

Medellín, septiembre 14 de 2023

Asunto: Reporte de seguimiento movimiento en masa Las Playas, corregimiento de San Antonio de Prado - Medellín

El presente reporte técnico se emite como complemento a la información levantada por el equipo de Teledetección con Drones del proyecto SIATA para el sector Las Playas del corregimiento San Antonio de Prado de Medellín. El reporte tiene como objetivo validar y analizar aspectos relacionados con la estabilidad de la zona en la que se materializó un movimiento en masa en julio del año 2022.

Descripción del punto crítico, esquema de monitoreo y análisis de información

Características del movimiento en masa al momento de su materialización

Desde el proyecto SIATA se monitorea un movimiento en masa ubicado en la zona rural del corregimiento de San Antonio de Prado, del municipio de Medellín (Figura 1). Este movimiento en masa se caracterizó como un flujo de lodos rápido (Figura 2), que resultó en la obstrucción total de la quebrada Doña María, el colapso parcial de la infraestructura de una granja avícola y pérdidas humanas y animales. Luego de la obstrucción, la quebrada Doña María recuperó su cauce de manera progresiva; sin embargo, se emitieron constantes alertas por parte del proyecto SIATA ante un posible flujo torrencial asociado a esta condición. En la parte baja del flanco este del movimiento en masa se observan grietas en forma de herradura, las cuales evidencian un proceso morfodinámico activo en esta parte de la ladera que podría materializarse y afectar la quebrada Doña María. En la Figura 1 se presenta un esquema general con la ubicación de los sensores instalados en la zona.

Características geológicas y geomorfológicas de interés para la zona

Según la microzonificación sísmica del AMVA (2016), las unidades geológicas superficiales presentes en la zona son rocas ígneas graníticas asociadas al Stock de Altavista en la parte alta de ladera, mientras que en la parte baja se encuentran depósitos aluviotorrenciales. La geomorfología según la microzonificación corresponde a lomos. En campo se observan suelos residuales asociados a la meteorización de la roca granítica. La zona se caracteriza por pendientes moderadas y altas en la parte alta de la ladera, el flujo de lodos se presentó en una vaguada de la ladera, por la que actualmente se observa el drenaje de esta sobre el cuerpo del movimiento en masa y se desarrollan procesos de erosión hídrica. En la zona de la granja avícola se desarrollaron excavaciones y banqueos. La ladera se encontraba con cobertura vegetal boscosa antes de la emergencia. La sección de la quebrada Doña María obstruida tiene un canal estrecho en forma de “V”. En la parte alta del lomo donde se presentó el movimiento en masa, se encuentra un camino de herradura.



Figura 1: Ubicación del sitio Las Playas y sensores instalados en el sitio. La granja avícola se encontraba en el flanco este del movimiento en masa.



Figura 2: Fotografía del movimiento en masa en el sector Las Playas. En el lado derecho se observan grietas en el terreno, asociadas a otro proceso morfodinámico activo en la ladera.

Historia del punto crítico

A continuación se presenta una breve descripción del punto de interés y el registro de acciones asociadas al movimiento en masa.

- A través de imágenes satelitales obtenidas de la plataforma Google Earth, se evidencia la evolución de los procesos morfodinámicos en la ladera. En imagen de enero de 2001, se observa la granja avícola; sin embargo, en la ladera predomina la cobertura vegetal tipo pasto. En imagen de febrero de 2012 se observa una cicatriz por movimiento en masa en la parte alta de la granja avícola, aparentemente esta zona fue intervenida y se realizaron obras de drenaje (Figura 3).

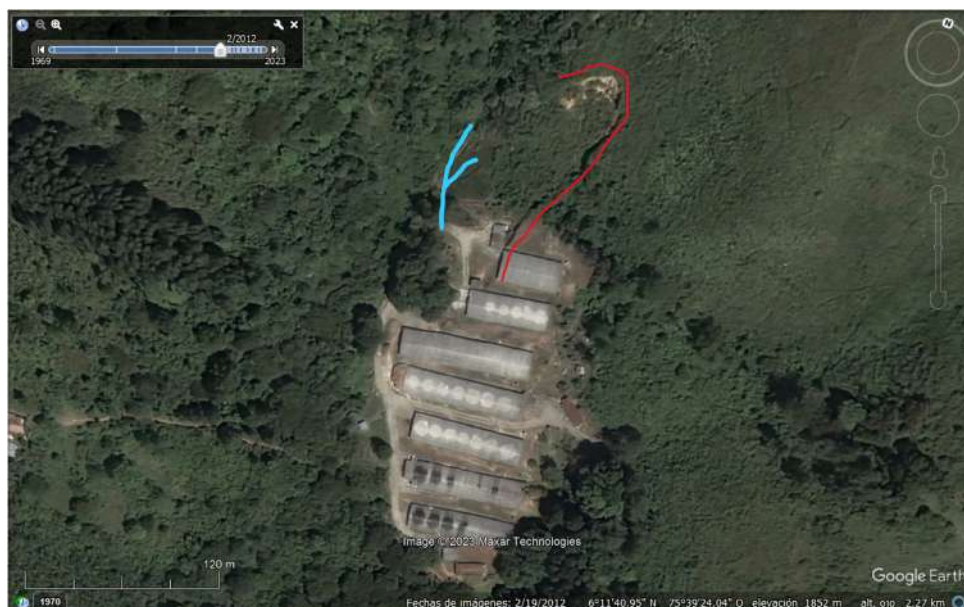


Figura 3: Imagen aérea de la granja avícola registrada en febrero de 2012. En la imagen se observa una cicatriz en el terreno por movimiento en masa en la parte alta de la granja. La línea roja marca el escarpe principal, líneas azules representan las obras de drenaje en el movimiento en masa Fuente: Google Earth.

- En imágenes de Google Earth registradas entre 2014 y 2022, se observa el proceso de revegetalización de la parte alta de la ladera, pasando de pastizales a bosques y matorrales:
 - En noviembre de 2016 se evidencian deformaciones del terreno en la parte baja de la ladera; sin embargo, no es clara la extensión de estos procesos morfodinámicos debido a la cobertura vegetal boscosa del sitio. Aparentemente, esta zona fue intervenida mediante obras de manejo de aguas durante el año 2017.
 - En el 2018 se observan grietas en esta parte de la ladera. En enero de 2020, se observaron nuevas deformaciones del terreno en esta zona.
 - En visitas de campo realizadas luego de la emergencia de julio de 2022 se observaron grietas en el terreno en este sector, las cuales se observan levemente en ortofotografías debido a la cobertura vegetal de la zona (Figuras 4, 5, 6); por lo cual es posible que las deformaciones en esta zona sean constantes durante los últimos siete años.

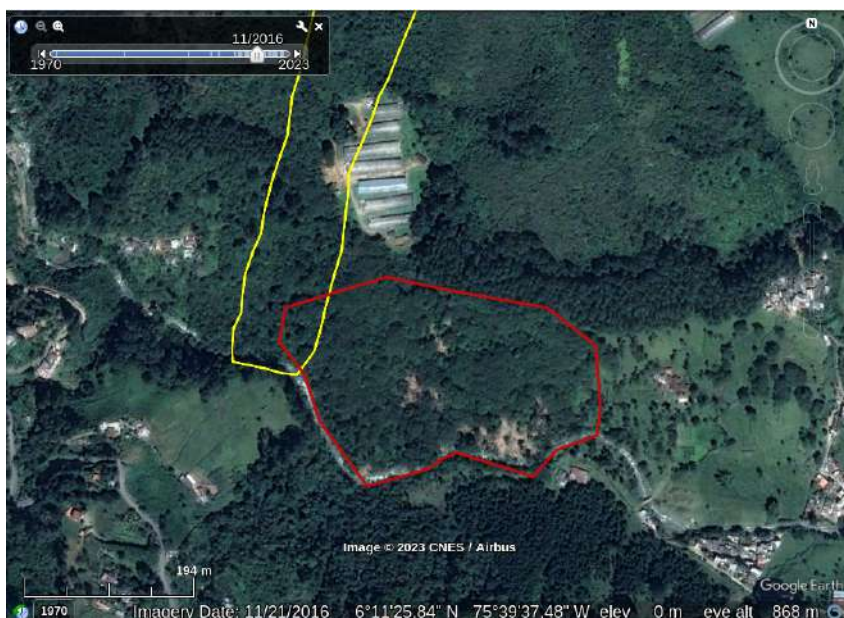


Figura 4: El polígono rojo enmarca las evidencias de deformación en la parte baja de la ladera. El polígono amarillo delimita la sección del movimiento en masa Las Playas. Imagen de noviembre de 2016 tomada de la plataforma Google Earth.

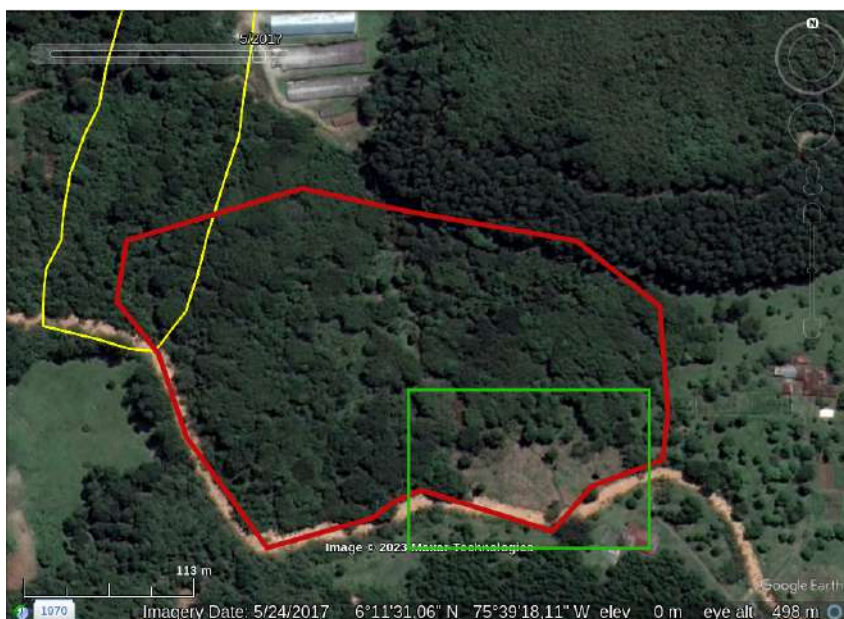


Figura 5: Evidencias de una posible intervención realizada en la parte baja de la ladera, nótese la deforestación de la zona boscosa y la posible conformación de un canal de manejo de escorrentía superficial al interior del polígono verde. Imagen de mayo de 2017 tomada de la plataforma Google Earth.



Figura 6: Zona con deformaciones del terreno en el flanco este del movimiento en masa Las Playas, identificadas en la ortofotografía del sobrevuelo con drones del 9 de septiembre de 2022 (polígono rojo).

- El 13 de julio de 2022 se materializó de manera rápida el flujo de lodos, esto provocó la obstrucción de la quebrada Doña María. La emergencia fue apoyada por SIATA, donde además, se monitoreó de manera constante el comportamiento de la quebrada aguas abajo, emitiendo varias alertas en las horas posteriores al evento.
- El proyecto SIATA inicia el monitoreo del movimiento en masa en tiempo real con la instalación de la cámara de monitoreo el 14 de julio de 2022. El 18 septiembre de 2022 se presentó un desprendimiento de suelo en la parte alta del movimiento en masa (Figuras 7 y 8).



Figura 7: Fotografía de la cámara de monitoreo registrada el 15 de julio de 2022, luego de la emergencia.



Figura 8: Fotografía de la cámara de monitoreo registrada el 19 de septiembre de 2022. Nótese el desprendimiento de una masa de suelo desde la corona del movimiento en masa.

- Durante el segundo semestre de 2022 se observó el desmonte de la granja avícola; por lo cual, no se desarrollan actividades productivas en el sitio aparentemente.
- A septiembre de 2023, se ha observado mediante la cámara de monitoreo instalada en el sitio, sobrevuelos con drones e imágenes satelitales, la recuperación de la cobertura vegetal en la parte media y baja del movimiento en masa (ver Figura 9); sin embargo, en la parte alta continúan los afloramientos de aguas y los procesos de erosión en el cuerpo del movimiento en masa.



Figura 9: Fotografía de la cámara de monitoreo registrada el 5 de septiembre de 2023.

Visitas técnicas realizadas

Además de las visitas realizadas por parte del equipo de mantenimiento del proyecto SIATA, relacionadas con el cuidado de los sensores y las visitas realizadas para llevar a cabo los sobrevuelos con drones, se han realizado las siguientes visitas al sitio monitoreado:

- Julio 14 de 2022: Visita de reconocimiento y apoyo a la emergencia.
- Octubre 5 de 2022: Visita de monitoreo al movimiento en masa.

Características y detalles del esquema de monitoreo mediante sensores en tierra

La Tabla 1 muestra los instrumentos instalados que conforman el esquema de monitoreo del movimiento en masa en el sector Las Playas.

Tabla 1: Instrumentos geotécnicos que conforman el esquema de monitoreo instalado en el sitio.

Sensores	Código	Longitud	Latitud	Instalación	Estado
Cámara Deslizamiento	100675	6.188488	-75.657208	14/07/2022	Activo
Nivel	108	6.190591	-75.651503	10/03/2014	Activo
Pluviómetro	2	6.186856	-75.640688	1/01/2010	Activo

El sensor de nivel 108, ubicado a 800 m aguas abajo del movimiento en masa, registró el día de la emergencia una disminución en el caudal de la quebrada asociado a la obstrucción de esta; y minutos después, la normalización del caudal de la quebrada Doña María, la cual comenzó a fluir sobre el material movilizado. La cámara de monitoreo registró un desprendimiento de suelo desde la corona del flujo de lodos el 18 de septiembre de 2022, luego de este desprendimiento no se han registrado deformaciones del terreno importantes. A septiembre de 2023, se ha observado la recuperación de la cobertura vegetal en el cuerpo del movimiento en masa, el desmonte de la granja avícola y excavaciones antrópicas en esta zona.

Monitoreo mediante imágenes: resultados y análisis

El monitoreo periódico con drones permite identificar los cambios superficiales del relieve y cambios en la ubicación relativa de los elementos en zonas inestables. La Tabla 2 muestra el registro de sobrevuelos realizados por parte del equipo de drones de SIATA. La Figura 10 corresponde al ortomosaico del sobrevuelo realizado el 9 de septiembre de 2022, la Figura 11 corresponde al ortomosaico del sobrevuelo realizado el 26 de diciembre de 2022, las Figuras 13 y 14 corresponde a los análisis de deformaciones en el terreno realizados a partir de los modelos digitales de superficie (DSM) en julio de 2022.

Tabla 2: Sobrevuelos realizados al sitio monitoreado.

Fecha	Sensor	Propósito
13/07/2022	RGB	Se presta apoyo a DAGRD por emergencia a causa de deslizamiento y obstrucción de la quebrada Doña María.
14/07/2022	RGB	Se realizan sobrevuelos para la obtención de material audiovisual video y fotografía de detalle de la zona afectada.
15/07/2022	RGB	Se realiza sobrevuelo para obtener material audiovisual fotografía y video de detalle de la zona afectada.
18/07/2022	RGB	Se realiza mosaico fotografía 360 panorámica y video en alta definición de la zona afectada.
25/07/2022	RGB	Se realiza mosaico, fotografía 360, panorámica y video en alta definición de la zona afectada.
05/08/2022	RGB	Se realiza mosaico, 360 y panorámicas de la zona afectada.
12/08/2022	RGB	Se realiza mosaico de la zona afectada ampliando en la parte alta del deslizamiento.
31/08/2022	RGB	Se realiza mosaico general de la zona afectada.
09/09/2022	RGB	Se realiza mosaico general de la zona afectada ampliando en la parte alta del deslizamiento.
26/12/2022	RGB	Se realiza mosaico general del movimiento en masa.
12/04/2023	RGB	Sobrevuelo de monitoreo al sitio de interés.
30/08/2023	RGB	Se realiza sobrevuelo con sensor en la zona afectada, resultando en productos multimedia.



Figura 10: Ortofoto realizada al sitio el 9 de septiembre de 2022. El punto rojo representa la ubicación del análisis temporal realizado con índices de cobertura vegetal NDVI mediante imágenes satelitales; el cual, se explica a detalle en secciones posteriores.



Figura 11: Ortofoto realizada al sitio el 26 de diciembre de 2022. Se observa la recuperación de la cobertura vegetal y la ampliación del canal obstruido de la quebrada Doña María.

Durante el sobrevuelo realizado el 30 de agosto del 2023, se observó una mayor recuperación de la cobertura vegetal, además, de una afloramiento de aguas en la parte alta del movimiento en masa (Figura 12).

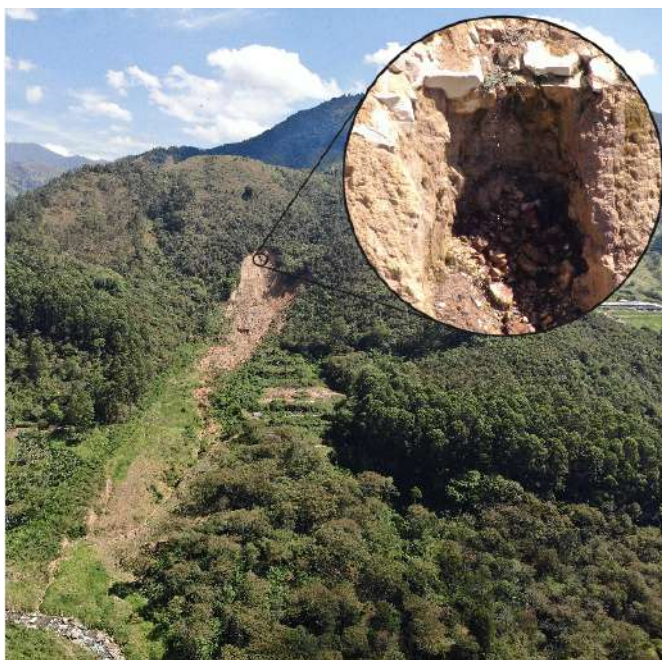


Figura 12: Foto panorámica realizada el 30 de agosto del 2023, en el círculo se muestra una foto ampliada del afloramiento de agua en la parte alta de la ladera.



Figura 13: Análisis de deformaciones del terreno entre julio 14 y julio 18 de 2022, realizado al movimiento en masa por parte del equipo de Teledetección con Drones de SIATA. Las zonas de color rojo indican desplazamientos negativos (hundimientos) y las zonas de color azul indican desplazamientos positivos (llenos o depósitos). Se observan desprendimientos en la parte media del movimiento en masa y acumulación de este material en la parte media y baja del movimiento en masa.

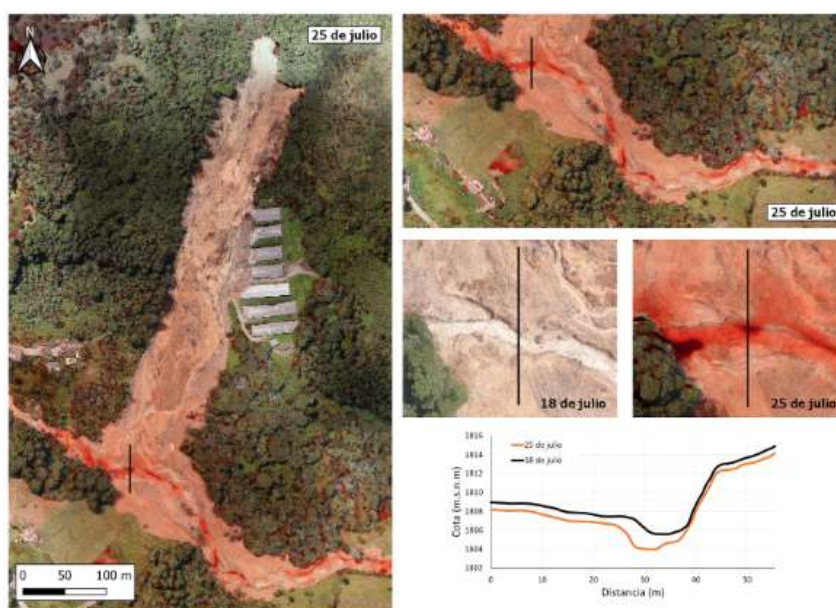


Figura 14: Análisis de deformaciones del terreno entre julio 18 y julio 25 de 2022, realizado al movimiento en masa por parte del equipo de Teledetección con Drones de SIATA. Las zonas de color rojo indican desplazamientos negativos (hundimientos) y las zonas de color azul indican desplazamientos positivos (llenos o depósitos). Se observa la incisión por erosión hídrica en el canal de la quebrada. Estos procesos de erosión hídrica continuaron desarrollándose durante el año 2022 (Figura 11).

Adicionalmente, se han realizado análisis espacio-temporales mediante imágenes satelitales al movimiento en masa Las Playas. Estos análisis se basan en calcular el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI), el cual es un indicativo del estado de la cobertura de la superficie terrestre. La Figura 15 muestra la serie de tiempo del índice NDVI, donde se observa la materialización del evento con la pérdida de cobertura vegetal en julio de 2022; posterior a esto, se observa la recuperación de la cobertura vegetal. Este análisis se realizó a un punto al interior del movimiento en masa con coordenadas 6.1955, -75.6570 (punto rojo en la Figura 10).



Figura 15: Serie de tiempo del índice NDVI.

Además, se realizó un análisis espacial para identificar los cambios en la cobertura del área de interés, a través del cambio en el NDVI entre dos imágenes satelitales. En la Figura 16, se observa la recuperación de la cobertura vegetal en el cuerpo del movimiento en masa con tonos verdes. Los valores cercanos a cero indican que no se presentaron cambios entre las dos imágenes, mientras que los valores negativos indican pérdida de cobertura vegetal. Esta última condición solo se presenta en el flanco oriental del movimiento en masa, en donde al parecer, se realizaron excavaciones y el desmonte de la granja avícola.

Conclusiones y recomendaciones

Durante el monitoreo se ha observado la recuperación de la cobertura vegetal en la parte media y baja del movimiento en masa; sin embargo, en la parte alta persisten procesos erosivos que dificultan el crecimiento de la vegetación. También es posible que se estén desarrollando procesos de erosión hídrica concentrada, con el desarrollo de surcos y cárcavas, debido a que el movimiento en masa se presentó en una vaguada natural de la ladera; además, se ha observado de manera constante el afloramiento de aguas en la parte alta de la ladera, la cual agudiza la situación mencionada anteriormente. También se ha identificado el avance de la corona del movimiento en masa con caídas de suelo en el escarpe principal. Por lo anterior, se recomienda continuar el monitoreo.



Figura 16: Figuras izquierda y centro: imágenes multiespectrales de la misión satelital Sentinel 2 con resolución espacial 10 m. La figura de la derecha muestra el cambio en el NDVI calculado a partir de las imágenes Sentinel 2.

Es posible que se genere una reactivación o materialización rápida del proceso morfodinámico ubicado en el flanco oriental del movimiento Las Playas, el cual se demarca en la Figura 6. Este movimiento en masa podría obstruir el canal de la quebrada Doña María y derivar en flujos torrenciales que afecten a la población expuesta aguas abajo. Se recomienda, de ser posible, realizar inspecciones técnicas al sitio y evaluar las condiciones de estabilidad del mismo.

Este informe fue elaborado por el equipo de Movimientos en Masa y Teledetección con Drones del proyecto SIATA.

Cualquier inquietud será resuelta con gusto.

Juliana Álvarez Z.

Juliana Álvarez
jalvarezz@eafit.edu.co
Líder equipo de Movimientos en Masa
Proyecto SIATA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá