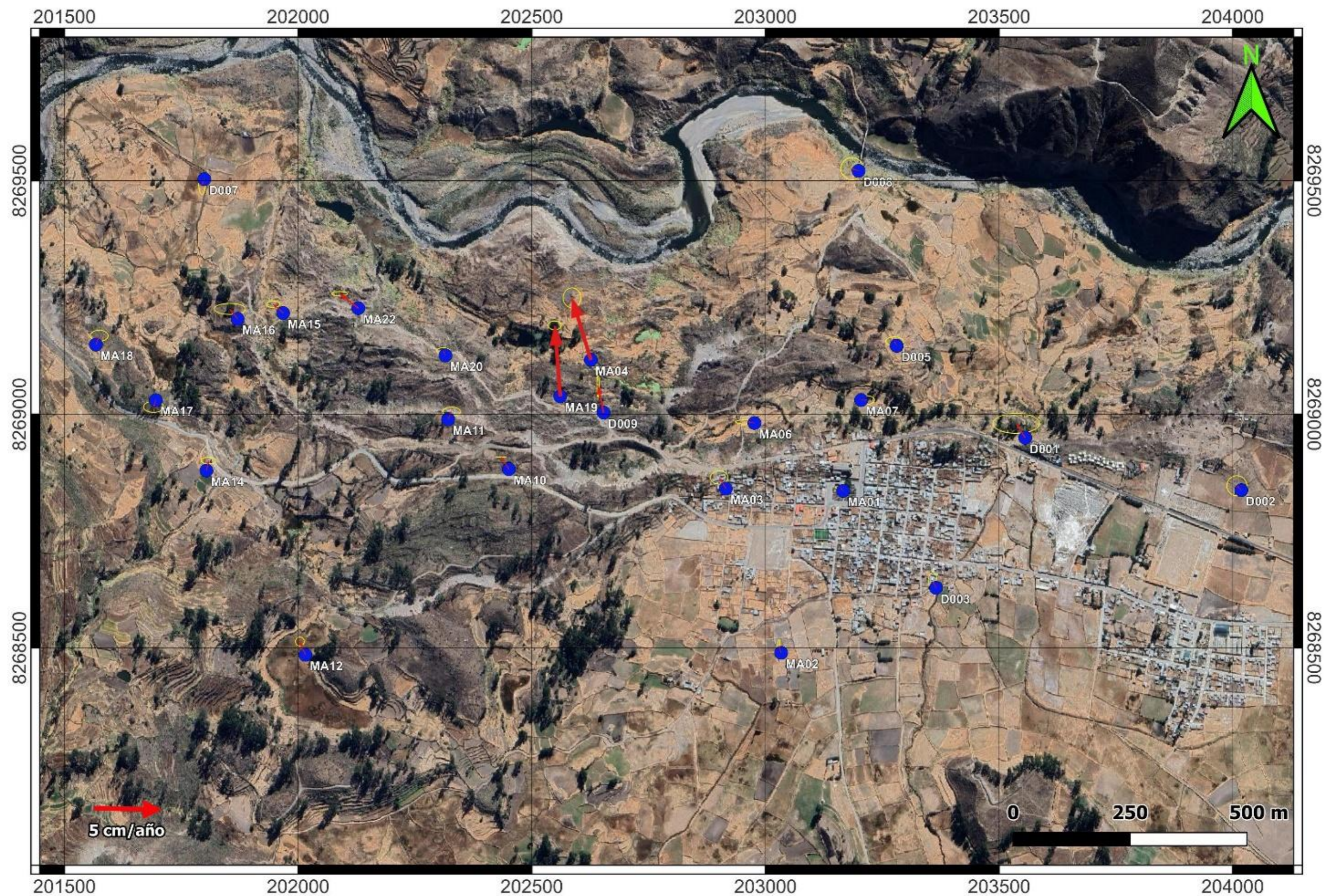
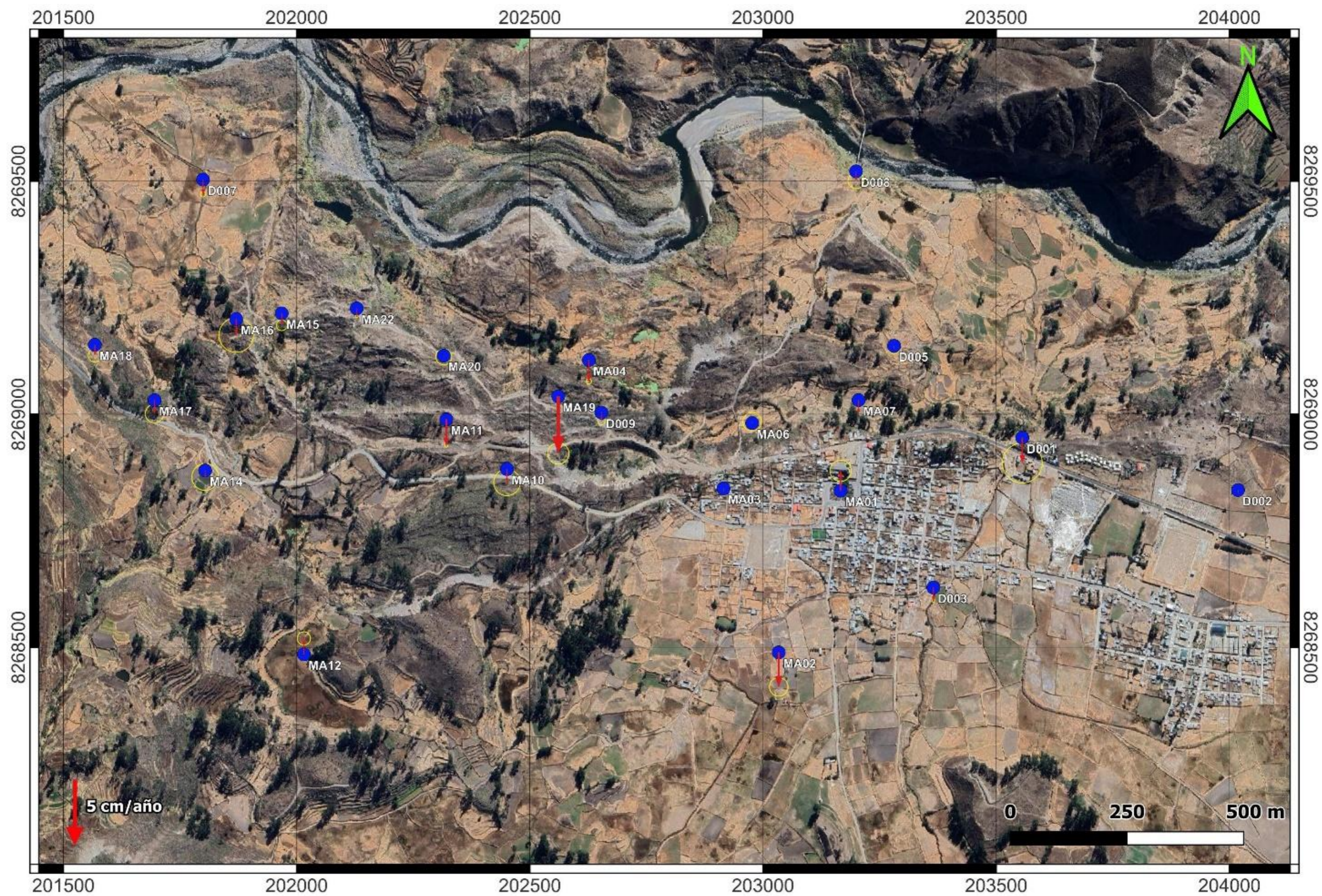


Figura 6. Campo de velocidades horizontal (periodo 2024)



**Figura 7:** Campo de velocidades vertical (periodo 2024)

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

Fechas	Tercer Periodo					Cuarto Periodo					Quinto Periodo					Sexto Periodo					Septimo Periodo					Periodo Total				
	22/02/2022 - 04/05/2022					04/05/2022 - 13/08/2022					13/08/2022 - 26/11/2022					26/11/2022 - 28/03/2023					28/03/2023 - 04/09/2024					04/05/2022 - 04/09/2024				
Dias	71					101					105					122					526					854				
ID	ΔE(x)	ΔN(y)	ΔZ	ΔE-N	ΔE-N-Z	ΔE(x)	ΔN(y)	ΔZ	ΔE-N	ΔE-N-Z	ΔE(x)	ΔN(y)	ΔZ	ΔE-N	ΔE-N-Z	ΔE(x)	ΔN(y)	ΔZ	ΔE-N	ΔE-N-Z	ΔE(x)	ΔN(y)	ΔZ	ΔE-N	ΔE-N-Z	ΔE(x)	ΔN(y)	ΔZ	ΔE-N	ΔE-N-Z
	xyl				xyz	xyl				xyz	xyl				xyz	xyl				xyz	xyl				xyz	xyl				xyz
MA01	-0.005	0.001	-0.004	0.005	0.006	-0.005	0.001	-0.025	0.005	0.026	0.001	-0.012	0.023	0.012	0.026											-0.009	0.003	0.014	0.009	0.017
MA02	0.006	0.029	0.002	0.030	0.030	0.012	-0.014	-0.014	0.018	0.023	-0.016	0.000	0.011	0.016	0.019	0.003	0.005	-0.012	0.006	0.013	0.002	0.006	-0.044	0.006	0.044	0.001	-0.003	-0.059	0.003	0.059
MA03	-0.001	0.020	0.009	0.020	0.022	-0.002	-0.005	-0.021	0.005	0.022	0.006	-0.008	0.002	0.010	0.010	-0.018	-0.009	0.004	0.020	0.021	0.001	0.031	-0.009	0.031	0.032	-0.013	0.009	-0.024	0.016	0.029
MA04	-0.224	1.149	-0.188	1.171	1.186	0.008	0.074	-0.022	0.074	0.078	-0.027	0.007	0.000	0.028	0.028	0.017	0.005	-0.007	0.018	0.019	-0.032	0.098	-0.024	0.103	0.106	-0.034	0.184	-0.053	0.187	0.194
MA05	-0.047	1.018	-0.373	1.019	1.085	0.011	0.055	-0.009	0.056	0.057	0.008	0.017	-0.009	0.019	0.021	-0.004	-0.012	-0.005	0.013	0.014										
MA06	-0.051	0.064	-0.033	0.082	0.088	0.005	0.015	-0.027	0.016	0.031	-0.004	-0.001	0.020	0.004	0.020	0.004	-0.026	-0.009	0.026	0.028	-0.013	0.027	-0.001	0.030	0.030	-0.008	0.015	-0.017	0.017	0.024
MA07	0.001	-0.001	-0.014	0.001	0.014						0.012	-0.016	-0.004	0.020	0.020	0.012	-0.016	-0.004	0.020	0.020	0.000	0.011	-0.014	0.011	0.018	0.001	0.009	-0.019	0.009	0.021
MA08	0.007	0.021	-0.019	0.022	0.029	-0.013	-0.003	-0.008	0.013	0.016	0.009	-0.022	0.008	0.024	0.025	0.001	0.017	0.002	0.017	0.017	-0.010	0.005	-0.011	0.011	0.016	-0.013	-0.003	-0.009	0.013	0.016
MA09																														
MA10	0.037	0.323	-0.094	0.325	0.338	0.017	0.025	0.017	0.030	0.035	-0.002	-0.006	-0.031	0.006	0.032	-0.003	0.008	0.008	0.009	0.012	-0.009	0.017	-0.008	0.019	0.021	0.003	0.044	-0.014	0.044	0.046
MA11	0.107	0.396	-0.193	0.410	0.453											0.010	-0.017	-0.009	0.020	0.022	-0.001	0.023	-0.027	0.023	0.035	0.014	0.038	-0.038	0.040	0.056
MA12	0.007	0.022	0.005	0.023	0.024	0.023	-0.013	-0.015	0.026	0.030	-0.013	0.000	0.018	0.013	0.022	0.007	0.014	-0.003	0.016	0.016	-0.009	0.011	0.015	0.014	0.021	0.008	0.012	0.015	0.014	0.021
MA13	0.030	0.327	-0.068	0.328	0.335																0.019	0.007	-0.011	0.020	0.023	0.010	0.046	-0.014	0.047	0.049
MA14	0.029	0.011	-0.006	0.031	0.032	0.013	-0.021	-0.004	0.025	0.025	-0.005	0.021	0.015	0.022	0.026	0.009	-0.012	0.008	0.015	0.017	-0.001	0.017	-0.026	0.017	0.031	0.016	0.005	-0.007	0.017	0.018
MA15	0.076	0.491	-0.060	0.497	0.500	0.021	0.038	0.007	0.043	0.044	-0.004	0.010	-0.007	0.011	0.013	0.005	-0.015	0.008	0.016	0.018	-0.020	0.024	-0.020	0.031	0.037	0.002	0.057	-0.012	0.057	0.058
MA16	0.064	0.124	-0.064	0.140	0.154	0.019	-0.015	0.032	0.024	0.040	0.006	0.042	-0.038	0.042	0.057	0.003	-0.015	0.009	0.015	0.018	-0.019	0.007	-0.009	0.020	0.022	0.009	0.019	-0.006	0.021	0.022
MA17	0.015	0.009	-0.021	0.017	0.027	0.020	0.003	0.022	0.020	0.030	0.000	0.007	-0.015	0.007	0.017	-0.012	-0.027	0.016	0.030	0.034	0.008	0.009	-0.026	0.012	0.029	0.016	-0.008	-0.003	0.018	0.018
MA18	0.016	0.031	-0.003	0.035	0.035	0.011	-0.014	0.005	0.018	0.018	-0.009	0.006	-0.002	0.011	0.011	0.015	-0.017	0.008	0.023	0.024	-0.002	0.027	-0.022	0.027	0.035	0.015	0.002	-0.011	0.015	0.019
MA19	-0.065	1.147	-0.288	1.149	1.184	0.012	0.067	-0.006	0.068	0.068	-0.010	0.021	-0.004	0.023	0.024	0.007	0.005	-0.002	0.009	0.009	-0.010	0.106	-0.078	0.106	0.132	-0.001	0.199	-0.090	0.199	0.218
MA20						0.015	0.035	0.004	0.038	0.038	0.005	0.015	-0.011	0.016	0.019	0.000	-0.012	0.015	0.012	0.019	-0.007	0.011	-0.010	0.013	0.016	0.013	0.049	-0.002	0.051	0.051
MA21																														
MA22						0.010	0.040	-0.005	0.041	0.042	-0.010	0.020	-0.005	0.022	0.023	-0.001	-0.011	0.001	0.011	0.011										
D001	-0.001	0.014	0.014	0.014	0.020	0.038	-0.053	-0.018	0.065	0.068	-0.026	0.061	0.013	0.066	0.068	0.003	-0.017	0.016	0.017	0.024	-0.004	0.005	-0.058	0.006	0.058	0.011	-0.004	-0.047	0.012	0.048
D002	-0.001	0.013	-0.001	0.013	0.013	-0.009	-0.020	-0.006	0.022	0.023	0.018	0.020	0.002	0.027	0.027	0.001	0.004	0.002	0.004	0.005	-0.019	-0.007	-0.006	0.020	0.021	-0.009	-0.003	-0.008	0.009	0.012
D003	0.006	0.011	0.003	0.013	0.013											-0.021	-0.008	-0.002	0.022	0.023	0.008	0.015	-0.015	0.017	0.023	-0.004	0.013	-0.013	0.014	0.019
D004	0.019	0.002	0.003	0.019	0.019	-0.003	-0.001	-0.010	0.003	0.010	0.002	0.004	0.016	0.004	0.017											-0.026	0.001	0.006	0.026	0.027
D005	-0.003	0.016	-0.028	0.016	0.032	-0.003	-0.001	0.000	0.003	0.003	-0.008	-0.003	0.000	0.009	0.009	0.011	-0.006	0.005	0.013	0.013	0.000	0.008	-0.006	0.008	0.010	0.000	-0.002	-0.001	0.002	0.002
D006																														
D007	-0.268	0.236	0.057	0.357	0.362											0.020	0.006	0.002	0.021	0.021	-0.016	-0.012	-0.019	0.020	0.028	-0.007	0.004	-0.009	0.008	0.012
D008	-0.006	0.011	-0.007	0.013	0.014	0.021	-0.007	0.010	0.022	0.024	-0.026	0.027	0.000	0.037	0.037	0.000	-0.019	0.010	0.019	0.021	0.004	0.005	-0.022	0.006	0.023	-0.001	0.006	-0.002	0.006	0.006
D009	-0.048	1.019	-0.378	1.020	1.088	0.012	0.059	-0.020	0.060	0.063	-0.024	0.010	-0.008	0.026	0.027	0.020	0.005	0.004	0.021	0.021										
D010																														
dmax	0.107	1.149	0.057	1.171	1.186	0.038	0.074	0.032	0.074	0.078	0.018	0.061	0.023	0.066	0.068	0.020	0.017	0.016	0.030	0.034	0.019	0.106	0.015	0.106	0.132	0.016	0.199	0.015	0.199	0.218
dmin	-0.268	-0.001	-0.378	0.001	0.006	-0.013	-0.053	-0.027	0.003	0.003	-0.027	-0.022	-0.038	0.004	0.009	-0.021	-0.027	-0.012	0.004	0.005	-0.032	-0.012	-0.078	0.006	0.010	-0.034	-0.008	-0.090	0.002	0.002

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

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Con base en las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas analizadas en este reporte y en estudios previos, se ratifica que el deslizamiento de Maca constituye una zona crítica de peligro muy alto ante la ocurrencia de movimientos en masa y otros peligros geológicos. Estos pueden ser activados por sismos, precipitaciones extraordinarias o factores antrópicos como riego indiscriminado y cortes de talud.
- Los datos de monitoreo geodésico obtenidos en seis campañas de medición, realizadas entre febrero de 2022 y septiembre de 2024, evidencian actividad continua en el deslizamiento de Maca, con desplazamientos verticales, horizontales y deformaciones del terreno. Las mayores tasas de movimiento se registran en los puntos MA04, MA05 y MA19, ubicados en el cruce del escarpe central con la carretera Maca-Cabanaconde, en dirección norte hacia el río Colca. La velocidad de desplazamiento horizontal alcanza 6.5 cm/año, mientras que el componente vertical negativo refleja un hundimiento máximo de 4.3 cm/año, con la mayor incidencia en el punto MA11.
- El deslizamiento de Maca mantiene un avance progresivo hacia el río Colca, lo que representa un riesgo potencial para su cauce. Además, continúa generando daños en un tramo de 1,2 km de la carretera Maca-Cabanaconde, con la formación de agrietamientos y la posibilidad de desprendimientos de bloques de tierra en el talud de la corona. Asimismo, persiste la amenaza de retroceso de la corona, lo que podría afectar zonas de cultivo, viviendas e infraestructura local en la localidad de Maca.

### Recomendaciones

Teniendo en cuenta 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:

- 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.
- Considerar 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.
  - El deslizamiento de Maca es un geosítio de valor científico y educativo dentro del Geoparque Colca y Volcanes de Andagua, considerado un laboratorio natural sobre peligros geológicos (deslizamientos, fallas y volcanes). La implementación de paneles explicativos u otras formas de sensibilización y divulgación de este proceso geológico contribuyen a la sensibilización de la población local y turistas que visitan el Colca sobre los peligros geológicos por movimientos en masa; mal denominados en algunos casos como “fallas geológicas”. Asimismo, son de utilidad para el conocimiento de estudiantes universitarios, sirviendo de ejemplo práctico para escuelas de campo como las realizadas por algunos cursos de la carrera de ingeniería geológica de la UNSA.

  
Ing. HUGO DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ  
Especialista en Peligros  
Geológicos  
INGEMMET

  
Ing. GILBERTO ZAVALA CARRIÓN  
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-.

Figuerola, 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., Lavenue 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.

Taípe, 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, 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.
6. No construir infraestructura (carreteras, caminos de herradura, canales de riego 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 (a)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET