



XVIII Congreso Peruano de Geología

Cartografiado y geodinámica de un deslizamiento rotacional: Madrigal - Arequipa.

Christian Huarez¹, Patricio Valderrama^{2,3}, Gael Araujo⁴, Lionel Fidel², Rafael Miranda², Edu Taípe², Jonathan Díaz², Yahaida Loaiza⁵, Carmen Villón⁵

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Cercado de Lima, Lima- Perú. Email: cm.huarez@gmail.com

² Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), San Borja, Lima- Perú.

³ Laboratoire Magma et Volcans, Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, France

⁴ Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Cusco, Cusco- Perú

⁵ Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial, (CONIDA), San Isidro, Lima- Perú.

1. Introducción

El deslizamiento Madrigal está ubicado en la provincia de Caylloma, en el departamento de Arequipa, al sur del centro poblado Madrigal a una altitud de 3200 m.s.n.m. Geológicamente, es un deslizamiento rotacional de un área aproximada de 119.46 ha. y su escarpa principal de 2127 metros de longitud.

En el año 1959, luego de un fuerte sismo, ocurrieron derrumbes en la escarpa principal del deslizamiento (Dávila, 1987). Se realizó una inspección de campo sobre la seguridad física de Madrigal y se identificó un deslizamiento antiguo, con saltos promedio en la escarpa principal de 20 – 25m; asimismo, se reconocieron varios hundimientos de terreno y agrietamientos en materiales poco compactos.

En el año 2009, se reconoce en Madrigal grandes deslizamientos reactivados por sectores debido a las actividades antrópicas como terrenos de cultivos y canales de regadío en el cuerpo del deslizamiento. (Zavala et al. 2009). La presencia de depósitos lacustres inconsolidados, filtraciones y oconales, socavamiento del río Colca y mal uso del agua de regadío son los principales factores desencadenantes de la reactivación del movimiento, y al no haberse realizado obras de estabilización se determina que el problema es latente.

Los objetivos del presente trabajo son realizar la interpretación y el cartografiado geológico detallado del deslizamiento para los posteriores trabajos de monitoreo mediante sensores remotos activos y tecnología láser de última generación.

2. Contexto geológico

El deslizamiento Madrigal se encuentra sobre depósitos holocénicos aluviales en matriz limo arenosa. Los periodos geológicos están comprendidos entre el Mesozoico - Mioceno y un complejo volcánico de tipo estratovolcán ubicado fuera del área de estudio (Figura 1).

Depósitos aluviales (Qh -al): Comprenden depósitos de arena y grava mal seleccionados, en una matriz areno limosa. Se identificaron también depósitos lacustrinos asociados.

Grupo Barroso (Qpl-cvm/tbk): Se encuentran tobas de cristales, no soldadas, ignimbritas no consolidadas.

Grupo Tacaza (PN-ta): Está compuesto por areniscas rojas, tobáceas, de grano fino a medio, masivas, de pobre estratificación.

Complejo volcánico Hualca Hualca (Qpl-hh/dae - Qpl-hh/an): Depósitos volcánicos recientes, dacitas y andesitas porfíricas asociadas a calizas de pobre estratificación

Grupo Yura (Js-la): Son areniscas cuarzosas blancas a marrón claro con estratificación cruzada.

Familia Hualhuani (Ki-hu): Compuesta por areniscas cuarzosas de grano fino a medio, de color blanco a gris y marrón claro.

3. Geodinámica del deslizamiento

El desarrollo de actividades económicas como terrenos de cultivos y ganadería sobre el cuerpo del deslizamiento y el crecimiento del centro poblado Madrigal son algunos de los desencadenantes para la reactivación de escarpas y desplazamientos sectoriales. En una comparación de fotografías aéreas e imágenes satelitales (Figura 2) se aprecia el incremento de filtraciones y oconales en el cuerpo, así como también el incremento de acumulación de material en el pie del deslizamiento.

Para la interpretación geodinámica se realizó un cartografiado geológico a detalle del deslizamiento (Figura 3) basado en la Guía para Movimientos en Masa en la región andina (GEMMA, 2007) de donde se reconocieron las siguientes formas:

-Depósitos de deslizamiento (Dd): Son depósitos superficiales desplazados por el deslizamiento. No tienen estructura interna definida, y se encuentran sujetos a la presión interna que ejerce el cuerpo del deslizamiento por efectos gravitacionales.

-Slumps (Sl): Son acumulaciones de material deslizado producto de las presiones ejercidas en el depósito del deslizamiento. Tienen una cresta definida producto del basculamiento de bloques y sigue la dirección de empuje de la escarpa activa.

-Depósitos Lacustres (Dl): Corresponde a una serie de depósitos lacustres subhorizontales de arena fina y limo, se ubican en los sectores NE y SE de la escarpa principal. En la escarpa se observan diferentes series de depósitos lacustres correspondientes a diferentes escalas de tiempo geológico.

- Depósitos de avalancha de detritos antiguos (Daa): Son depósitos de avalancha antiguos, posiblemente provienen del flanco derecho del río Colca, que afloran sobre la escarpa principal, generando formas de colinas subredondeadas, posiblemente Hummocks (Paguican et al. 2012). También se encuentran depósitos en la escarpa principal, en secuencia con los depósitos lacustres.

-Grietas: Son aberturas en el terreno de aproximadamente 0.70 metros de separación, y de profundidad y longitud variable. Se identificaron dos grupos importantes: El primero en la zona de acumulación del deslizamiento, producto de la compresión y movimiento del depósito de deslizamiento. El segundo, en la escarpa principal, en los depósitos lacustres, alrededor de un bloque de material que está en proceso de separación de la escarpa principal.

-Avalanchas de detritos recientes (Dar): Son movimientos en masa recientes que se han desarrollado por procesos gravitacionales en la escarpa principal y depositan sobre el cuerpo del deslizamiento. Debido a la presión generada por el movimiento, en la zona de depositación se desarrollaron Slumps y grietas.

-Lagunas: Son filtraciones de agua ubicadas en depresiones dentro del cuerpo del deslizamiento. Estas lagunas siguen una alineación paralela a la escarpa principal del deslizamiento, y son canalizadas para el regadío de los terrenos de cultivos dentro del deslizamiento.

-Erosión de laderas: Producto de procesos coluviales y de erosión, se desarrollan en las laderas del cuerpo del deslizamiento. Tienen poca profundidad y se ubican en la zona SO y SE del deslizamiento.

-Cárcavas: Son incisiones en el terreno producto de la erosión hídrica concentrada en laderas del cuerpo del deslizamiento. Tienen una longitud aproximada de 30 metros y se ubican al SE del cuerpo.

4. Discusión

Los resultados del cartografiado evidenciaron que la dinámica no es uniforme en el deslizamiento.

En la zona de desprendimiento se desarrollan movimientos en masa en dirección paralela a la escarpa principal. En la zona de acumulación, existe una dinámica de compresión, que se muestra en la gran cantidad de grietas existentes en el depósito de deslizamiento.

Producto de estas actividades se desarrollan los slumps en dirección paralela a la escarpa del deslizamiento.

Las lagunas y oconales siguen una dirección paralela a la escarpa principal, resaltando que existe una zona de depresión entre la zona de desprendimiento y la zona de acumulación en el cuerpo del deslizamiento.

5. Conclusiones

El deslizamiento Madrigal es un deslizamiento antiguo que se ha reactivado producto de las actividades económicas en el cuerpo del deslizamiento y el crecimiento del centro poblado de Madrigal.

La dinámica del deslizamiento tiene un desarrollo heterogéneo en la zona de desprendimiento y de acumulación. Las lagunas y filtraciones se concentran en la zona de desprendimiento y las grietas y slumps se concentran en la zona de acumulación.

Las actividades de la población sobre el cuerpo del deslizamiento como la construcción de canales y carreteras producen reactivaciones de movimiento del deslizamiento y resulta en el desarrollo de múltiples grietas en el área del depósito.

6. Referencias

- Dávila Barrena, Sadi. 1987. Inspección de la Seguridad Física de Madrigal (Dpto. de Arequipa). INGEMMET.
- Paguican EMR, Van Wyk de Vries B, Lagmay a. MF (2012) Hummocks: how they form and how they evolve in rockslide-debris avalanches. *Landslides* 11:67–80. doi: 10.1007/s10346-012-0368-y
- Palacios, O. M. 1985. Carta Geológica Nacional 32-S. INGEMMET.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (GEMMA). 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Zavala Bilberto, Vílchez Manuel, Rosado Malena. 2009. Aspectos Geodinámicos en los Distritos de Lari, Madrigal y Maca Provincia Cailloma, Región Arequipa. INGEMMET.

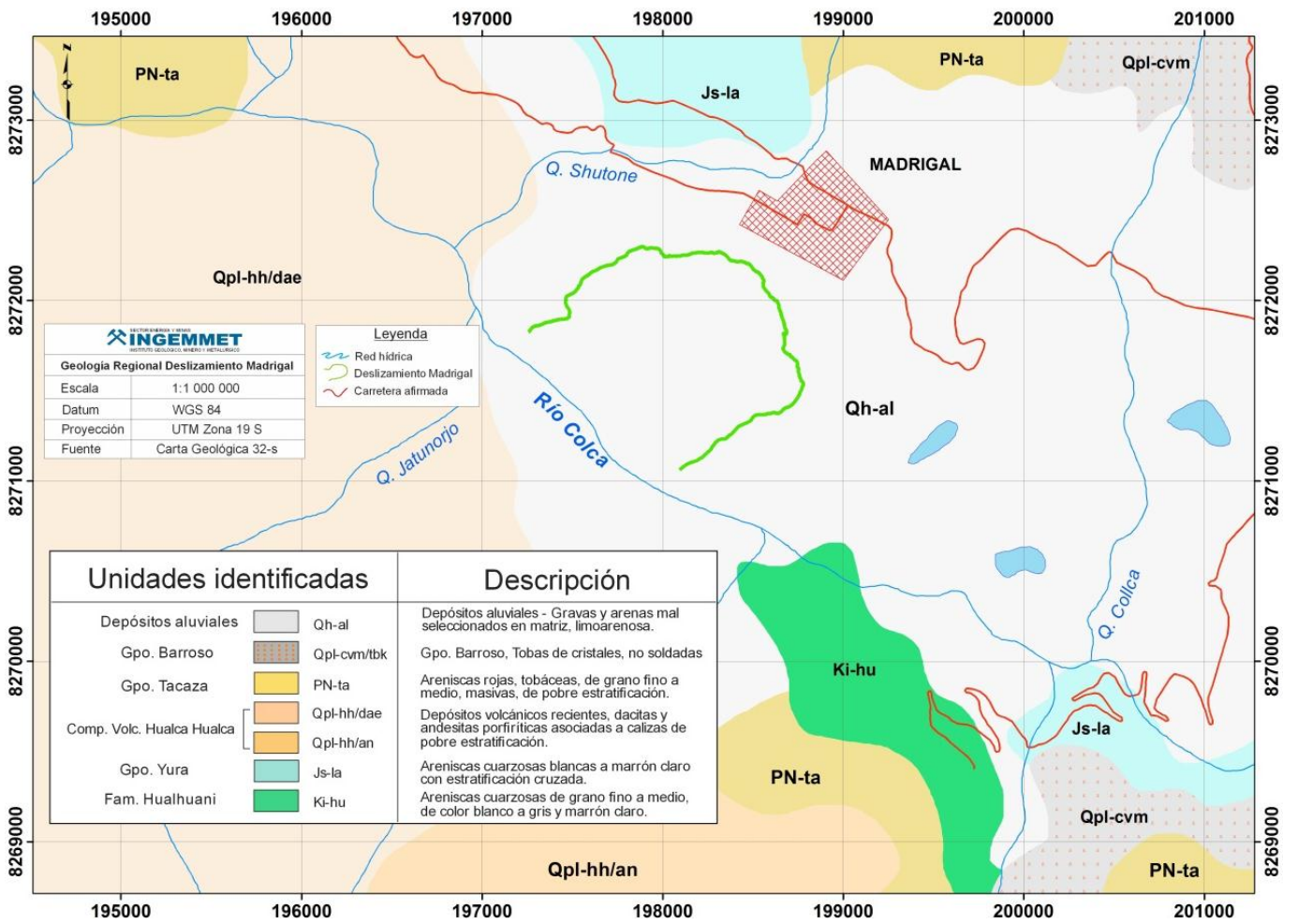


Figura 1: Mapa geológico regional adaptado al área de trabajo (Palacios, 1985)

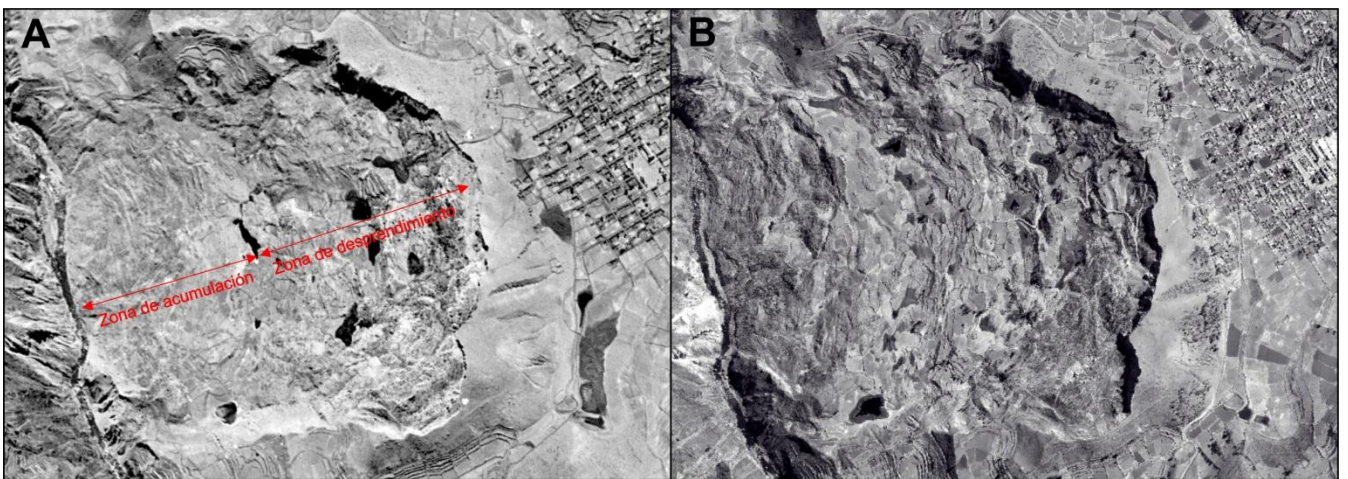


Figura 2: Comparación de imágenes del deslizamiento de Madrigal: (A) Imagen del año 1955 (B) Imagen del año 2011. Se aprecia el incremento de lagunas y la actividad de acumulación en el pie del deslizamiento.

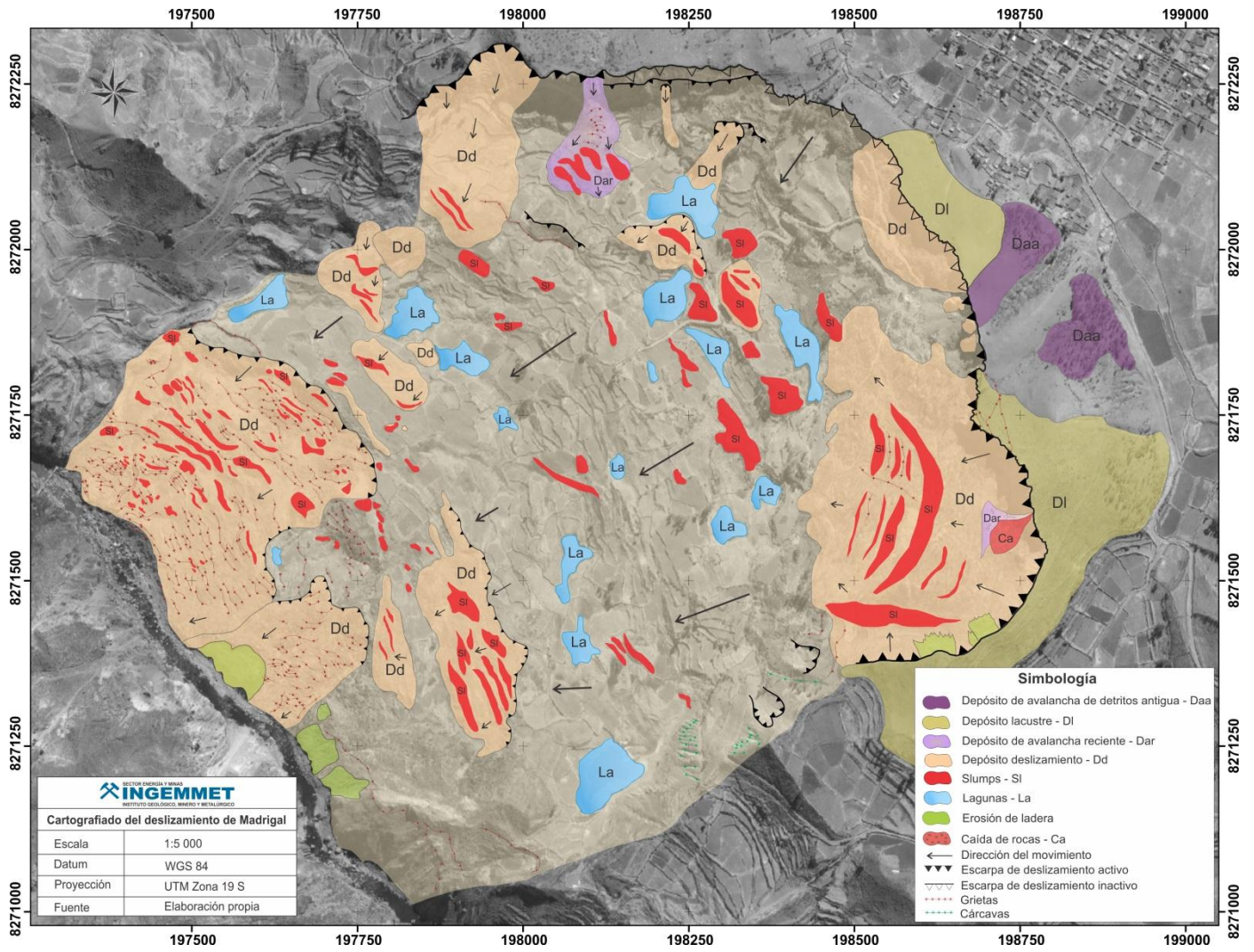


Figura 3. Cartografiado geológico del deslizamiento Madrigal