

Medellín, noviembre 05 de 2024

Asunto: Reporte técnico de validación de deformaciones InSAR en la vereda El Zarzal, Copacabana y viabilidad de monitoreo

1. Introducción y descripción de la zona

A partir de la detección de anomalías de desplazamientos en el terreno con la técnica InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) en el municipio de Copacabana, se realizaron visitas de inspección técnica para validar los resultados de esta técnica como parte del proceso investigativo de SIATA, proyecto estratégico del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En el municipio de Copacabana se identificaron las zonas 1) Ancón Norte (que incluye las zonas afectadas en el Barrio Ancón II y Parque Comfama desde 2018) y 2) Vereda El Zarzal, como se muestra en el mapa de desplazamientos InSAR (Figura 1).

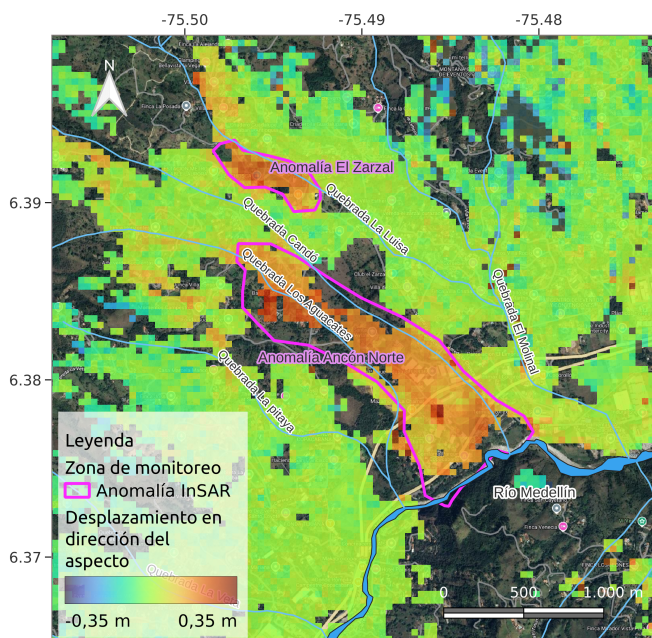


Figura 1: Desplazamientos InSAR en dirección de la pendiente o aspecto de las laderas de los sectores Ancón Norte y El Zarzal entre febrero de 2022 y agosto de 2024.

2. Resultados y Observaciones

Respecto a la zona El Zarzal, se han estimado desplazamientos al interior del polígono del terreno de hasta 0.56 m en dirección de la pendiente o aspecto de las laderas entre septiembre de 2016 (fecha desde la que se tiene información) y agosto de 2024 (ver serie de tiempo de desplazamientos en la Figura 2). Al analizar los desplazamientos por semestre y por año, se encontró que las mayores tasas de desplazamiento se presentaron en el año 2021 (0.15 m), específicamente en el segundo semestre de este año (0.12 m), como se muestra en la Figura 3.

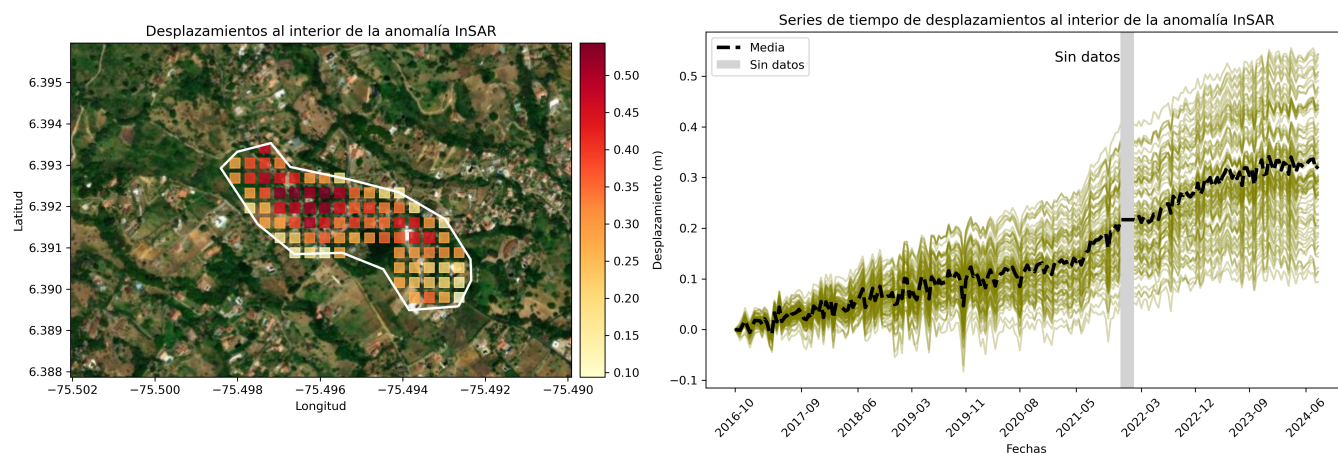


Figura 2: Mapa de la anomalía y serie de tiempo de los desplazamientos InSAR en dirección de la pendiente de la anomalía El Zarzal.

A partir del análisis de la información de precipitación se ha observado que los desplazamientos tienen una relación con la precipitación acumulada de largo plazo registrada por el pluviómetro 47, ubicado al interior de la anomalía Ancón Norte. La Figura 4 muestra los desplazamientos medios al interior del polígono de la anomalía El Zarzal; como se observa, las mayores tasas de desplazamientos se presentan en los años 2021 y 2022, donde también se presentan las mayores precipitaciones acumuladas antecedentes a un año (es decir, la lluvia acumulada en el último año de cada día de registro del pluviómetro).

**Sistema de Alerta Temprana de
Medellín y el Valle de Aburrá**

Proyecto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Contrato 016 de 2024

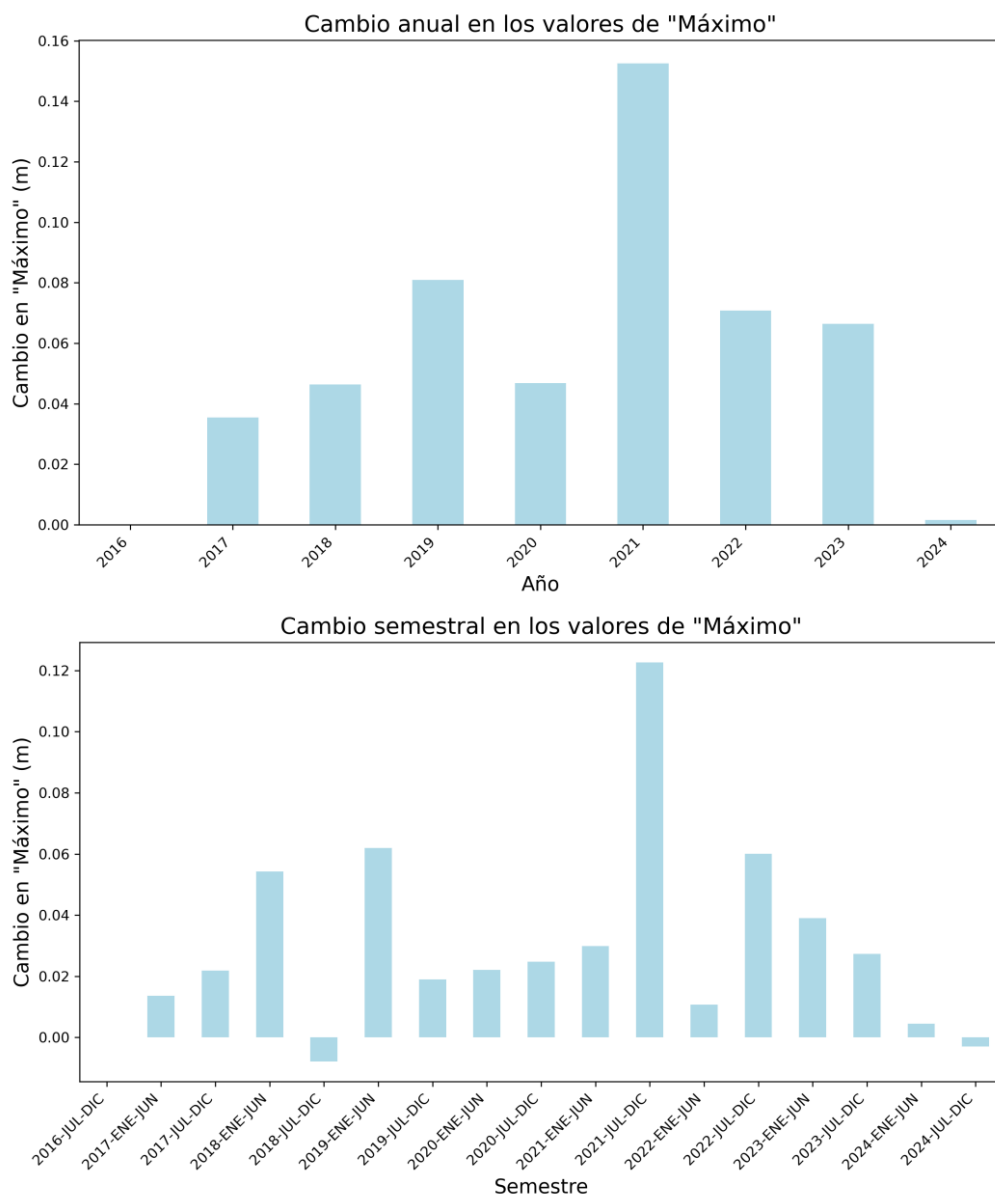


Figura 3: Desplazamientos máximos anuales y semestrales de la anomalía El Zarzal.

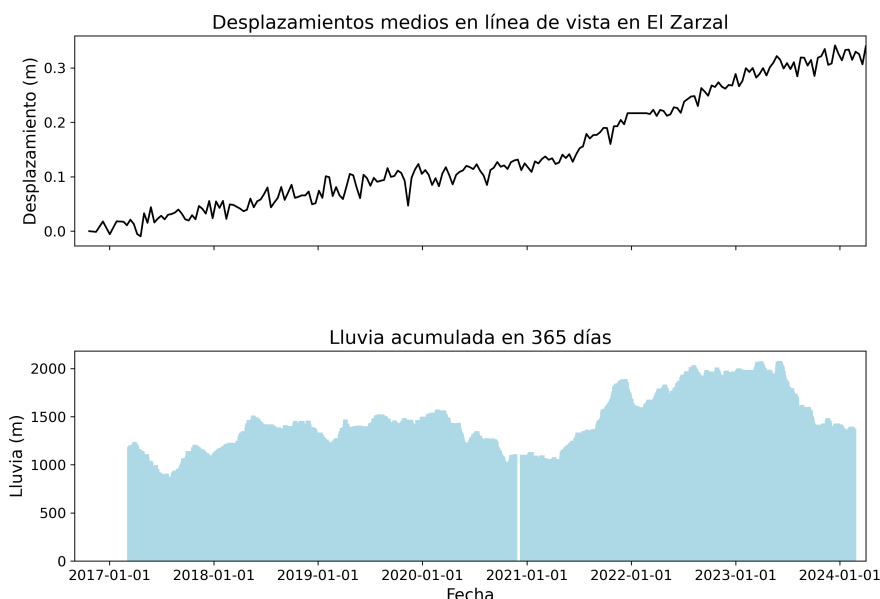


Figura 4: Desplazamientos InSAR medios al interior de la anomalía El Zarzal y lluvia antecedente acumulada a 365 días, registrada por el pluviómetro 47 de SIATA, instalado en el sector.

Para validar los desplazamientos en esta zona, se ha visitado el sector en diferentes ocasiones; con el equipo de Teledetección del proyecto SIATA el día 24 de agosto de 2023, en esta ocasión no se encontraron deformaciones del terreno. Posteriormente, se presentaron los resultados InSAR en la Alcaldía de Copacabana (3 de octubre de 2023), donde se programó visita de inspección técnica con profesional de la oficina de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) para el 16 de noviembre de 2023 a una edificación residencial (Finca 1) con afectaciones estructurales graves asociadas a deformaciones del terreno (Figura 5). En los alrededores de esta finca, se identificaron al menos 4 edificaciones residenciales vecinas con patologías estructurales menores, en comparación con la Finca 1 (Figura 5). Según los habitantes de la Finca 1, las afectaciones estructurales se presentaron en la primera mitad del año 2022, mientras que los habitantes de la Finca 2, indicaron que las afectaciones comenzaron desde hace 8 años aproximadamente (mismo periodo desde el que se tiene información InSAR, por lo que los desplazamientos del terreno pueden ser anteriores a esta fecha).

El día 10 de octubre de 2024 se visitó la Finca 1 en compañía de la unidad GRD del Área Metropolitana y la oficina de GRD del municipio de Copacabana; sin embargo, no se pudo acceder a esta. Adicionalmente, se visitó una de las edificaciones vecinas (Finca 2), donde se evidenciaron agrietamientos en losa de piso y muros estructurales (Figura 5). La Figura 6 detalla la ubicación de las edificaciones afectadas y la anomalía InSAR.

Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá

Proyecto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Contrato 016 de 2024



Figura 5: Afectaciones a edificaciones residenciales en la vereda El Zarzal.

Se considera que las afectaciones en las Fincas 1, 2 y edificaciones vecinas son manifestaciones de las deformaciones lentas del terreno identificadas con la técnica InSAR; sin embargo, los desplazamientos del terreno estimados con InSAR no son evidenciables en toda la extensión de la anomalía. Por lo anterior, se recomienda validar la estabilidad de estas zonas mediante la recopilación y el levantamiento de inventarios de afectaciones a otras edificaciones y/o mediante estudios geotécnicos existentes o futuros.

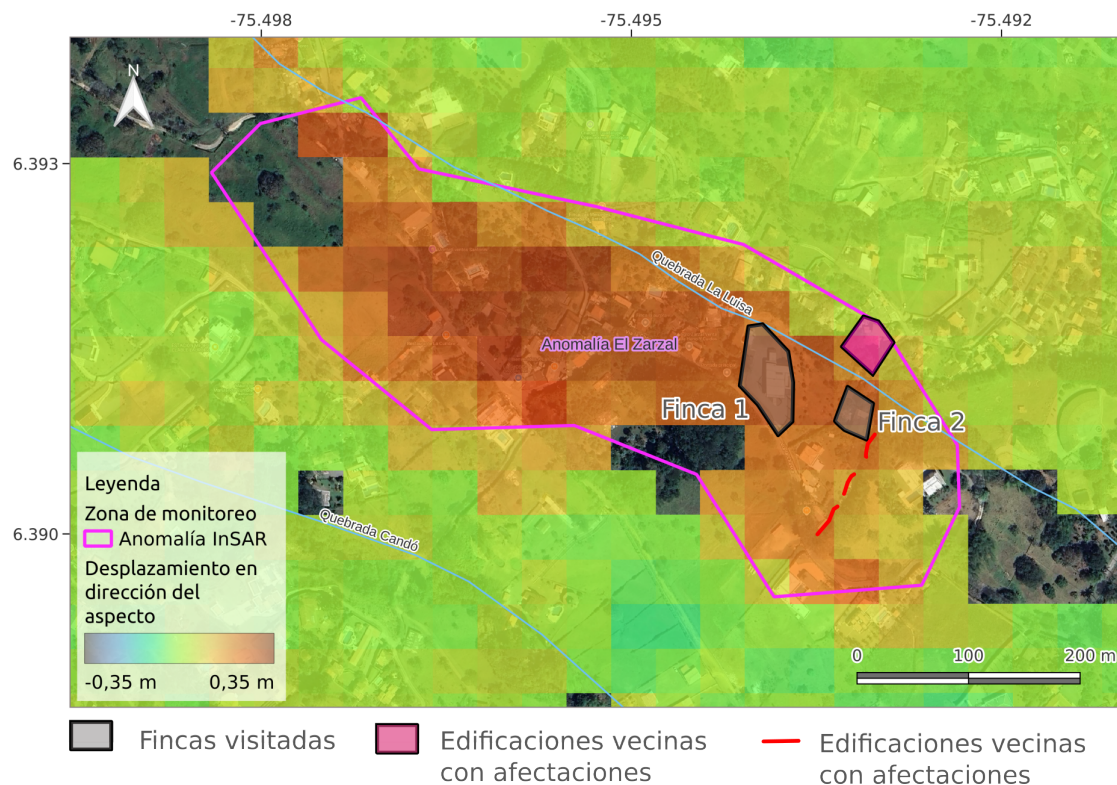


Figura 6: Ubicación de las edificaciones con afectaciones estructurales en el mapa de desplazamientos acumulados InSAR entre febrero de 2022 y agosto de 2024 en dirección de la pendiente o aspecto de las laderas del sector El Zarzal.

En el caso de Ancón Norte, se asocian las emergencias y afectaciones a elementos antrópicos por deformaciones del terreno en el barrio (edificaciones, vías, líneas de servicio y transmisión de suministro energético) y corresponde a la zona de mayor deformación del polígono de la anomalía InSAR (Figura 1). La técnica InSAR solo es capaz de detectar desplazamientos del terreno lentos a lo largo del tiempo, por esta razón no se tienen estimaciones de desplazamiento en las zonas de mayores afectaciones en el barrio Ancón (límite oriental de la anomalía Ancón Norte en la Figura 7 izq). Como se presenta en la serie de tiempo de la Figura 7 (der), se estiman desplazamientos de hasta 0.78 m en dirección de la pendiente al interior de la anomalía. Los desplazamientos muestran el inicio de desplazamientos en 2018 (misma fecha desde la que se tienen registros de afectaciones) e inicia al aumento en la velocidad de desplazamientos en los años 2021 y 2022.

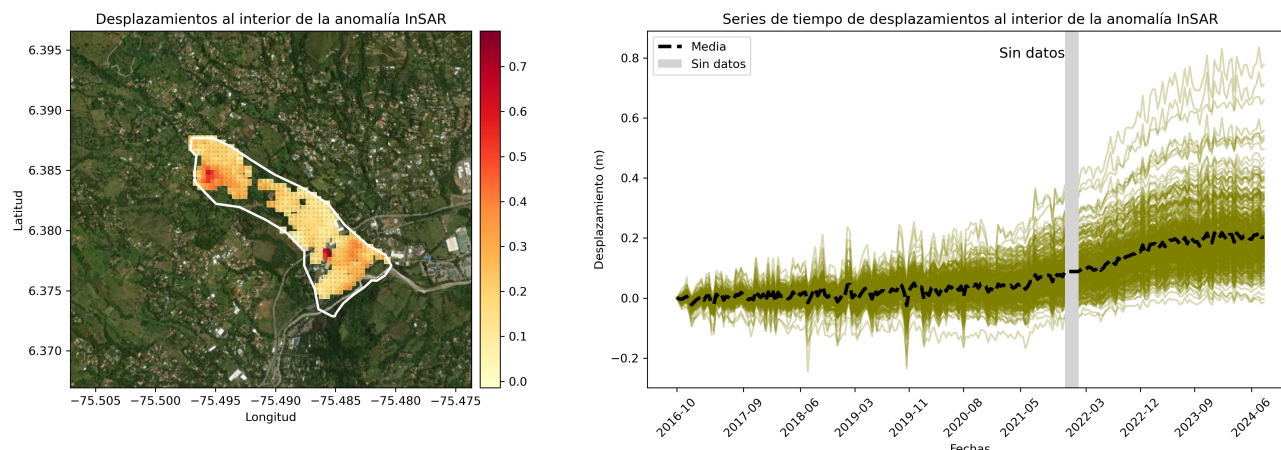


Figura 7: Mapa de la anomalía y serie de tiempo de los desplazamientos InSAR en dirección de la pendiente de la anomalía Ancón Norte.

3. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con la visita de campo realizado, se plantean las siguientes conclusiones y/o recomendaciones.

- Según las series de tiempo, las deformaciones del terreno iniciaron desde el inicio del análisis InSAR, por lo que es posible que las deformaciones sean anteriores al periodo de registro (anterior a 2016). Es posible que los desplazamientos tengan relación con la precipitación antecedente acumulada a largo plazo, y de esta manera relacionada con la humedad del suelo. Se considera posible que los desplazamientos en la zona El Zarzal evolucionen a desplazamientos con mayor velocidad y resulten en mayores afectaciones, de manera similar a la presentada en el barrio Ancón.
- Se recomienda al municipio iniciar monitoreo geotécnico, hidrometeorológico (2 pluviómetros) y estructural de estas zonas, ya que estas deformaciones podrían evolucionar y aumentar la tasa de desplazamiento del terreno, generando mayores afectaciones en los elementos expuestos.
- Se recomienda instrumentar esta zona con el objetivo de validar los resultados de la técnica InSAR, la cual ha detectado otras zonas de deformación en el Valle de Aburrá.
- Se recomienda evaluar la instalación de acelerómetros estructurales en las edificaciones afectadas para registrar la evolución de los procesos morfodinámicos y evaluar su relación con las mediciones periódicas de InSAR. Durante la visita se estableció comunicación con la propietaria de la Finca 2, la cual manifestó interés en hacer parte del monitoreo.
- También se considera útil la instalación de sensores de humedad del suelo y acelerómetros estructurales en la

Finca 1 para evaluar la posible relación de los desplazamientos con las condiciones de humedad del suelo, sin embargo, no se ha logrado una comunicación con el propietario del predio.

- Adicionalmente, se debe tener en cuenta que actualmente el proyecto SIATA no cuenta con los acelerómetros estructurales disponibles para instalar (se requieren mínimo 4), por lo que se deberá solicitar su adquisición en caso de encontrarse apropiado por parte de la alcaldía municipal y el Área Metropolitana.

Este informe fue elaborado por el equipo de Geotecnia del proyecto SIATA.

Cualquier inquietud será resuelta con gusto.

Juliana Alvarez Z.

Juliana Alvarez Zapata
jalvarezz@eafit.edu.co
Líder de equipo de Geotecnia
Proyecto SIATA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá

VoBo:

Lina Ceballos B.

Lina I. Ceballos B.
lina.ceballos@siata.gov.co
Coordinadora Técnica de Riesgos
Proyecto SIATA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá



INFORME TÉCNICO

Código: F-GAA-SIATA-137

Versión: 01

Fecha: 2024-06-21

**Sistema de Alerta Temprana de
Medellín y el Valle de Aburrá**

**Proyecto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Contrato 016 de 2024**

Control de revisiones

Firma:		Firma:		Firma:	
Elaboró:	Alejandro Ospina Urán	Revisó:	Juliana Alvarez Zapata	Aprobó:	Lina I. Ceballos B
Cargo:	Geólogo - Analista II	Cargo:	Líder de equipo de Geotecnia	Cargo:	Coordinadora técnica de Geociencias
Correo:	aospinau@eafit.edu.co	Correo:	j Alvarez@eafit.edu.co	Correo:	lina.ceballos@siata.gov.co
Fecha:	28/10/2024	Fecha:	01/11/2024	Fecha:	05/11/2024