



[CODIGO-QR]  
[URL-DOCUMENTO]

Cartagena de Indias D. T y C., lunes, 18 de marzo de 2024

**Oficio AMC-OFI-0026930-2024**

Señores:

**MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO DE COLOMBIA**

Calle: 17 No.9-36 piso3

PBX: +57-601-9142174

Correo electrónico: [correspondencia@minvivienda.gov.co](mailto:correspondencia@minvivienda.gov.co)

Bogotá D.C.

**Asunto: VISITA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO, EN EL BARRIO MEMBRILLAL DE LA CIUDAD DE CARTAGENA - ZONA DE ALTO RIESGO A RAÍZ DEL DIAPIRISMO O VULCANISMO DE LODO**

Estimados señores:

**DANIEL ANTONIO VÁRGAS DÍAZ**, en mi calidad de Jefe de la Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres del Distrito de Cartagena y, de conformidad con los Procesos de Conocimiento del Riesgo, Reducción del Riesgo y Manejo de Desastres o Calamidad, a través de acciones como identificar, evaluar, prevenir, mitigar y responder ante situaciones de riesgos de desastres que se presenten el territorio, teniendo en cuenta la Ley 1523 de 2012, en especial a los lineamientos establecidos sobre Gestión del Riesgo de Desastres, y las directrices de la UNGRD, (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres); por medio de la presente, nos permitimos invitar a Ustedes, como Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, para que nos acompañen con los funcionarios competentes, para llevar a cabo una visita de observación de campo, en el barrio Membrillal de la ciudad de Cartagena, con el propósito de evidenciar de primera mano la problemática que enfrenta esta comunidad en materia de gestión del riesgo de desastres.

Cabe resaltar que el barrio Membrillal, se encuentra ubicado en una zona de alto riesgo a raíz del fenómeno de Diapirismo o Vulcanismo de Lodo en este sector del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena, situación que ha generado una serie de vulnerabilidades y amenazas para sus habitantes, quienes viven en condiciones precarias y enfrentan constantemente el temor de perder sus viviendas y bienes.

Nosotros, como Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres, hemos venido trabajando en conjunto con la comunidad de Membrillal para identificar y mitigar los riesgos asociados a su entorno. Sin embargo, dada la magnitud de la problemática, consideramos que es fundamental contar con el apoyo y la asesoría del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, para encontrar soluciones integrales y sostenibles.

La Visita de Observación de Campo estará sujeta a la agenda que ustedes dispongan para llevarla a cabo. Durante la visita, les mostraremos los puntos críticos de vulnerabilidades y amenazas para sus habitantes, así como las iniciativas que se han estado implementando actualmente para reducir el riesgo.

Consideramos que la presencia de ustedes como Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se constituye en un gran apoyo para nosotros como Gobierno Distrital de Cartagena y, sobre todo para los habitantes del Barrio Membrillal que sería de gran valor para:

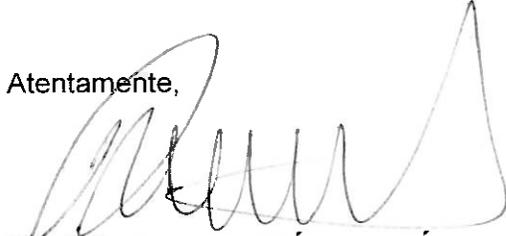
- Identificar las necesidades específicas de la comunidad en materia de vivienda y gestión del riesgo.
- Dialogar directamente con los habitantes y conocer sus preocupaciones y propuestas.
- Explorar posibles soluciones técnicas y financieras para mitigar los riesgos y mejorar las condiciones de vida.

Agradecemos su valiosa atención a esta invitación y esperamos contar con su presencia en Membrillal. Estamos seguros de que esta visita será enriquecedora y contribuirá a la búsqueda de soluciones conjuntas para esta comunidad vulnerable.

Es importante tomar como fundamento a nuestra solicitud el concepto técnico emitido por el grupo interdisciplinario de la Oficina Asesora para la Gestion del Riesgo de Desastres del Distrito de Cartagena de Indias, donde manifiestan,

*"Haber realizado un recorrido de monitoreo del riesgo por afectaciones estructurales en el barrio de: MEMBRILLAL, con acompañamiento del personal combas del sector, Señora María Osorio Palomino, Alcaldía Menor Localidad 3 Industrial y de la Bahía, Secretaria de Planeación y Secretaria de Infraestructura, en la Unidad Comunera de Gobierno N°20 o Rural de la Localidad 3 Industrial y de la Bahía, del Distrito de Cartagena, para evaluación y seguimiento a las afectaciones por Diapirismo de lodos, solicitado por O.A.G.R.D".*

Atentamente,



**DANIEL ANTONIO VÁRGAS DÍAZ**

Jefe Oficina Asesora para la Gestion del Riesgo de Cartagena

Proyecto: Dalys Romero Chiquillo // Área de Conocimiento

Reviso: Nayiber Martelo Berrío // Área de conocimiento

Aprobó: Fernando A. Diaz Granados // Oficina Jurídica OAGR





[CODIGO-QR]  
{URL-DOCUMENTO}

Cartagena de Indias D. T y C., viernes, 15 de marzo de 2024

**Oficio AMC-OFI-0026609-2024**

Doctores.

**LUCELIS GARRIDO OCHOA**

Alcalde de la Localidad 3 Industrial y de la Bahía

**BRUNO HERNÁNDEZ RAMOS**

Secretaria del Interior y Convivencia Ciudadana

**FERNAN PEREZ SARAVIA**

[inspepasacaballos@cartagena.gov.co](mailto:inspepasacaballos@cartagena.gov.co)

**WILMER ENRIQUE IRIARTE RESTREPO**

Secretario de infraestructura

**CAMILO REY SABOGAL**

Secretario de Planeación Distrital

**SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO**

[relacionciudadana@sgc.gov.co](mailto:relacionciudadana@sgc.gov.co)

**GISSELA ROMAN**

Director Corvivienda

**MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO DE COLOMBIA**

[correspondencia@minvivienda.gov.co](mailto:correspondencia@minvivienda.gov.co)

**UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTION DEL RIESGO Y DESASTRES – UNGRD**

[contactenos@gestiondelriesgo.gov.co](mailto:contactenos@gestiondelriesgo.gov.co)

Asunto: **Recorrido de Monitoreo del riesgo por afectaciones estructurales en el barrio de MEMBRILLAL, con acompañamiento del personal combas del sector Señora María Osorio Palomino, Alcaldía Menor Localidad 3 Industrial y de la Bahía, Secretaria de Planeación y Secretaria de Infraestructura, para evaluación y seguimiento a las afectaciones por Diapirismo de lodos, solicitado por O.A.G.R.D.**

**DANIEL VARGAS DIAZ**, en mi calidad de jefe de la Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres del Distrito de Cartagena y de conformidad con los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres o calamidad, a través de acciones como identificar, evaluar, prevenir, mitigar y responder ante situaciones de riesgo de desastres que se presenten en el territorio, teniendo en cuenta la Ley 1523 de 2012, sobre Gestión de Riesgos de Desastres, y las directrices de la UNGRD (Unidad Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres) le manifiesto con mucho respeto lo siguiente:

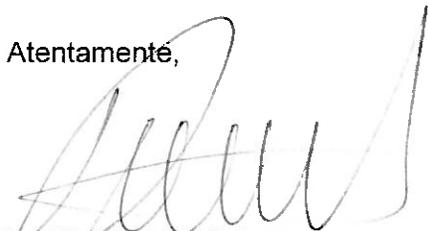
Remitir: Informe de Recorrido de Monitoreo del riesgo por afectaciones estructurales en el barrio de: MEMBRILLAL, con acompañamiento del personal combas del sector Señora María Osorio Palomino, Alcaldía Menor Localidad 3 Industrial y de la Bahía, Secretaria de Planeación y Secretaria de Infraestructura, en la Unidad Comunera de Gobierno N°20 o Rural de la Localidad 3 Industrial y de la Bahía, del Distrito de Cartagena, para evaluación y seguimiento a las afectaciones por Diapirismo de lodos, solicitado por O.A.G.R.D.

Lo anterior para su intervención de acuerdo con el marco de sus competencias, programas y fines pertinentes que sus respectivas dependencias lideran, por lo que estaremos atentos y agradecemos de antemano, se nos informe de las acciones que dentro de sus funciones sean pertinentes ejecutar, con el objeto de trabajar coordinadamente.

**ANEXO:**

- Informe de visita técnica **INF-GCR-083** con fecha de 15 de marzo del 2024.

Atentamente,



**DANIEL VARGAS DIAZ.**

Jefe de Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres.

proyecto: Dalys Romero / Área de conocimiento *DR*

Reviso: Nayíber Materlo área de Conocimiento

Reviso: Hosterman Gaviria / Área Jurídica Conocimiento



Cartagena de Indias D. T. y C, 15 de marzo de 2024

**INF-GCR-083-24**

Doctor

**DANIEL VARGAS DIAZ**

Jefe Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres del Distrito de Cartagena.

**ASUNTO:**

Recorrido de Monitoreo del riesgo por afectaciones estructurales en el barrio de: MEMBRILLAL, con acompañamiento del personal combas del sector Señora María Osorio Palomino, Alcaldía Menor Localidad 3 Industrial y de la Bahía, Secretaria de Planeación y Secretaria de Infraestructura, en la Unidad Comunera de Gobierno N°20 o Rural de la Localidad 3 Industrial y de la Bahía, del Distrito de Cartagena, para evaluación y seguimiento a las afectaciones por Diapirismo de lodos, solicitado por O.A.G.R.D.

**GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE LA OFICINA ASESORA PARA LA GESTIÓN DE DESASTRES DISTRITAL QUE REALIZÓ LA VISITA:**

**ALEXANDER OCHOA VILLAMIL**  
**ALFREDO AMADOR MATUTE**  
**DAIRO NARVAEZ LICONA**

**Arquitecto Asesor ext. O.A.G.R.D.**  
**INGENIERO GEOLOGO O.A.G.R.D.**  
**INGENIERO AMBIENTAL O.A.G.R.D.**

**PRESENTES DURANTE LA VISITA:**

<b>María Osorio Palomino</b>	<b>Coordinadora COMBAS Membrillal</b>
<b>Yucelis Garrido Ochoa</b>	<b>Alcaldesa Menor Localidad 3</b>
<b>Sandra Bacca Piñeros</b>	<b>Arquitecta Planeación</b>
<b>Javier Álvarez M</b>	<b>Ingeniero Secretaria de Infraestructura</b>
<b>Aroldo Bonfante</b>	<b>Coordinador Institución educativa IE San Francisco de Asís - Membrillal</b>
<b>Emelda Silgado M</b>	<b>Representantes Concejo Comunitario de membrillal</b>

**LOCALIZACIÓN:**

847153 4861835273,1634915 1156584672

PREDIOS

INFORMACION	
1. Referencia	190000280001000
2. Matrícula	060-215718
Area Construida	113.00
Area Terreno	210.00
Barrio	Membrillal
Clasif Suelo	Centro Poblado
Codigo Dane	95070316
Direccion	K 16 11 87 Mz J La 14

Coordenadas: 10.332652, -75.476681  
Ubicación Geográfica Fuente: MIDAS



BARRIO		LOCALIDAD		UCG	
VEREDA de Cartagena MEMBRILLAL		N°3 INDUSTRIAL Y DE LA BAHIA		Zona Rural	
Nomenclatura: N/A					
<b>FORMA DE TENENCIA</b>					
Poseedor	X	Propietario		Arrendador	
<b>ACTIVIDAD DESARROLLADA EN LA EDIFICACIÓN</b>					
Vivienda	X	Bodega		Institución	
Asentamiento Irregular	X	Finca o Parcela		Fábrica	
				Espacio Público	
				Otro	

**ANTECEDENTES:**

A continuación, se relacionan los informes anteriores que se han remitido y se han ido ampliando con la temática relacionada con el riesgo por Diapirismo, desarrollados por la OAGRD:

- INF - GCR - 306 - 21
- INF - GCR - 523 - 22
- INF - GCR - 652 - 22
- INF - GCR - 739 - 22
- INF - GCR - 781 - 22
- INF - GCR - 807 - 22
- INF - GCR - 492 - 23
- INF - GCR - 516 - 23
- INF - GCR - 030 - 24

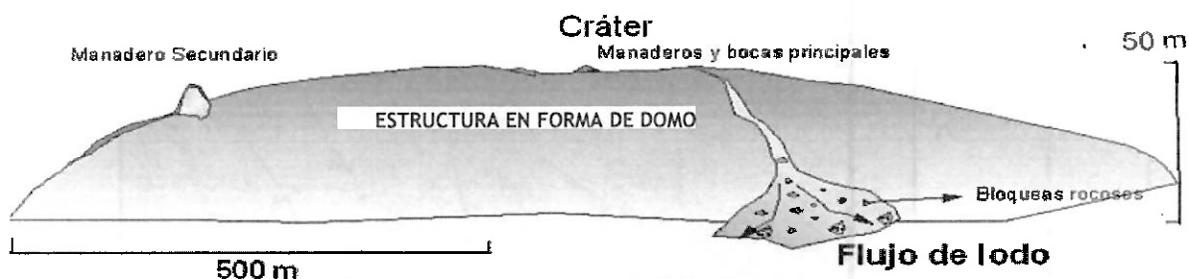
**MARCO TEÓRICO:**

Los diapiros son una masa de limos de sal o de lodo, y gases (metano, butano, propano y bajos niveles de CO<sub>2</sub>) que escapan a la superficie a través de sistemas de fallas, o de las rocas rompiéndolas, migrando desde zonas de grandes presiones a zonas de bajas presiones, y posteriormente expulsados hacia la superficie a través de "bocas" o manaderos de lodos y gases, y/o formando "bulbos" o "Domos diapíricos" Este proceso es de común ocurrencia en márgenes continentales convergentes del Cenozoico, hacia donde se han desplazado numerosos sedimentos por el proceso cinemático de diapirismo de lodo, favorecido por la tectónica de placas, cuyos materiales se caracterizan por su pobre consolidación y alto contenido de gases..

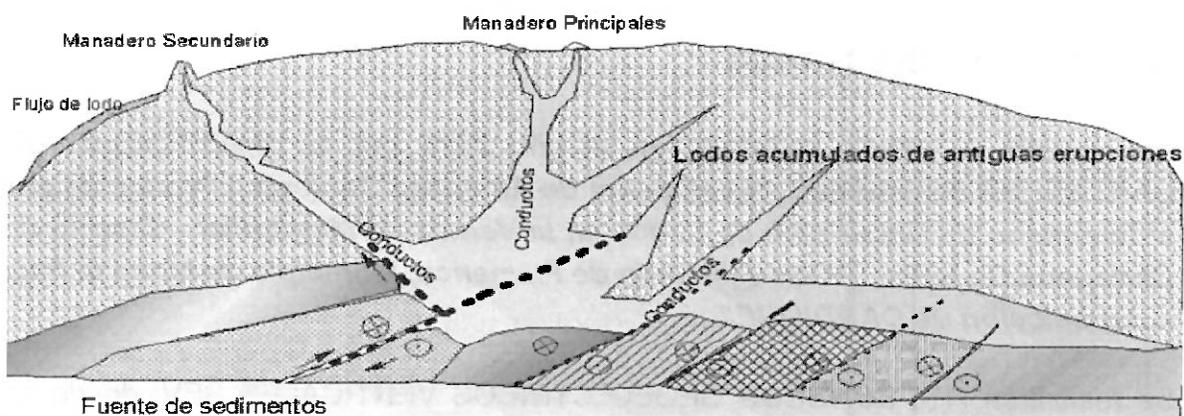
En Colombia, este fenómeno es característico del cinturón del Sinú, en el Caribe (Duque-Caro, 1979, 1984; Vernet, 1985; Vernet *et al.*, 1988; Carvajal 1996, 2002), el cual involucra no solo la costa atlántica entre Barranquilla y el golfo de Urabá, sino que forma parte de un prisma diapírico extendido por Centroamérica, desde Panamá hasta Trinidad y Tobago, como resultado de procesos de acrecimiento del terreno a causa de la tectónica convergente de placas (Duque-Caro, 1984 y 1998; Vernet, 1985; Vernet *et al.*, 1988). En ese sentido, no es descabellado indicar que la evolución del Caribe colombiano está ligada a la historia geológica de acumulación de sedimentos y de deformación, asociada con la interacción tectónica convergente de las placas Caribe, norte de Suramérica y de Nazca.

El Volcanismo de lodos presentado en la vereda de MEMBRILLAL ubicada al Sur Este de Cartagena y proyectada para el desarrollo agroindustrial, está asociado a la denominada FALLA INVERSA DE PASACABALLO, que hace parte de la estructura geológica CINTURÓN DEL SINÚ o BLOQUE TECTÓNICO DE TURBACO. (Fuente: INGEOMINAS).

Este fenómeno puede llegar a afectar las cimentaciones y estructuras de las edificaciones o viviendas ubicadas dentro de su radio de influencia, causando



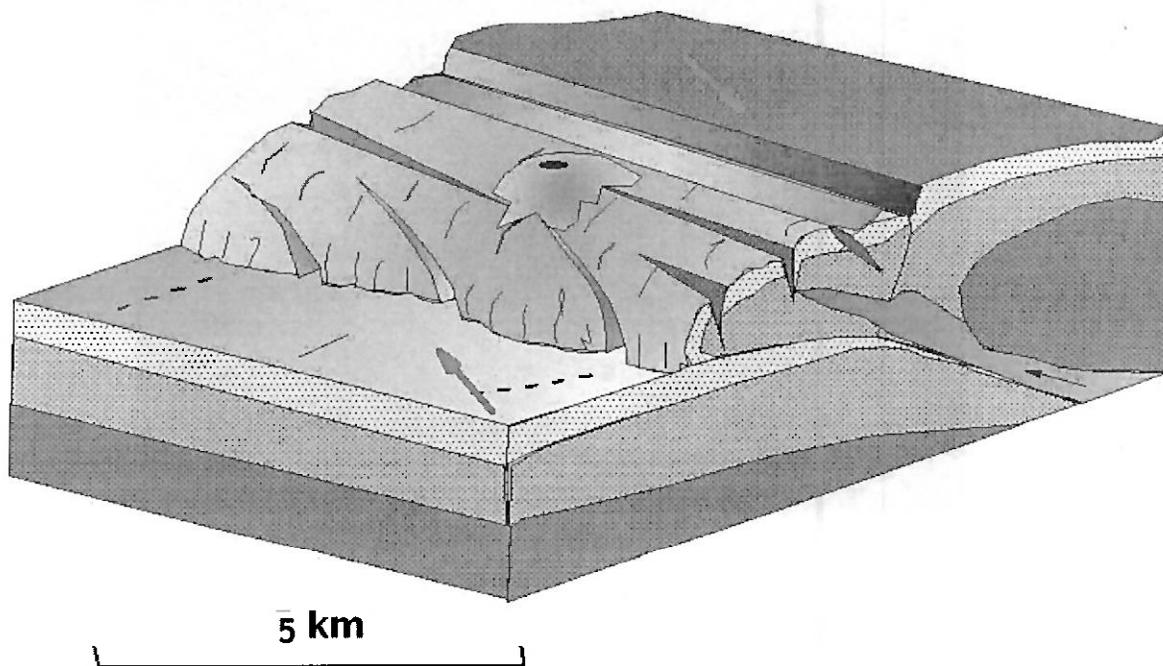
**Estructura en forma de domo**



hundimientos, levantamientos y emanaciones de lodos que podrían causar pérdidas de vidas debido a la explosión de gases.

Perfil esquemático general de un volcán de lodo, en superficie y en profundidad.

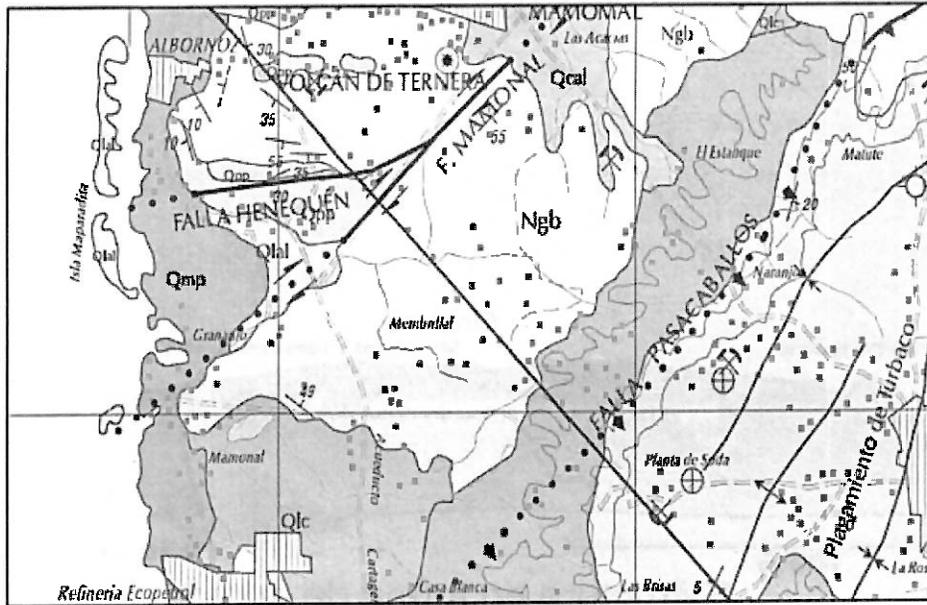
Fuente: F. H. Carvajal. Servicio geológico colombiano (SGC)



Modelo esquemático de emplazamiento de los volcanes de lodo en sierras y lomos de presión generados por transpresión en el Caribe central colombiano.

Fuente: Autor F. H. Carvajal (2015). Servicio geológico colombiano (SGC)

Figura 21. Geología de Membrillal.



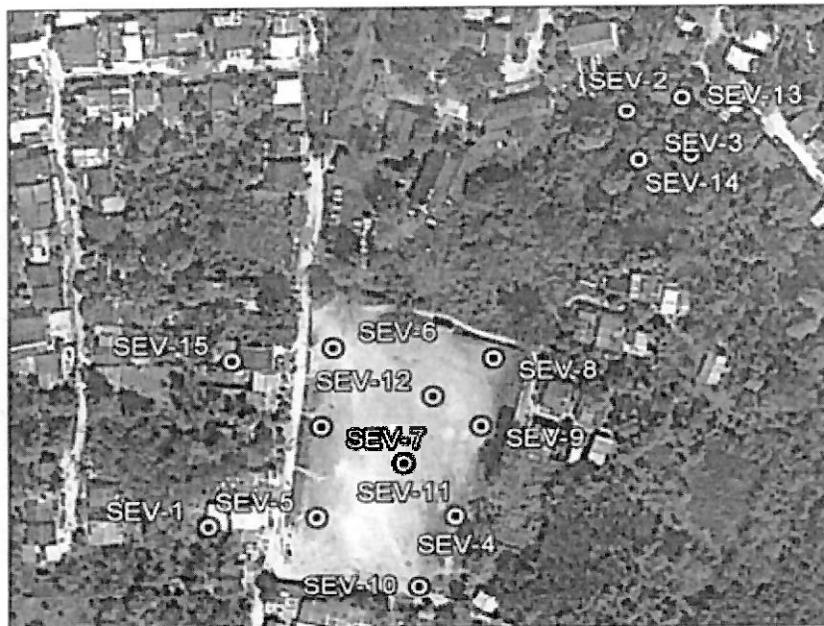
Fuente: INGEOMINAS 2001

**SONDEOS GEO ELÉCTRICOS:**

De acuerdo a estudio realizado en el año 2015 por la UNIVERSIDAD DE CARTAGENA denominado: *“Evaluación de Amenaza Geológica Producida por el fenómeno de Diapirismo de Lodos en la Vereda de Membrillal – Distrito de Cartagena De Indias y Corregimiento de Flamenco, Municipio de María la Baja – Jurisdicción de CARDIQUE”*.

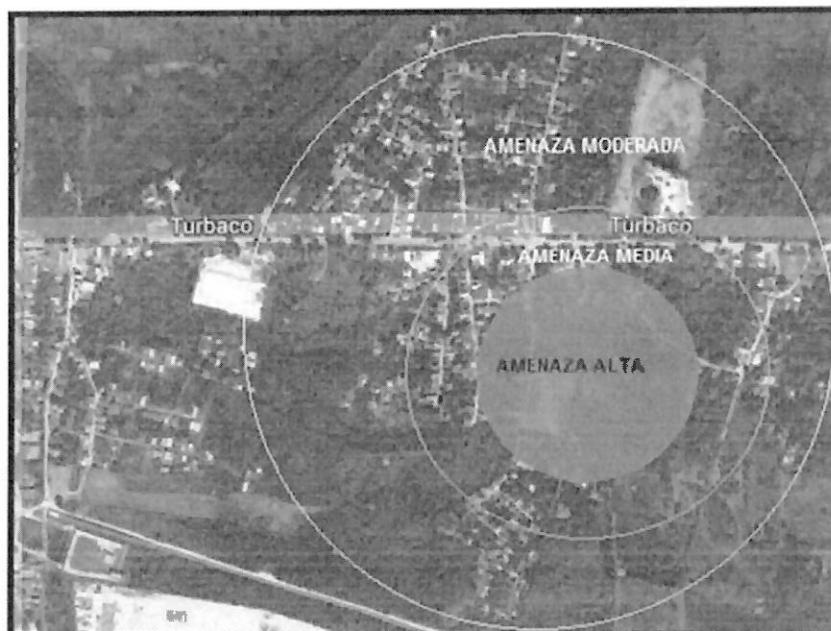
Se realizaron (15) SONDEOS GEOELÉCTRICOS VERTICALES SEV, donde se identifica a la zona de ubicación de la **cancha de fútbol y sus alrededores** como ZONA DE MÁXIMO RIESGO DE AFECTACIONES POR EL DIAPIRISMO DE LODOS.

Figura 47. Sondeos geo-eléctricos verticales en Membrillal



## RADIO DE ACCIÓN DE ÁREAS CON POTENCIAL AMENAZA POR DIAPIRISMO DE LODOS EN MEMBRILLAL:

Figura 68. Plano de Amenaza Potencial de Membrillal



### Fuentes:

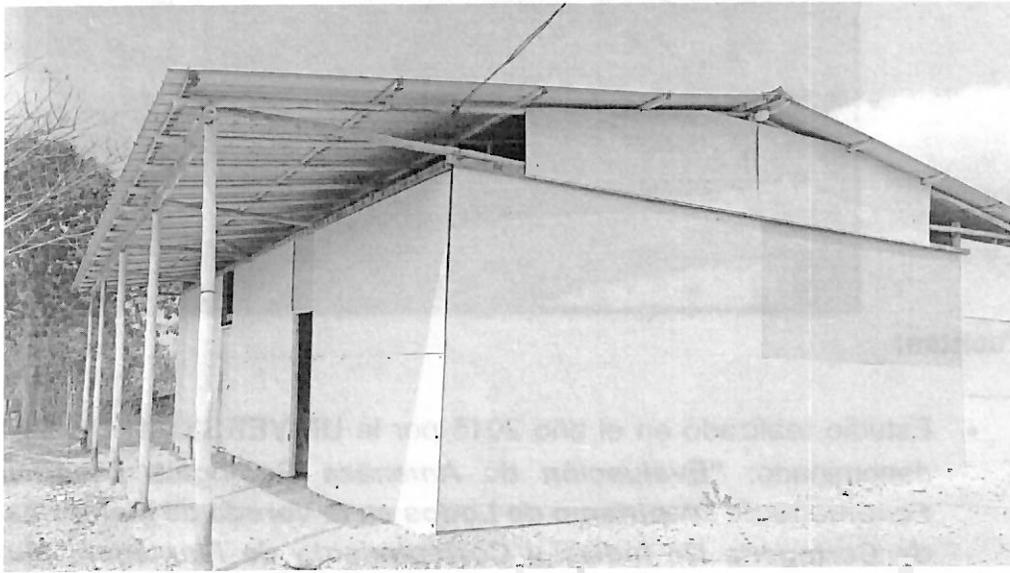
- Estudio realizado en el año 2015 por la **UNIVERSIDAD DE CARTAGENA** denominado: **“Evaluación de Amenaza Geológica producida por el Fenómeno de Diapirismo de Lodos en la Vereda de Membrillal – Distrito de Cartagena De Indias y Corregimiento de Flamenco, Municipio de María la Baja – Jurisdicción de CARDIQUE 2015”**.
- **INVESTIGACIÓN DEL DIAPIRISMO DE LODO Y EVOLUCIÓN COSTERA DEL CARIBE COLOMBIANO. (INGEOMINAS 2010)**

### INSPECCIÓN TÉCNICA:

#### DIAPIRISMO DE LODOS IDENTIFICADO EN MEMBRILLAL:

- Con el acompañamiento de la señora María Osorio Palomino combas del sector, se realiza recorrido de monitoreo en las viviendas y sectores del centro poblado que han evidenciado manifestaciones de diapiros y de afectaciones por movimientos del terreno, tales como, elevación del terreno, fracturas y grietas en las estructuras de las viviendas, se observa que se mantienen las mismas afectaciones estructurales en los cimientos de las viviendas que se identificaron y se caracterizaron en informes anteriores, referenciados en los antecedentes.
- Las evidencias encontradas son las siguientes:
  - Emanación de fluidos aceitosos con presencia de burbujas de aire.
  - Desplazamiento y/o levantamiento de estructuras de concreto tales como cimentaciones y pisos de viviendas, posas sépticas etc.

- Levantamiento de terreno natural cerca de la zona del Domo de diapirismo en la calle de Las Flores.
- Emanación de material grisáceo o diapiros tipo lodo en Calle de Las Flores.
- Se han seguido presentando cortos circuitos debido al movimiento de la tierra trasladado a los postes eléctricos.
- Se siguen observando nuevas ampliaciones a construcciones en la zona de riesgo.
- Se evidenció nueva construcción de vivienda a pesar de tener el conocimiento y el peligro que representa la falla geológica que se evidencia en el sector.



- Se monitorea poste de ubicación donde se instaló equipo de SAT – Sistema de alertas tempranas. Y se realizan pruebas de funcionamiento desde la central ubicada en las oficinas de la O.A.G.R.D.

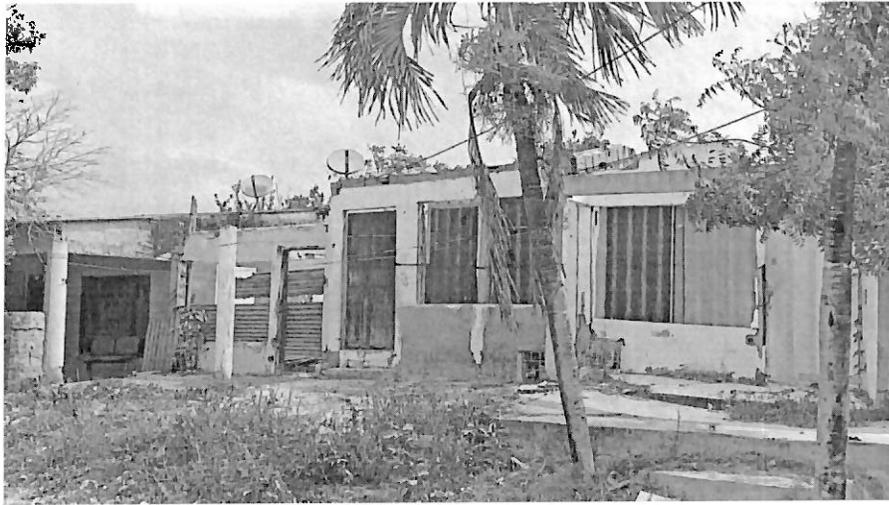






Ubicación de las viviendas y sectores inspeccionados

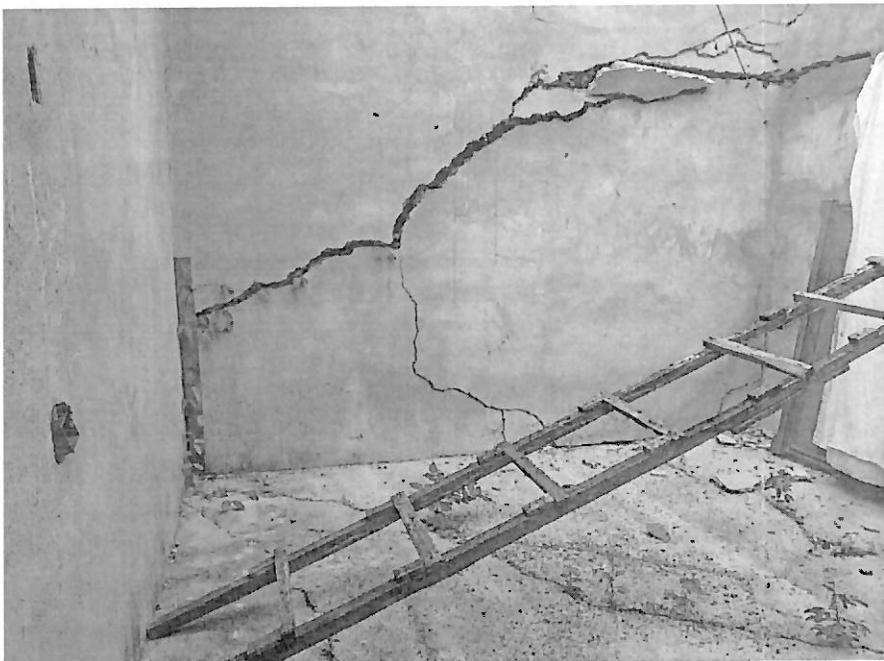
**VIVIENDAS INSPECCIONADAS:**



**Viviendas evacuadas por afectaciones estructurales graves**



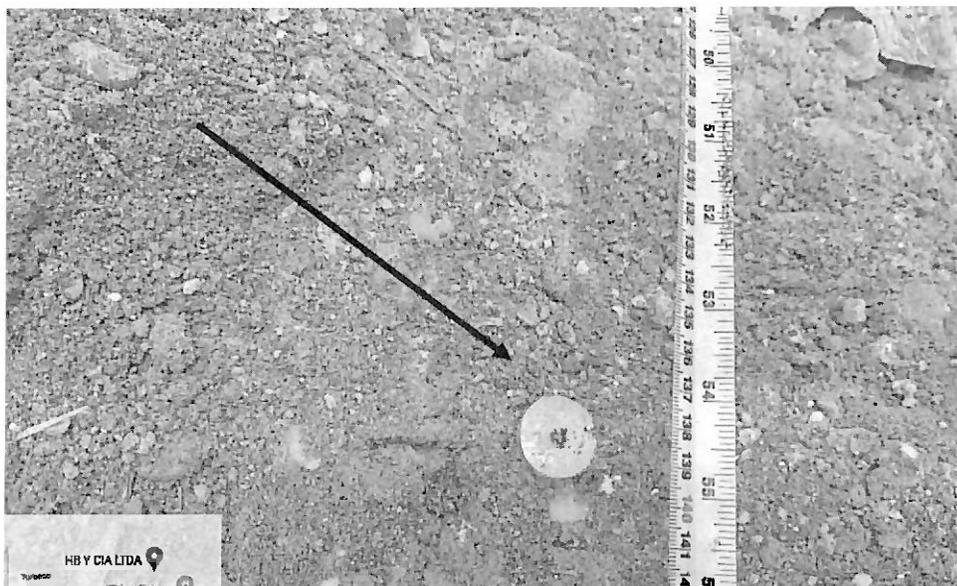
**Levantamiento de plantilla de piso en terraza de vivienda Calle Las Flores**



**Fracturas y grietas en muros de vivienda evacuada ubicada al lado del hallazgo del diapiro por INGEOMINAS año 2012**



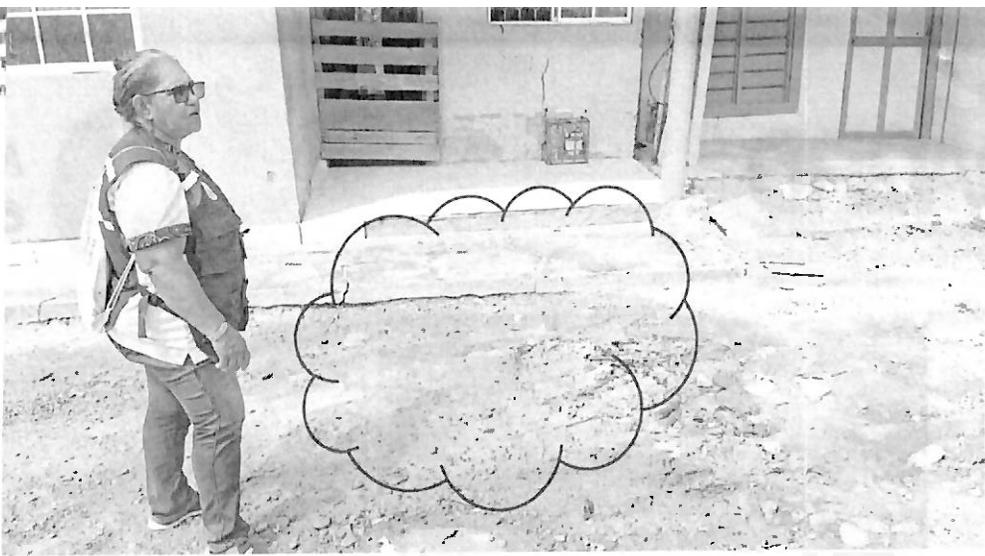
Inspección de la zona de Domo de Diapirismo señal de prevención requiere cambio



Ubicación de varilla instalada por INGEOMINAS año 2012 para seguimiento del movimiento del diapiro



Nuevo punto y presencia de arcillas expansivas y fluidos



**Emanación de fluidos grisáceos cerca al diapiro encontrado año 2012**

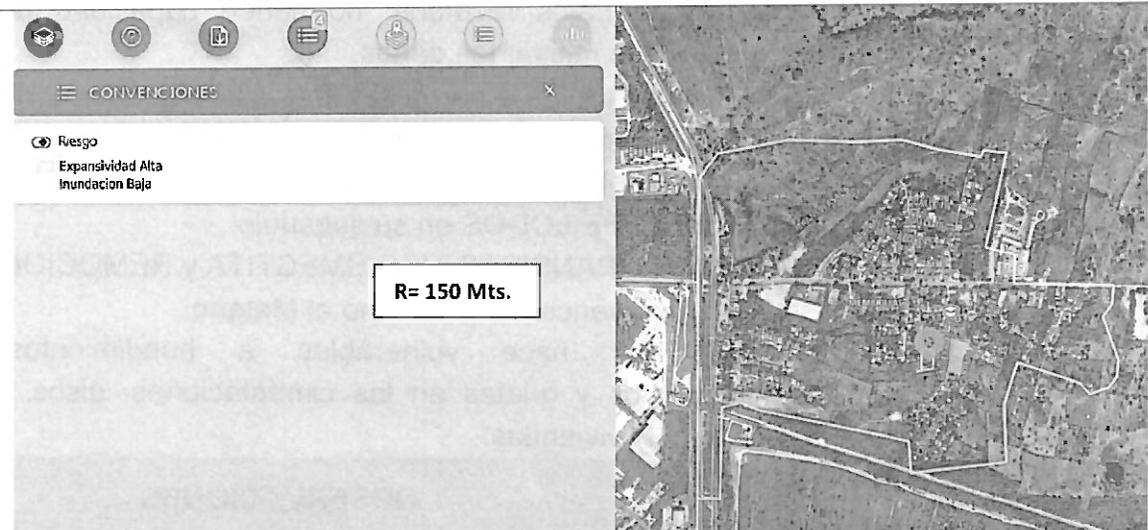


**Otra ubicación de emanación de fluidos acuosos**



**Emanación de agua con afloración de burbujas y presencia de arcillas expansivas**

**RIESGO POT MEMBRILLAL:**



**Expansividad Alta**

**Inundación Baja**

**NOTA: MIDAS V3 No presenta capa que identifique Riesgos por Diapirismo en Membrillal.**

**DIAPIRISMO DE LODOS, y ESPANSIVIDAD ALTA (100%)**

**Características de las viviendas en Membrillal:**

**EN MEMBRILLAL:**

Viviendas de (1) piso, de muros de mampostería, retales de madera y cubiertas de zinc o fibro cemento.

La mayoría no cuentan con refuerzos estructurales y de precarios procesos constructivos, con grietas profundas en sus pisos, cimentaciones y muros a causa del Diapirismo.

**IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS:**

Hay que recordar que según el Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena de Indias (Decreto 0977 de 2001) Son áreas de riesgo aquellas en las que ocurren o pueden ocurrir fenómenos naturales con capacidad de generar emergencias, desastres o eventos catastróficos en asentamientos humanos establecidos o que pudieran ser ocupados, o que debido a acciones. Antrópicas puedan originar la Alteración de las condiciones naturales que propicien el desarrollo de eventos que impliquen probabilidad de daño a la salud y/o los bienes de las personas de los asentamientos allí ubicados.

De conformidad con la citada definición, técnicamente, la condición del riesgo en el asentamiento humano puede percibirse estrechamente coligada a los siguientes factores:

Fenómenos o Agentes Amenazantes						
Inundación		Subsidencia	X	Condiciones de Salinidad	Actividad Volcánica	X
Remoción en masa	X	Tecnológico		Incendio Estructural	Expansividad	X
Inundación y Remoción		Tsunami		Incendio Forestal	Sísmico	
Erosión Costera		Lluvia		Saneamiento	Deslizamiento	X

**Fenómenos o Agentes Amenazantes**

de indias

Riesgo Biológico	Riesgo Agroquímico	Afectación Estructural	X	Diapirismo de Lodos	X
VULNERABILIDAD		OBSERVACIONES			
Social		Los habitantes de la Vereda de MEMBRILLAL son vulnerables de sufrir afectaciones en sus viviendas por efectos del DIAPIRISMO DE LODO, ya que por ser personas de bajos recursos, no tienen capacidad de respuesta para mitigar los daños.			
Física		Familias vulnerables a ser destruidas sus viviendas y de sufrir afectaciones en su integridad física, por encontrarse emplazadas sobre un volcán de lodo.			
Natural		DIAPIRISMO DE LODOS en su subsuelo. ARCILLAS EXPANSIVAS TIPO SMECTITA y REMOCION EN MASA presencia de gas como el Metano. Lo que los hace vulnerables a hundimientos, levantamientos y grietas en las cimentaciones, pisos y muros de sus viviendas.			
RIESGO	CATEGORIZACIÓN (ALTO-MEDIO-BAJO)	OBSERVACIONES			
Natural	ALTO	DIAPIRISMO DE LODOS, ARCILLAS EXPANSIVAS Y REMOSION EN MASA,			
Físico	ALTO	Riesgo de colapso total de sus vivienda y afectaciones en la integridad física de las personas.			
Social	ALTO	Riesgo de no poder desalojar o mitigar la amenaza debido a sus bajos recursos económicos.			

**CONCLUSIONES:**

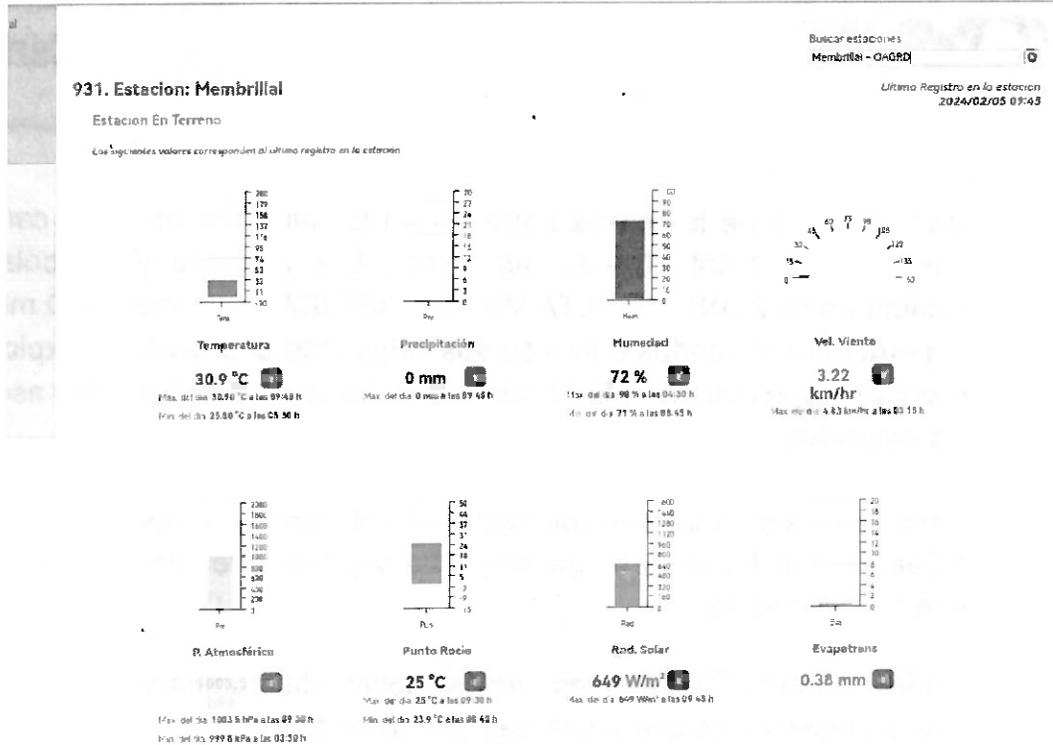
- Con la presencia del comba de la zona se constataron las manifestaciones del fenómeno de Diapirismo de lodos, tales como la emanación de fluidos aceitosos y acuosos con presencia de burbujas de aire y/o gases (metano), emanación de fluidos grisáceos o diapiros, el levantamiento de estructuras en concreto, la deformación del terreno natural, las fracturas en las estructuras de las viviendas, entre otros, confirman los moradores de la zona que se está activando y expandiendo el fenómeno del Diapirismo, acentuado por la densificación urbanística del área del centro poblado en la vereda de MEMBRILLAL en los sectores comprendidos en la Calle Las Flores, Sta Clara, Los Jardines, El bolsillo, zona de la cancha y al oriente entrando por la vía principal de Membrillal I.E. San Francisco de Asís y cementerio de Membrillal.  
La última manifestación de diapiros ocurrió en el año 2012 en la casa del señor Oscar Teherán, con presencia evidente en la zona de la cancha del centro poblado Membrillal.
- Por estar el centro poblado emplazado sobre terreno afectado por el fenómeno de DIAPIRISMO DE LODOS en etapa de activación, continúa la amenaza sobre el centro poblado en general, con riesgo de colapso a las cimentaciones, estructuras y muros de las viviendas, que tienen que ser evacuadas ante las graves afectaciones que sufren las estructuras quedando inhabilitadas para seguir ocupadas.

- Los habitantes de las casas ubicadas en los alrededores de la cancha de fútbol, Calles: Santa Clara, Las Flórez, Los Jardines y “El bolsillo” se encuentran en ZONA DE ALTA VULNERABILIDAD (amenaza NO mitigable) de perder sus viviendas e incluso sus vidas ante una eventual explosión de gases y lodo, provocada por el volcán de lodos sobre el cual están asentadas sus viviendas.
- Continúan las emanaciones de lodo frente al domo de Diapirismo ubicado en la Calle de Las Flores, y de gases y/o burbujas de aire atrapado al final de la calle de Las Flores.
- A la fecha siete (07) viviendas han desalojado de manera voluntaria ante las graves afectaciones que presentan sus viviendas.
- La lista actualizada de viviendas caracterizadas en la vereda de Membrillal por riesgo de Diapirismo de lodos asciende a (65) Viviendas (Ver lista anexa a este informe)
- El suelo de MEMBRILLAL también presenta riesgos de EXPANSIVIDAD ALTA y REMOCION EN MASA.
- El movimiento del suelo debido al diapirismo en Membrillal continúa generando cortos circuitos en los postes eléctricos, al hacer contacto los cables debido al movimiento, tal como se informó en informe: INF-GCR-781-22.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda la creación de alianzas estratégicas con entidades de orden local y nacional para realizar los estudios detallados del fenómeno del diapirismo para determinar con precisión el grado de amenaza con el fin de determinar el uso de suelo o tratamiento que se debe dar a la extensión de terreno donde se asienta el centro poblado de la vereda de Membrillal.
- Se recomienda al **SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO S.G.C.** Realizar CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA DE DETALLE EN MEMBRILLAL.
- Se instaló un sistema de alertas tempranas que mide temperatura, precipitación, humedad, velocidad del viento, presión atmosférica, punto rocío, radiación solar, evapotrans y cámara de inspección, se requiere un sistema de alerta temprana geológica con sensores de detección de actividad volcánica con la sensibilidad requerida, en combinación con un sistema de alerta comunitario que involucra a la comunidad preparada para comunicar las alertas, siendo este por consiguiente un sistema de alerta temprana mixto.

Cuadro informativo Alertas Tempranas:



- Se recomienda el desalojo voluntario, toda vez que el fenómeno de DIAPIRISMO está identificado en la Vereda de MEMBRILLAL, desde hace más de 20 años, con estudios de INVEMAR, UNIVERSIDAD DE CARTAGENA, SISTEMA GEOLOGICO COLOMBIANO S.G.C, en virtud al principio de precaución y prevención establecido en la ley 1523 de 2012 que señala al proceso de Gestión de Riesgo, como un proceso social con responsabilidad de todos.
- Se recomienda a SECRETARIA DE PLANEACION DISTRITAL la actualización de los estudios básicos del ordenamiento territorial para incluir en el mapa interactivo de capas de riesgos del Distrito MIDAS V3, el fenómeno de DIAPIRISMO DE LODOS como fenómeno amenazante de origen natural determinante para establecer el uso de suelo y/o tratamiento de la extensión de terreno de la vereda de Membrillal y El Rodeo, este último, en virtud a la sentencia 149 de 2018.
- Se recomienda a CORVIVIENDA realizar los estudios sociales tendientes a cuantificar una solución de reubicación de las familias afectadas por el fenómeno de DIAPIRISMO DE LODOS en la Vereda de MEMBRILLAL, y su posterior ejecución.
- Se recomienda la declaratoria de **ZONA DE ALTO RIESGO POR DIAPIRISMO DE LODOS** en la Vereda de Membrillal, demarcando y señalizando para avisar de riesgo latente en el sector.
- Se recomienda a la empresa la SECRETARIA DEL INTERIOR solicitar a SURTIGAS, AGUAS DE CARTAGENA Y AFINIA revisar el estado actual y cumplimiento de las normas establecidas en el territorio nacional, RETIE y RETILAP de las líneas de distribución de energía eléctrica de la calle de Las Flores en MEMBRILLAL, ya que estas han presentado cortos circuitos

producidos por el movimiento del suelo y por ende de los postes, originado por el fenómeno de Diapirismo.

- Se recomienda a la SECRETARIA DEL INTERIOR y/o INSPECCION DE POLICIA UCG ZONA RURAL en uso de sus facultades institucionales hacer control de las nuevas construcciones ilegales que se vienen presentando en la zona de ALTO RIESGO DE DIAPIRISMO en la vereda de MENBRILLAL.
- Se recomienda a la Alcaldía Menor de la Localidad 3 Industrial y de la Bahía, priorizar esta comunidad dentro de su plan de desarrollo con el fin de incluir reserva presupuestal que respalde este traslado y reubicación de toda la población afectada.

### MARCO JURÍDICO APLICABLE AL PRESENTE CASO

El Marco Jurídico que reglamenta a la **Oficina Asesora para la Gestión de Riesgo y Desastres** se encuentra reseñado en la Ley 1523 de 2012, en igual sentido señaladas en el Acuerdo 001 del 2016, cuando en ellas se indica que nuestra cobertura funcional ocupa el rol de **asesorar, coordinar, articular, asistir, promover y gestionar** con las demás dependencias y Entidades de la Alcaldía, al igual que con los entes Departamentales, Nacionales y empresas privadas, en los factores de riesgo, calamidad, desastres que en ella se presenten, bajo los lineamientos estratégicos misionales de conocimiento, reducción y manejo del riesgo con que se actúan.

De lo anterior se tiene, que los temas relacionados con el desarrollo e implementación de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y las competencias institucionales se adoptan mediante la Ley 1523 de 2012 y se estableció el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres — SNGRD, definido éste como “el conjunto de Instituciones públicas, privadas y comunitarias, de políticas, norma”, procesos, recursos, planes, estrategias, instrumentos, mecanismos, así como, la información atinente a la temática, que se aplica de manera organizada para garantizar la gestión del riesgo en el país y tiene como objetivo llevar a cabo el proceso social de la gestión del riesgo con el propósito de ofrecer protección a la población en el territorio colombiano, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible, y dentro de sus objetivos específicos se encuentra la preparación para la respuesta frente a desastres mediante la organización, sistema de alerta, capacitación, equipamiento y entrenamiento entre otros.”

De acuerdo a lo establecido en la Ley 1523 de 2012, la Gestión del Riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población., **desde esta órbita misional se brinda respuesta a cada uno de los requerimientos que sean de la competencia de nuestra Oficina Asesora.**

Así mismo, se deberá tener en cuenta lo preceptuado en el Parágrafo 2°. Del artículo 1°, el cual reza lo siguiente: **Para todos los efectos legales, la gestión del riesgo incorpora lo que hasta ahora se ha denominado en normas anteriores prevención, atención y recuperación de desastres, manejo de emergencias y reducción de riesgos**



- **Principio de igualdad:** Todas las personas naturales tendrán la misma ayuda y el mismo trato al momento de atenderseles con ayuda humanitaria, en las situaciones de desastre y peligro que desarrolla esta ley.
- **Principio de protección:** Los residentes en Colombia deben ser protegidos por las autoridades en su vida e integridad física y mental, en sus bienes y en sus derechos colectivos a la seguridad, la tranquilidad y la salubridad públicas y a gozar de un ambiente sano, frente a posibles desastres o fenómenos peligrosos que amenacen o infieran daño a los valores enunciados.
- **Principio de autoconservación:** Toda persona natural o jurídica, bien sea de derecho público o privado, tiene el deber de adoptar las medidas necesarias para una adecuada gestión del riesgo en su ámbito personal y funcional, con miras a salvaguardarse, que es condición necesaria para el ejercicio de la solidaridad social.
- **Principio de precaución:** Cuando exista la posibilidad de daños graves o irreversibles a las vidas, a los bienes y derechos de las personas, a las instituciones y a los ecosistemas como resultado de la materialización del riesgo en desastre, las autoridades y los particulares aplicarán el principio de precaución en virtud del cual la falta de certeza científica absoluta no será óbice para adoptar medidas encaminadas a prevenir, mitigar la situación de riesgo.

Se deja constancia en el presente informe que la **Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres** según las funciones propias de su competencia, realiza **Revisión Técnica de Análisis por Amenaza** teniendo en cuenta los factores de riesgo, calamidad y desastres que en el Distrito de Cartagena se presenten, bajo los lineamientos estratégicos misionales de conocimiento, reducción y manejo del riesgo, es responsabilidad de las Entidades Públicas, Privadas, Particulares y la Comunidad de realizar los estudios, informes y acciones especializadas para mitigar los riesgos que se presenten o para las acciones a tomar por calamidad y desastre, luego de las conclusiones tomadas en la presente inspección técnica, sin perjuicio de las acciones constitucionales que competen a cada organismo del orden central y descentralizado del Estado.

#### LEY 1523 DE 2012

**Artículo 2°.** De la responsabilidad. La gestión del riesgo es responsabilidad de todas las autoridades y de los habitantes del territorio colombiano.

En cumplimiento de esta responsabilidad, las entidades públicas, privadas y comunitarias desarrollarán y ejecutarán los procesos de gestión del riesgo, entiéndase: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, en el marco de sus competencias, su ámbito de actuación y su jurisdicción, como componentes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

Por su parte, los habitantes del territorio nacional, corresponsables de la gestión del riesgo, actuarán con precaución, solidaridad, autoprotección, tanto en lo personal como en lo de sus bienes, y acatarán lo dispuesto por las autoridades.

#### LEY 1755 DE 2015

De acuerdo con lo anterior y en observancia a sus competencias, le remito la mencionada petición con fundamento en lo dispuesto por la ley 1755 de 2015, la cual en su artículo 1 reza lo siguiente:

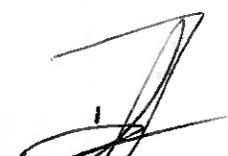
“Si la autoridad a quien se dirige la petición no es la competente, se informará de inmediato al interesado si este actúa verbalmente, o dentro de los cinco (5) días siguientes al de la recepción, si obró por escrito. Dentro del término señalado remitirá la petición al competente y enviará copia del oficio remititorio al peticionario o en caso de no existir funcionario competente así se lo comunicará. Los términos para decidir o responder se contarán a partir del día siguiente a la recepción de la Petición por la autoridad competente.”

**ENTIDADES PARA REMITIR:**

<b>ALCALDIA LOCAL 3 INDUSTRIAL Y DE LA BAHÍA</b>	Para su conocimiento.
<b>SECRETARÍA DEL INTERIOR y/o INSPECCION DE POLICIA UCG: RURAL</b>	Para su conocimiento y acciones.
<b>SECRETARIA INFRAESTRUCTURA</b>	Para su conocimiento.
<b>SECRETARÍA DE PLANEACIÓN DISTRITAL</b>	Para su conocimiento y acciones
<b>SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC)</b>	Para su conocimiento y acciones
<b>CORVIVIENDA</b>	Para su conocimiento y acciones
<b>MINISTERIO DE VIVIENDA</b>	Para su conocimiento y acciones

Atentamente,

  
**ALEXANDER OCHOA VILLAMIL**  
Arquitecto Asesor ext. OARGD

  
**DAIRO NARVAES LICONA**  
Ingeniero Ambiental O.A.G.R.D.

Elaboró: Alexander Ochoa Villamil - Área Conocimiento  
Revisó: Nayiber Martelo Berrio - Área Conocimiento  
VoBo: Hostelman Gaviria Ramírez - Área Conocimiento

A.O.V.  




**ANEXOS:**

**REGISTRO FOTOGRAFICO**



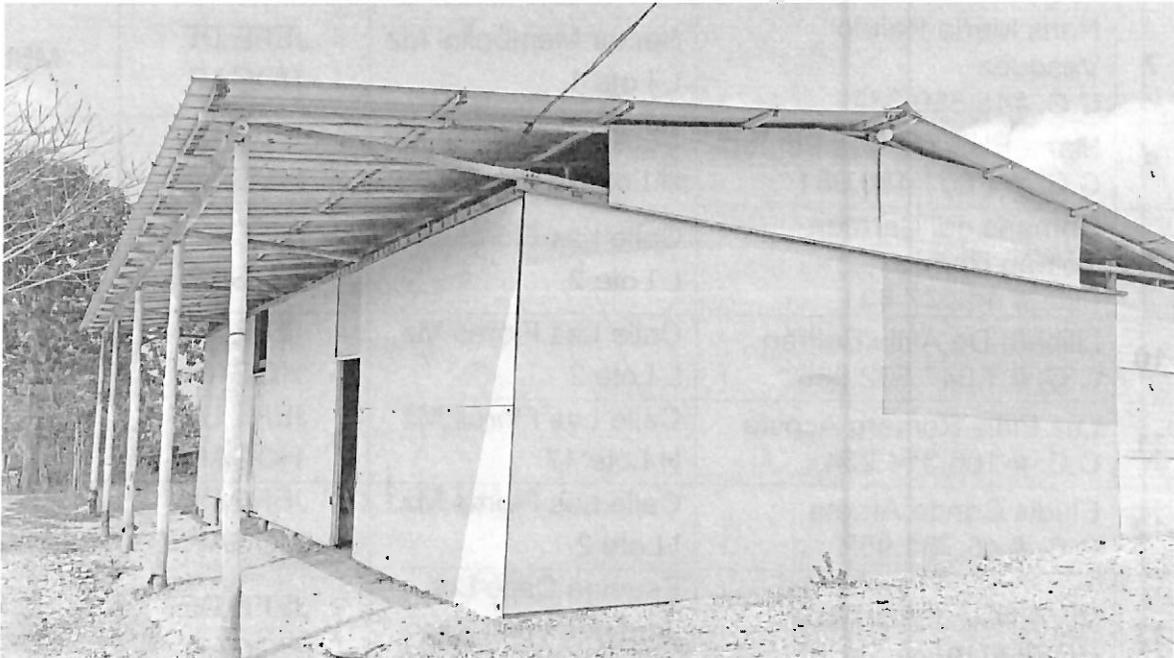
**Visita y recorrido de monitoreo y seguimiento en Membrillal**



**Sistema de alertas tempranas instalado**



A pesar de las advertencias y alertas emitidas se evidencia construcción de nuevas viviendas en zona de influencia del fenómeno de diapirismo.



**¡ADVERTENCIA!**



**ZONA EN RIESGO POR  
DIAPIRISMO DE LODO**

**EN CASO DE ERUPCIÓN DE LODO  
O CAMBIOS EN EL TERRENO,  
INFORME A LAS AUTORIDADES**

Nuevo aviso a instalar a manera de prevención  
Inspección técnica OAGRD en Membrillal



**CONSOLIDADO ACTUALIZADO DE FAMILIAS CARACTERIZADAS EN MEMBRILLAL HASTA LA FECHA DE ESTE INFORME DEBIDO A AFECTACIONES POR DIAPIRISMO:**

Nº	NOMBRE COMPLETO Y CÉDULA	DIRECCIÓN:	PARENTESCO	CÓDIGO
1	Benigno Rafael Conde Arrieta C.C. # 73.126.905	Calle Las Flores Mz I Lote 2	JEFE DE HOGAR	MBL-1
2	Amabil Rosa Manjarrez Liñán C.C. #22.787.877	Calle Las Flores Mz I Lote 1b	JEFE DE HOGAR	MBL-2
3	Sergio Andrés Castillo Pelufo C.C. #1.047.502.986	Calle Las Flores Mz I Lote 1	JEFE DE HOGAR	MBL-3
4	Omaira Parra Flórez C.C. #22.800.530	Calle Las Flores Mz H Lote 15	JEFE DE HOGAR	MBL-4
5	Jesús Eduardo Jiménez Gómez C.C. # 9.295.940	Calle Las Flores Mz 2 Lote 32	JEFE DE HOGAR	MBL-5
6	Marta Icela Gutiérrez Andrade C.C. # 45.580.332	Calle Las Flores Mz H Lote 23	JEFE DE HOGAR	MBL-6
7	Noris María Pelufo Vásquez C.C. #45.580.332	Sector Membrillal Mz L Lote 1	JEFE DE HOGAR	MBL-7
8	Maria Elsis Garcés Benítez C.C. # 1.051.446.981	Sector Membrillal Mz H Lote 24	JEFE DE HOGAR	MBL-8
9	Damaris del Carmen Beltrán Rodríguez C.C. # 45.527.831	Calle Las Flores Mz L Lote 2	JEFE DE HOGAR	MBL-9
10	Lilibeth De Ávila Beltrán C.C. # 1.047.502.986	Calle Las Flores Mz L Lote 2	JEFE DE HOGAR	MBL-9
11	Luz Eidis Romero Acosta C.C. # 106.314.254	Calle Las Flores Mz H Lote 17	JEFE DE HOGAR	MBL-10
12	Eludis Conde Arrieta C.C. # 45.761.952	Calle Las Flores Mz I Lote 2	JEFE DE HOGAR	MBL-11 M: 01
13	VIVIENDA HABITADA CERRADA	Esquina Calle Los Jardines con Calle los Laureles	JEFE DE HOGAR	MBL-12
14	Nelly María Tuiran Osorio C.C. # 45.767.805	Mz OL Lote 3	JEFE DE HOGAR	MBL-13
15	Mirleidis Conde Arrieta C.C. # 45.546.642	Mz I Lote 2	JEFE DE HOGAR	MBL-14
16	Miladis del Socorro Castro Sierra C.C. # 45.508.645	Calle Las Flores Mz H Lote 13	JEFE DE HOGAR	MBL-15
17	Oliver Antonio Posada Ramírez C.C. # 3.450.052	Calle Santa Clara Mz I Lote 21	JEFE DE HOGAR	MBL-16
18	William Oscar Arroyo Conde C.C. # 9.113.136	Calle los Laureles Mz G Lote 6	JEFE DE HOGAR	MBL-17

**OAGRD**

Alcaldía Mayor de

días

N°	NOMBRE COMPLETO Y CÉDULA	DIRECCIÓN:	PARENTESCO	CÓDIGO
19	Guarles Lan Herrera y Karen Sofía Arroyo Marín C.C. # 73.150.272	Calle los Jardines Mz G Lote 6a	JEFE DE HOGAR	MBL-18
20	Libardo José Arroyo Tobar C.C. # 92.187.363	Calle los Laureles Mz F Lote 11	JEFE DE HOGAR	MBL-20
21	Richard A. Conde Malo y Carmen Mercedes Vides García C.C. # 9.113.508	Sector Membrillar Mz F Lote 13	JEFE DE HOGAR	MBL-21
22	William Antonio Martínez Arroyo C.C. # 9.141.061	Calle Los Laureles	JEFE DE HOGAR	MBL-22
23	VIVIENDA HABITADA CERRADA	Calle de Las Flores	JEFE DE HOGAR	MBL-23
24	María Osorio Palomino C.C. # 26.027.467	Calle Las Flores Mz I Lote 3	JEFE DE HOGAR	MBL-24
25	Carmen Isabel Cantillo Hurtado C.C. # 1.007.198.979	Calle Las Flores Mz H Lote 17B	JEFE DE HOGAR	MBL-25 M: 03
26	José Miguel Blanco Fernández C.C. # 12.587.541	Mz I Lote 4	JEFE DE HOGAR	MBL-26
27	Bertilda del Carmen Narváez Bertel C.C. # 45.483.377	Calle los Jardines Mz G Lote 7	JEFE DE HOGAR	MBL-27
28	Ana Díaz Rodríguez C.C. # 28.469.813	Calle Santa Clara Mz I Lote 21	JEFE DE HOGAR	MBL-28
29	FRANCISCO IVÁN PARRA C.C.# 73.146.828	Calle Las Flores Mz H Lote 15B	JEFE DE HOGAR	M: 02
30	SANDRA PETRO AGAMEZ C.C.# 1.007.521.367	Calle de Las Laureles Mz H Lote B	JEFE DE HOGAR	M: 04
31	TERESA MANJARREZ DIAZ C.C.# 45.481.972	Calle los Jardines Mz C Lote 9	JEFE DE HOGAR	M: 05
32	CESAR VICENTE VIDES FONSECA C.C.# 12.591.026	Calle Castellar Sector El Campo Mz N Lote 7 Apto 202	JEFE DE HOGAR	M: 06
33	MARTHA DIAZ MARTINEZ C.C.# 1.047.382.978	Calle de Silencio Mz O Lote 1	JEFE DE HOGAR	M: 07
34	ROSIRIS BELTRÁN TOVAR C.C. # 45.472.248	Calle Las Flórez M I Lote 6	JEFE DE HOGAR	MX-17
35	ROSA ISABEL TOVAR C.C. # 33.266.377	Calle Las Flórez M I Lote 6B	JEFE DE HOGAR	MX- 01
36	SOLEDAD CARRILLO CORREA C.C.# 45.472.248	Calle de Las Flórez Mz H Lote 9	JEFE DE HOGAR	MX-18
37	KELLY PACHECO NARVÁEZ C.C. # 45.527.769	Calle Los Jardines Mz G Lote 8	JEFE DE HOGAR	MX-02
38	ANGELA MARÍA TEJEDOR GUZMAN C.C. # 45.762.732	Calle los Jardines Mz F Lote 19	JEFE DE HOGAR	MX-16
39	FERMÍN RODRÍGUEZ TEJEDOR C.C.# 1.143.372.510	Calle Los Jardines Mz F Lote 19B -	JEFE DE HOGAR	SIN CODIGO



Nº	NOMBRE COMPLETO Y CÉDULA	DIRECCIÓN:	PARENTESCO	CÓDIGO
				(Lote desocupado)
40	MARÍA DEL CARMEN RODRÍGUEZ TEJEDOR C.C. # 1.047.407.827	Calle Los Jardines Mz F Lote 19C	JEFE DE HOGAR	MX-3
41	ARIEL YEPES GARCÍA C.C. # 12.505.560	Calle La Ceiba Mz G Lote 10ª	JEFE DE HOGAR	MX-25
42	LUIS EDUARDO CONTRERAS DÍAZ C.C.# 4.000.069	Calle La Ceiba Mz G Lote 10B	JEFE DE HOGAR	MX-26
43	MAXIMILIANO MANUEL CONTRERAS DÍAZ C.C. # 3.995.475	Calle La Ceiba Sector Villa Chiry	JEFE DE HOGAR	MX-9
44	MARÍA ENEDINA GRACIANO CORTEZ C.C.# 21.299.885	Calle Los Laureles Mz H Lote 1ª	JEFE DE HOGAR	MX-24
45	LUZ ESTELA MEJÍA GRACIANO C.C. # 45.552.349	Calle Los Laureles Mz H Lote 1B	JEFE DE HOGAR	MX-8
46	DIANA MARCELA OROZCO GARCÍA C.C. # 1.047.420.306	Calle Los Laureles Mz G Lote 4	JEFE DE HOGAR	MX-11
47	LIBARDO ANTONIO CONTRERAS DÍAZ C.C. # 4.000.066	Calle Los Laureles Mz H Lote 2	JEFE DE HOGAR	MX-23
48	JHOANA PATRICIA CONTRERAS MARTÍNEZ C.C. # 45.532.250	Calle Los Laureles Calle Mz H Lote 2A	JEFE DE HOGAR	MX-7
49	MARIELA VILLAR MORENO C.C. # 45.694.985	Sector el campo callejón Castelar Mz M Lote 2 Apto 3	JEFE DE HOGAR	MX-14
50	LINEY DEL CARMEN MARTÍNEZ OSORIO C.C. # 45.552.436	Sector El Campo callejón tesoro Mz J Lote 3	JEFE DE HOGAR	MX-13
51	FREDY MANUEL SEQUEDA NARVAEZ C.C. # 15.401.348	Calle Santa Clara sector El Campo Mz L Lote 6	JEFE DE HOGAR	MX-27
52	ANGELA DÍAZ MARTÍNEZ C.C.# 1.143.342.818	Calle Silencio Mz O Lote 1C Apto 3	JEFE DE HOGAR	MX-29
53	ANA MARIA MARTÍNEZ PADILLA C.C. # 33.336.537	Calle El Silencio Mz O Lote 1C Apto 3	JEFE DE HOGAR	MX-5
54	YULIS PÉREZ GILL C.C. # 32.939.489	Calle El Silencio Mz 1 Lote 4	JEFE DE HOGAR	MX-11
55	ANGELA GUERRERO RIVERA C.C. # 41.637.896	Calle El Silencio Mz O Lote 16	JEFE DE HOGAR	MX-19
56	HERLINDA LÓPEZ ALVAREZ C.C. # 45.520.408	Calle El Silencio Mz O Lote 12	JEFE DE HOGAR	MX-10
57	WILLIAM E. LÓPEZ ÁLVAREZ C.C. # 73.580.497	Calle El Silencio Mz O Lote 3	JEFE DE HOGAR	MX-21
58	LUZ KARIME GUARME C.C. # 1.047.392.425	Calle El Silencio Mz 1 Lote 3	JEFE DE HOGAR	MX-31



N°	NOMBRE COMPLETO Y CÉDULA	DIRECCIÓN:	PARENTESCO	CÓDIGO
59	CLARA SIMANCAS HEREDIA C.C. # 45.471.825	Calle El Silencio Mz O Lote 5	JEFE DE HOGAR	MX-30
60	MARCOS T. MARTÍNEZ HERRERA C.C. # 5.068.646	Calle El Silencio Mz Ñ Lote 3	JEFE DE HOGAR	MX-11
61	PAOLA DÍAZ MARTÍNEZ C.C. # 45.539.487	Calle El Silencio Mz O Lote 1B Apto 2	JEFE DE HOGAR	MX-10
62	MARTINA MARTÍNEZ JIMÉNEZ C.C. # 22.801.977	Calle El Silencio Mz O Lote 1	JEFE DE HOGAR	MX-4
63	GRACIELA MARTINEZ JIMENEZ C.C. #	Calle El Silencio Mz N Lote 7	JEFE DE HOGAR	MX-22
64	LIGIA ROSA OLIVERA ANAYA C.C. # 1.100.543.610		JEFE DE HOGAR	MX-
65	NELSON PEREZ ACOSTA CC #100200442	MANZANA N LOTE 2 APTO 101	JEFE DE HOGAR	--

**MESA DE TRABAJO CONVOCADA POR LA OFICINA ASESORA PARA LA GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES O.A.G.R.D. CON EL FIN DE TRATAR EL TEMA DE DIAPIRISMO EN LA VEREDA DE MEMBRILLAL EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS. MARZO 14 DE 2024.**

Participaron en la reunión: Alcaldesa Menor de la localidad 3 Industrial y de la Bahía, Secretaria de Infraestructura, Secretaria de Planeación, Junta acción comunal Membrillal, Comba de Membrillal, y demás habitantes del sector afectado por el fenómeno, Coordinador de la Institución Educativa San Francisco de Asis de Membrillal.

Se realiza una oración por parte de la señora María Osorio Palomino, comba del área y posteriormente manifiesta que el área de Membrillal esta zonificada en dos partes A y B por el fenómeno de diapiirismo de lodo, dice que el área A es la más afectada por el fenómeno con un 80%, donde existe el mayor número de casas con fractura miento tanto en paredes como en suelo, también manifiesta que la primera erupción presenciada en el área ocurrido fue en la casa del Sr. Oscar Teherán Tapias en el año 2012.

También manifiesta que hizo acompañamiento a los diferentes grupos que ha hecho estudios como la universidad de Cartagena, el Tecnológico Comfenalco y últimamente, el año pasado en el mes de agosto al Servicio Geológico Colombiano y el inventario y caracterización de las familias afectadas para un total de 65 nucleo familiares.

La Alcaldesa de la Localidad 3 Industrial y de la bahía manifiesta que inicialmente debe haber una delimitación del fenómeno (topografía), y le informara a la secretaria de infraestructura si puede hacer esta demarcación o limitación, para poder hacer la reubicación de las viviendas afectadas e invitar a Conviviendo en las próximas mesas de trabajo.

La Secretaria de Infraestructura, manifiesta que la demarcación se lleve a un levantamiento topográfico a detalle.

La arquitecta Sandra Bacca en representación de la Secretaria de Planeación manifiesta que los nuevos terrenos que se propongan para las nuevas viviendas de interés prioritario, deben contar con un enfoque étnico, cultural y rural por la emergencia que se está presentando, también dice que se identifiquen bien los predios para acabar con la especulación de ventas de los mismos y la re invasión de estos y poner los avisos de precaución de **ALTO RIESGO** por vulcanismo de lodo.

Los moradores del barrio Membrillal informan que el fenómeno cada día se está expandiendo más en el área y los cuales son percibidos por la aparición de nuevas bocas o emanaderos. También dicen que se evacuaron doce casas que se destruyeron por el fenómeno.

Posteriormente se efectuó un recorrido por el área afectada, comenzando por la Institución Educativa San Francisco de Asís en dirección de la cancha de fútbol y la calle de las Flores donde se observó en las diferentes casas las afectaciones por el fenómeno del vulcanismo de lodo, terminado el recorrido de reconocimiento se propone realizar una nueva mesa técnica que involucre a las dependencias participantes en esta y se incluya a Corvivienda, Cardique y a la empresa Ecopetrol.

#### REGISTRO FOTOGRAFICO:



MESA DE TRABAJO REALIZADA EL DIA 14 DE MARZO DE 2024



**ZONA DE AFECTACION EN VIVIENDAS**



**VIVIENDAS DESALOJADAS Y EVACUADAS**



LISTADO DE ASISTENCIA

REUNION ENTRE EL JUNTA DE ACCION COMUNAL, CONSEJO COMUNITARIO, COMUNIDAD DE MEMBRILLAL,  
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, OFICINA DE GESTION DE RIESGO, ALCALDIA MENOR LOCALIDAD 3.

FECHA: 14-03-2024 LUGAR: Sabán comunal membrillal

HORA DE INICIO: \_\_\_\_\_ HORA DE FINALIZACION: \_\_\_\_\_

NOMBRES Y APELLIDOS	CELULAR	ENTIDAD	FIRMA
Marta A. Contreras Martinez	3145284618	J.P.C. fiscal	[Firma]
Eider Lopez Campo	308075685	Consejo	[Firma]
Nelly Turrion Osorio	3137980470	Combas	[Firma]
Argelia Simanca Reyes	3107116142	Consejo	[Firma]
Isy Bibiana Jimenez	3122773068	Consejo	[Firma]
Miris Balleas	3136557284	Consejo	[Firma]
Doris Garcia Santofia	3013914867	Lider	[Firma]
Diana Olascuaga M.	3113230484	Lider	[Firma]
Miradas Conde A	312893672		[Firma]
Doris Condes	3105762082		[Firma]
Emelinda Sibbado M.	3017112461	Consejo elect	[Firma]
Martha Bibiana J.	3108714122	Comité Comunitario	[Firma]
Isabel del Carmen Jimenez	3706740471	OAGRD	[Firma]
SONIA OLGA PINEROS	3005278039	PUNTAQUE OBR	[Firma]
Rene Florez Blanco	3008707126	Planearqu. Di.	[Firma]
Yvelis Garrido Ochoa	3014078195	Alcaldia Log. 3	[Firma]
Jamir Hudson M.	3504631295	Infraestructura	[Firma]
ALEXANDER OCHOA VILLAMI	3126121847	OAGRD	ALEXANDER OCHOA
ALFREDO AMADOR MALATE	3008020955	OAGRD	[Firma]

SERVICIO  
GEOLÓGICO  
COLOMBIANO



**Informe de visita técnica a los volcanes de lodo Membrillal y El Rodeo, distrito  
de Cartagena**

**Colombia, departamento de Bolívar**

**Bogotá, D. C., agosto de 2023**



**COLOMBIA**  
POTENCIA DE LA  
**VIDA**

SERVICIO  
GEOLÓGICO  
COLOMBIANO



© Servicio Geológico Colombiano. (2023). Esta obra es distribuida bajo licencia Internacional Creative Commons Atribución/Reconocimiento 4.0



**Citación:** Carrillo E. (2023). Informe de visita técnica a los volcanes de lodo Membrillal y El Rodeo, distrito de Cartagena. Bogotá, D.C. Servicio Geológico Colombiano.

**Colaboración**  
José Henry Carvajal Perico - geólogo  
Dirección de Geociencias Básicas

**Autor**  
Edgar Joaquín Carrillo Lombana – geólogo

**Coordinadora Grupo de Evaluación de Amenaza y Riesgo Geológico**  
Nathalia María Contreras Vasquez

**Director técnico de Geoamenazas**  
John Makario Londoño Bonilla

**Director general**  
Julio Fierro Morales

© Servicio Geológico Colombiano



## Contenido

Resumen	2
Abstract	3
Introducción	4
1. Alcances y limitaciones del informe	4
2. Localización	5
3. Características geológicas	6
4. Características geomorfológicas	9
4.1. Domos de lodo Membrillal y El Rodeo	10
5. Recorrido por la zona de los volcanes de lodo Membrillal y El Rodeo	12
5.1. Análisis preliminar de condiciones de riesgo en los barrios Membrillal y El Rodeo	18
Conclusiones	20
Recomendaciones	21
Referencias	23

## Resumen

En mayo de 2023, la Procuraduría Provincial de Instrucción de Cartagena y la Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres (OAGRD) de la Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, solicitaron apoyo técnico al Servicio Geológico Colombiano para conceptualizar sobre la condición de riesgo del barrio Membrillal por el fenómeno de diapirismo de lodo.

En atención a esta solicitud, el Servicio Geológico Colombiano realizó un recorrido de monitoreo al barrio localizado en la Unidad Comunal de Gobierno No. 20 de la Localidad 3 Industrial y de Bahía, del distrito de Cartagena de Indias, con el fin de emitir el concepto técnico y hacer seguimiento a las afectaciones de los asentamientos humanos causadas por este tipo de proceso.

Según lo observado en la visita, tanto el volcán de Iodo Membrillal como El Rodeo presentan actividad de diapirismo de lodo, aunque más marcada en este último, pues en Membrillal solo se reconocieron manaderos de gas, manchas de aceite y agua.

### **Abstract**

In May 2023, the Provincial Prosecutor's Office of Instruction of Cartagena and the Advisory Office for Disaster Risk Management (OAGRD) of the Mayor's Office of Cartagena de Indias, requested technical support from the Colombian Geological Service to conceptualize the risk condition of the Membrillal neighborhood due to mud diapirism.

In response to this request, the Colombian Geological Service carried out a monitoring tour of the neighborhood located in the Community Government Unit No. 20 of Locality 3 Industrial and Bahía, in the district of Cartagena de Indias, to issue the technical concept and monitor the effects of human settlements caused by this type of process.

According to what was observed during the visit, both Membrillal and El Rodeo mud volcanoes present mud diapirism activity, although more marked in the latter, since in Membrillal only gas springs, oil, and water stains were recognized.

## Introducción

El Servicio Geológico Colombiano en el marco del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y de acuerdo a sus funciones establecidas en el Decreto 4131 de 2011 del Ministerio de Minas y Energía, investiga procesos geológicos que representan eventos amenazantes (de carácter regional y nacional) para la población. En este sentido, atendiendo las solicitudes realizadas por las autoridades municipales de Cartagena, el SGC delegó al geólogo Edgar Joaquín Carrillo Lombana, del grupo de trabajo de Evaluación de Amenaza y Riesgo Geológico de la Dirección de Geoamenazas, para realizar una visita técnica a los barrios Membrillal y El Rodeo, durante los días 10 a 12 de agosto de 2023 y conceptualizar sobre la problemática de diapirismo de Iodo.

Este informe presenta los resultados de las observaciones realizadas durante la visita. Se enfoca en la caracterización geológica y geomorfológica del proceso, sus causas, efectos, apreciación de la condición de riesgo y se brindan algunas conclusiones y recomendaciones pertinentes.

## 1. Alcances y limitaciones del informe

La información presentada en este documento se basa en la inspección visual realizada en campo, el análisis de antecedentes geológicos, geomorfológicos y geotécnicos, testimonios de miembros de la comunidad local de los barrios Membrillal y El Rodeo, así como también en el acompañamiento de funcionarios de la Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres (OAGRD) de la Alcaldía de Cartagena de Indias. Por lo tanto, este informe debe considerarse como un diagnóstico y evaluación técnica preliminar, que puede servir como apoyo para la gestión del riesgo y toma de decisiones por parte de las autoridades competentes frente a esta problemática que afecta al municipio de Cartagena de Indias.

Por lo anterior, es muy importante considerar las siguientes limitaciones:

- Este documento no suple los estudios regionales (escala 1:25 000) y detallados (escalas 1:5 000 - 1:2 000), necesarios para adoptar las posibles medidas de mitigación o para definir soluciones ante los efectos generados por el fenómeno de diapirismo de Iodos o amenazas geológicas del distrito.
- Las limitaciones de tiempo no permitieron un análisis con mayor detalle de las características y condiciones de la dinámica general de los volcanes de Iodo visitados.
- Los resultados de este informe están sujetos a verificación mediante estudios detallados posteriores y en ningún caso reemplazan la ejecución de actividades de investigación del subsuelo y levantamiento de cartografía a escala detallada, que permitan entender con mayor precisión la problemática generada por la dinámica tanto interna como externa causada por el diapirismo de Iodos presente en estos terrenos.
- En este informe se consideran las características geológicas y geomorfológicas con base en las observaciones de campo y de acuerdo con la escala de los insumos de sensores remotos y cartografía disponibles, por lo tanto, es necesario realizar evaluaciones de mayor detalle que consideren componentes geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, ambientales, y sus impactos sociales y económicos.

Así mismo, es importante tener en cuenta que el conocimiento sobre la evaluación de susceptibilidad, amenazas y riesgos por erupción de volcanes de lodo es limitado, y en ese sentido este documento analiza algunos factores de peligrosidad asociados al diapirismo de lodo. Por lo tanto, las evaluaciones de susceptibilidad y amenaza dependerán de la escala de investigación y puede ser relativa o real desde escalas en su orden, nacionales, departamentales y municipales, dejando la evaluación del riesgo para las escalas más detalladas a nivel local o de sitio.

Los insumos utilizados para la elaboración del presente documento son:

1. Evaluación de las zonas susceptibles a fenómenos naturales amenazantes en el casco urbano de Cartagena a escala 1:10 000 (Ingeominas, 1995).
2. Amenazas geológicas potenciales y aptitud urbanística del casco urbano de Cartagena, escala 1:10 000 (Ingeominas, 1995).
3. Ortofotos levantadas con dron por la OAGRD, con resolución de 0,5 m.
4. Modelo digital del terreno Alos Palsar, resolución 12,5 m.
5. Cartografía geológica y geomorfológica escala 1: 100 000 de las planchas 23, 29 y 30 del SGC.

## **2. Localización**

El área de interés se localiza al norte de Colombia, sobre la franja central de la costa Atlántica, en la periferia del casco urbano de Cartagena, en los barrios Membrillal y El Rodeo. Este sector comprende un área aproximada de 96 km<sup>2</sup> y limita al norte con el corregimiento de La Boquilla, al sur con la zona industrial de Mamonal, al oeste con el mar Caribe y al oriente con los municipios de Santa Rosa y Turbaco (Figura 1.).

La evolución geológica y geomorfológica de los alrededores del municipio de Cartagena de Indias está influenciada, tanto por la actividad tectónica regional asociada con el fenómeno del diapirismo de lodo, como por la interacción de las placas de Nazca, Caribe y Suramérica (Duque Caro, 1979, 1984; Cediel et al., 2003; Ordóñez, 2008; Mantilla et al., 2009). La disposición estructural, la litología, el relieve y los rasgos geomorfológicos muestran un control estructural evidente en zonas continentales y submarinas, que obedecen a movimientos de las placas tectónicas, y particularmente a la tectónica vertical primaria generada por diapirismo de lodos (Vernette, 1985, 1989; Vernette et al., 1990 – 1992; Carvajal, 2017).

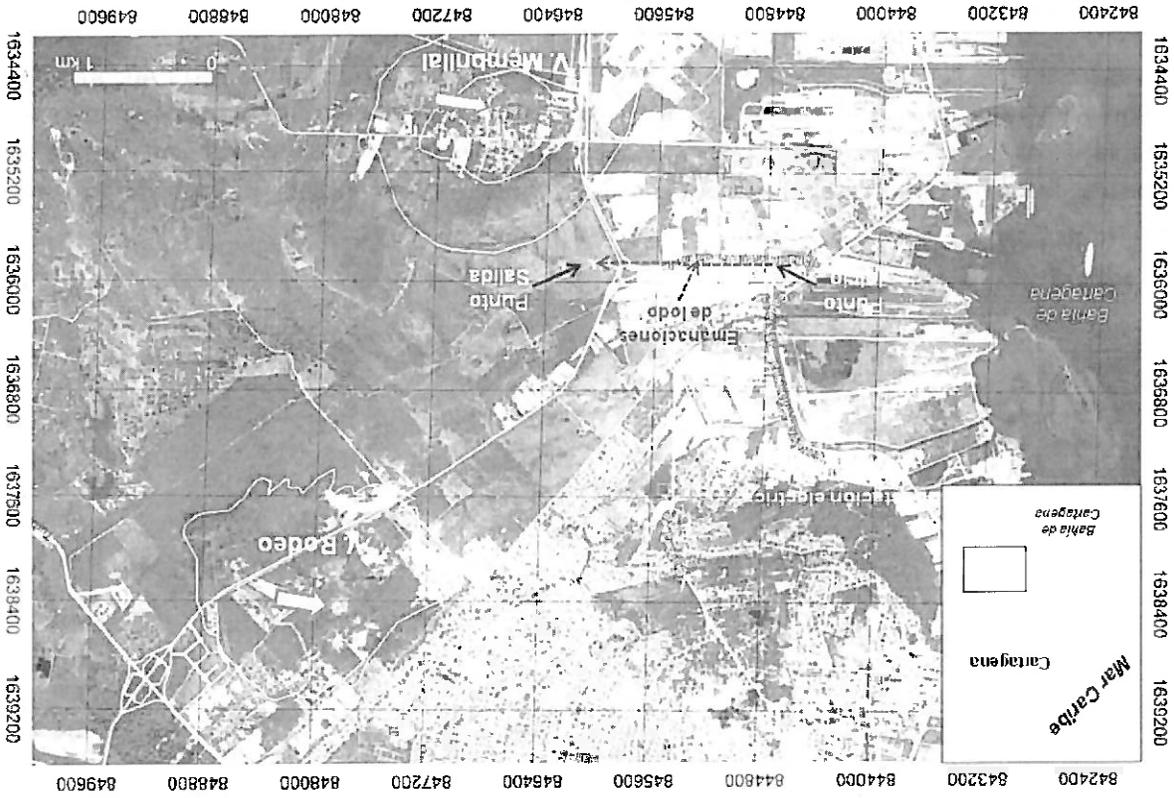
A nivel regional, esta área se encuentra dentro del denominado Cinturón del Sinú, el cual se extiende desde el Golfo de Urabá hasta el Norte de Barranquilla, incluyendo zonas continentales y marinas, y es en parte responsable de los procesos de levantamiento y subsidencia diferencial evidentes en la costa del Caribe Noroccidental de Colombia (Duque, 1884 - Carvajal et al 2011, Carvajal, 2016, Andrade et al., 2017, en Carvajal et al., 2018).

La dinámica de la corteza terrestre en esta región es evidente en la actualidad, en particular, porque se presenta el fenómeno del diapirismo de lodos, el cual se origina por la presencia en profundidad de material arcilloso (4–5 km) con características plásticas y gases en condiciones de alta presión, los cuales al moverse lateralmente y hacia la superficie, generan deformación de la corteza y dan lugar a los

### 3. Características geológicas

Fuente: tomado de Carvajal et al., (2018).

Figura 1. Localización geográfica de los volcanes de lodo de Membrillal y El Rodeo



Informe de visita técnica a los volcanes de lodo Membrillal y El Rodeo, distrito de Cartagena

llamados "volcanes de lodo" cuando estos materiales alcanzan la superficie a través de fracturas o zonas de debilidad (Carvajal *et al.*, 2011; Carvajal, 2017 en Carvajal *et al.*, 2018).

En el área de interés afloran rocas de la Formación Bayunca, las cuales tienen una amplia distribución entre el casco urbano de Cartagena y los límites con Turbaco. Esta unidad se encuentra constituida por una secuencia de rocas de ambiente marino transicional compuestas por areniscas, arcillolitas y limolitas. Localmente, las zonas de altos estructurales se encuentran conformadas por rocas de origen arrecifal de la Formación La Popa (Figura 2.)(Carvajal *et al.*, 2018).

Entre los depósitos marinos, según Duque (1984) & Reyes *et al.* (1999), se encuentran en la región depósitos de origen arrecifal, intermareal y sustrato de manglar infrayacido localmente por bajos arrecifales, Formación La Popa, los cuales fueron cubiertos por lodos antrópicos para acondicionar el terreno con fines de construcción de la zona industrial de Mamonal y el barrio Policarpa Salavarieta, hacia la parte oriental de la bahía de Cartagena (Carvajal *et al.*, 2018).

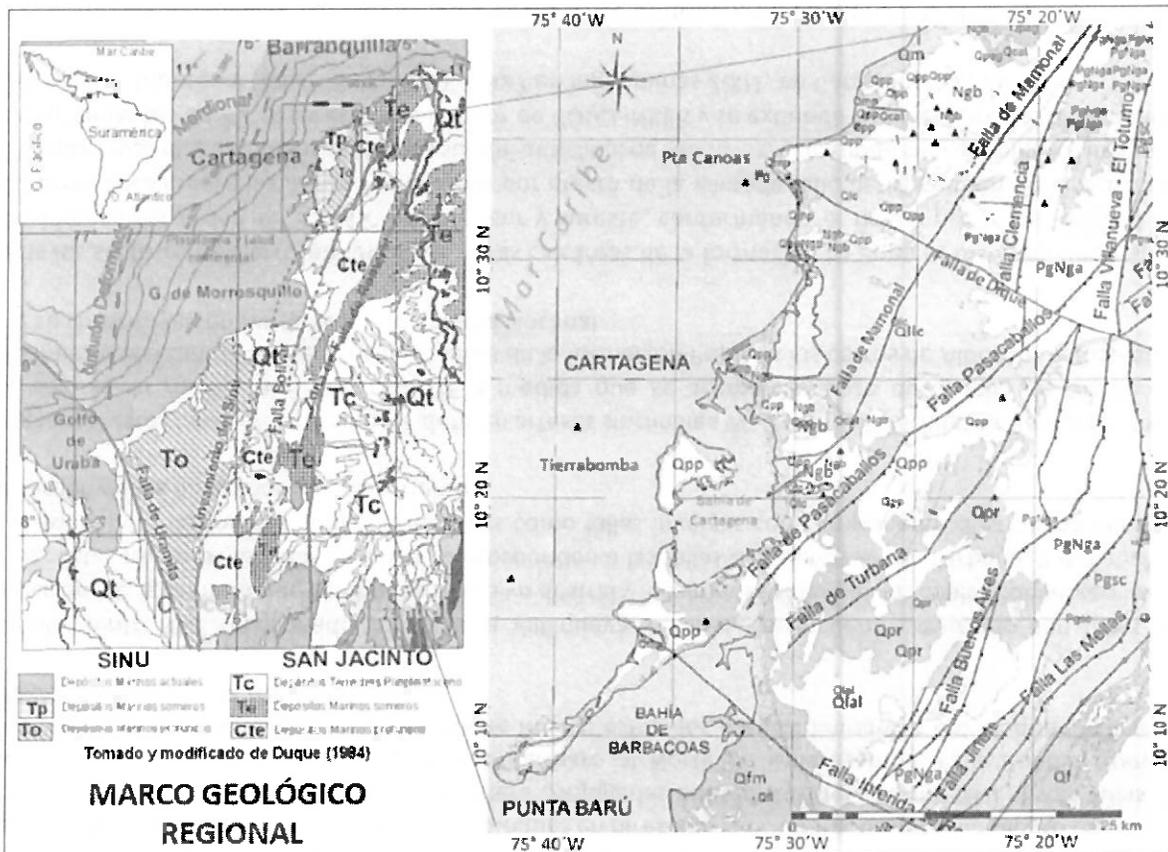


Figura 2. Mapa geológico de la región de Cartagena de Indias y sus alrededores (Pgsc) Formación San Cayetano, (pgnga) F. Arjona; (Ngba) F. Bayunca; (Qpp) F. Popa; (Qpr) F. Rotinet; (Qfl) Depósitos fluviales; (Qmp) D. Litorales; (Qcal) D. Coluvioaluviales; (Qlc) D. Costeros; (Qlal) D. Aluviales subactuales; (Qllc) D. Marino-aluviales subactuales; (Qfm) D. Fluviomarinos deltaicos. Los "volcanes de lodo" se representan con triángulos negros. Fuente: tomado de Carvajal *et al.*, (2018).

La región de Cartagena se encuentra en la provincia geológica y geomorfológica del Cinturón del Sinú, franja de rocas dispuestas en dirección  $N20^{\circ}E$ , limitado al oriente con el llamado cinturón de San Jacinto por fallas inversas con componente de rumbo destal como La Gloria-Jinete y Villanueva-El Totumo. Igualmente es evidente la conformación de bloques en dirección  $N-5^{\circ}$ , limitados por fallamiento de rumbo sinestral de dirección  $NW-SE$ , que se considera conjugadas antitécticas del sistema  $NNE$ . Estas fallas de Norte a Sur corresponden a las fallas de Hibácharo al Norte de Galerazamba, Falla Pueblo Nuevo-Pendales, falla del Dique y la falla inferida de Rocha, estas dos últimas limitantes del bloque Cartagena donde se encuentra la zona analizada.

El fallamiento  $NNE$  relacionado con la falla Villanueva-Totumo, se encuentra asociado con fallas de dirección  $NE$ , igualmente de rumbo transpresivo destal y localmente sinestral, las cuales convergen hacia el  $NE$ . Estas fracturas falladas de  $E$  a  $W$ , corresponden a las fallas de Buenos Aires, Turbana, Pasacaballos y Mamonal, las cuales han sido consideradas como fallas inversas con componente destal con ángulos del orden de los  $45$  grados hacia el oriente.

En general estas fallas de dirección  $NE$  definen artesas sinclinales  $W-E$  como el sinclinal de Policarpa, cuyo eje cambia su rumbo  $W-E$  dirección  $NE$  a medida que se acercan al trazo de la falla de Mamonal. Igualmente afectan de manera local las rocas de la formación Popa en los cerros de Albornoz y Cospique, que se constituyen en los flancos de la artesa sinclinal.

Hacia los sectores del cerro Albornoz, las rocas calcáreas de la formación La Popa se disponen inclinadas con ángulos del orden de  $35^{\circ}-45^{\circ}$  hacia el sur y sureste, conformando el flanco norte del sinclinal de Policarpa. Localmente las capas se invierten por efecto de la llamada falla de Heneguen de dirección  $N75^{\circ}E$ , que cruza diagonalmente el flanco sur del anticlinal de Albornoz y ocasiona basculamientos inversos con buzamientos de  $25^{\circ}$  al sureste en el sector de COLCLINKER y se extiende hacia el noreste, terminando en la falla de Mamonal (Reyes & Barbosa, 1.997 en Ingeominas 2001, en Carvajal et al., 2018).

De acuerdo con Carvajal et al., (2018) estas fracturas de dirección  $NE$  tiene una importancia significativa porque allí, donde convergen, localmente se encuentran los "volcanes de Iodo" presentes en la región como el "volcán de Iodo" de El Rodeo. Este "volcán" se encuentra afectado por fallas de rumbo  $NEE-EW$  destales, que se consideran sintéticas de la falla de Mamonal, cuyo trazo se evidencia por el sector  $NW$  de la estructura volcánica de Iodo y se extiende en dirección  $SW$  hacia cerro Cospique y la bahía de Cartagena.

Las rocas de las formaciones Bayunca se presentan en general inclinadas hacia el  $NW$  y  $SE$  con buzamientos del orden entre  $35^{\circ}-85^{\circ}$ , conformando espinazos estructurales y lomos de presión o falla apretados con verticalización e inversión local de secuencias sedimentarias. En particular en el cerro de Cospique los estratos areníticos se disponen en direcciones e inclinaciones variables (Carvajal et al., 2018).

Según Carvajal et al., (2018) en el sector occidental del cerro, están dispuestas en dirección  $W-E$  con inclinaciones hacia el Norte del orden de los  $25$  grados hacia el Norte, sin embargo, hacia el Este del mismo cerro, a la altura de AUTECO, se disponen en dirección  $NNW$  con buzamientos variables localmente entre  $39$  y  $73$  grados hacia el oriente, mientras más al Sur se disponen hacia el  $NE$  con buzamientos altos del orden de  $50^{\circ}-60^{\circ}$  hacia el  $SE$ . Tal situación de variabilidad en las direcciones y buzamientos, determinan localmente un control de los drenajes del cerro en dirección  $S-N$ , los cuales se asocian, tanto con el fracturamiento regional, como con los cambios litológicos definidos entre capas rocosas duras y blandas.

#### 4. Características geomorfológicas

La arquitectura geomorfológica de la región de Cartagena de Indias está definida por la presencia de unidades de origen morfoestructural y denudacional, originadas por la tectónica horizontal y vertical asociada con diapirismo de lodo. Entre las geoformas de origen morfoestructural encontradas en la región de Cartagena, se encuentran espinazos estructurales, cuestras, espolones estructurales y sierras homoclinales (Carvajal *et al.*, 2018). Estas geoformas se originan por procesos de plegamiento y basculamientos de las rocas; mientras los espinazos estructurales son geoformas de morfología alomada y con laderas estructurales de inclinaciones del orden de los 30°, las cuestras presentan laderas suavemente inclinadas (20°).

En el área se destacan geoformas como la cuestra estructural que conforma el cerro La Popa, así como la meseta de Turbaco y las estructuras dómicas de los volcanes de lodo de El Rodeo y Membrillal (figura 3). También es notable la presencia de cuestras bordeando el "volcán de lodo" de Membrillal, afectado posiblemente por un fallamiento posterior.

Las sierras homoclinales que representan estadios avanzados de plegamiento y verticalización local de la secuencia sedimentaria por fallamiento, son de morfología alomada a montañosa, elongadas en dirección NNE y E-W, con alturas entre 100-150 m, y dispuestas localmente en forma curva en planta, siguiendo la tendencia estructural del fallamiento imperante. Tal situación determina la ocurrencia de un semi atolón representado por el cerro Alborno, el cual se formó en sus estadios iniciales por levantamientos verticales asociados con diapirismo de lodo (Carvajal *et al.*, 2018).



Figura 3. Mapa geomorfológico de la región de Mamonal. Se observan en letras amarillas la localización de los domos de lodo El Rodeo y Membrillal. Así mismo se muestra con una estrella negra el sitio de ocurrencia de emanaciones de lodo registradas el 19 de enero de 2018. Fuente: Tomado de Carvajal *et al.*, (2018).

#### 4.1. Domos de lodo Membrillal y El Rodeo

El diapirismo de lodo genera formas de origen estructural típicas en una extensa región al occidente del Caribe colombiano y se asocia con procesos de fracturamiento regional. Geomorfológicamente se presenta como cerros en forma de domo, de laderas convexas y cima plana, y de 1-3 km de diámetro y alturas del orden de los 40-100 m de altura en promedio (Franco, 1996; Carvajal, 2017; Carvajal y Mendivelso, 2017). Se forman, tanto por la deformación del terreno generada por el empuje vertical de los materiales confinados en profundidad, como por la acumulación de materiales producto de la erupción violenta de lodo y bloques de roca (Carvajal *et al.*, 2018).

Los "volcanes de lodo", se constituyen en superficie de lodos consolidados, con gravas y bloques hasta de 1 m, embebidos en material arcilloso de color gris oscuro localmente pardusco. Los bloques son predominantemente de areniscas cuarzo feldespáticas, arcillolitas, limolitas y calizas, y localmente fragmentos de pirita.

Una característica sobresaliente de los bloques es su alto grado de fracturamiento, debido a la expansión de los gases contenidos en los mismos al llegar a la superficie. Igualmente, y debido al alto grado de consolidación del material expulsado, y por procesos posteriores de escorrentía de agua superficial es común que se generen en las laderas procesos de tubificación, colapso y formación de surcos, cárcavas y hondonadas profundas hasta de 2,5 m.

Particularmente hacia la cima de los edificios de lodo, se presenta una depresión a manera de cráter, en forma de artesa de 100 a 500 m de diámetro, dentro de la cual existen manaderos de lodo o bocas de diferentes tamaños y formas. Estas bocas, también llamadas ventosas, igualmente se pueden encontrar, aunque con menor frecuencia, en los flancos de la estructura "volcánica de lodo".

Dadas las diferencias de densidad, viscosidad y grado de fluidez de los materiales, que emergen constantemente y a diferentes intervalos de tiempo, se pueden formar simples orificios o ventosas de variados tamaños entre 0,5-60 m, o conos entre 0,6-20 m de altura y 1-30 m de diámetro de base. Según Higgins y Saunders (1974) citado por Carvajal (2017), las bocas o manaderos de lodo de este tipo de "volcán", se clasifican de acuerdo a la forma y la pendiente de los flancos de los conos formados así:

- Tipo A = Cono con pendiente > 20°
- Tipo B = Cono con pendiente de 5 – 20°
- Tipo C = cono con pendiente <5°
- Tipo D = Formas de caldera, Cráter de varios metros de diámetro
- Tipo O = Huecos ó cráteres de pocos centímetros de diámetro.

Con base en la información geofísica (sísmica, gravimetría, magnetometría y tomografías eléctricas), obtenida tanto en la región de Pueblo Nuevo–El Totumo (Bolívar), se puede establecer, que la conducción de lodos hacia la superficie, se lleva a cabo a través de fracturas y fallas de rumbo y normal, lo cual genera la verticalización de las secuencias sedimentarias, facilitando el tránsito de los lodos a través de las mismas fracturas e igualmente entre capas o estratos areníticos de características friables y porosas (Carvajal *et al.*, 2010; Carvajal, 2017).

En la región cercana a la zona investigada, se presentan los "volcanes de lodo" de El Rodeo y Membrillal (figura 4). Igualmente son conocidos al noreste, fuera de la zona investigada los "volcanes" de lodo de

Turbaco y Cañaveral, y, más al norte en el sector de Bayunca, 11 “volcanes de lodo”, entre los que se destacan los de Yerbabuena y El Reposo (Carvajal, 2017; Carvajal y Mendivelso, 2017).



**Figura 4.** Panorámicas de los volcanes de lodo El Rodeo y Membrillal  
En las flechas negras se señalan los sitios principales de emisión de lodos y gases. Fuente: Tomado de Carvajal *et al.*, (2018).

De acuerdo con los estudios elaborados por Carvajal *et al.*, (2018), los volcanes de lodo de El Rodeo y Membrillal tienen un diámetro de 1200 m y 800 m respectivamente, con alturas del orden de los 30 a 50 m. En la parte alta, estas estructuras volcánicas, presentan bocas tipo C y O, que son pequeños huecos de 20-60 cm (aproximadamente 60 bocas) por donde constantemente se emiten lodos (figura 5). El Rodeo en particular, presenta dos centros de emisión principal: uno aproximadamente 700 m al SW del barrio, el cual fue el sitio por donde ocurrieron erupciones violentas de finales de 2012 y principios del 2013 (Carvajal y Calderón, 2013, en Carvajal *et al.*, 2018) y otro a la altura de la variante Mamonal Gambote, aproximadamente 800 m al SSE del mismo barrio. En este último sitio son comunes las afectaciones por deformación de la banca de la carretera por lo cual constantemente está siendo sometida a mantenimiento con repavimentación de la banca y construcción de gaviones para mantener los taludes.



**Figura 5.** Aspecto de las bocas tipo C y O de los volcanes de lodo de El Rodeo y Membrillal  
En la actualidad la boca del volcán de lodo de Membrillal está inactiva, mientras que las bocas de El Rodeo presentan actividad constante. Fuente: Tomado de Carvajal *et al.*, (2018).

Los lodos emitidos intermitentemente por las bocas, como se indicó previamente se constituyen de arcillas tipo montmorillonita caolínica, e illita. Igualmente, por estas bocas se emiten constantemente gases predominantemente metano y dióxido de carbono (Carvajal y Mendiveiso, 2017, en Carvajal et al., 2018). Eventualmente con una frecuencia no establecida en este sector, estos "volcanes" hacen erupción violenta de lodo y bloques que se acumulan en la parte alta de las estructuras. Los eventos más recientes ocurrieron en El Rodeo a finales de 2012 y comienzos del 2013 por el centro de emisión principal en la parte alta de la estructura "volcánica", generando acumulaciones de lodo y un fracturamiento del terreno que se extendió 200 m alrededor de la masa emitida, mientras que en Membrillal a mediados de 2013, se documentaron igualmente emisiones de lodo muy puntuales (Carvajal y Calderón, 2013; Carvajal y Mendiveiso, 2017, en Carvajal et al., 2018).

## 5. Recorrido por la zona de los volcanes de lodo Membrillal y El Rodeo

El barrio Membrillal se edificó sobre la estructura dómica del volcán de lodo, donde actualmente existe una densidad apreciable de viviendas (figura 6). El recorrido por esta estructura se realizó el 10 de agosto de 2023, mientras que el volcán de lodo de El Rodeo se visitó el 11 de agosto de 2023. La visita contó con la participación de funcionarios de la Oficina Asesora para de Gestión del Riesgo de Desastres (OAGRD), Universidad de Cartagena y la Universidad Tecnológica de Bolívar – Comfenalco (figura 7).



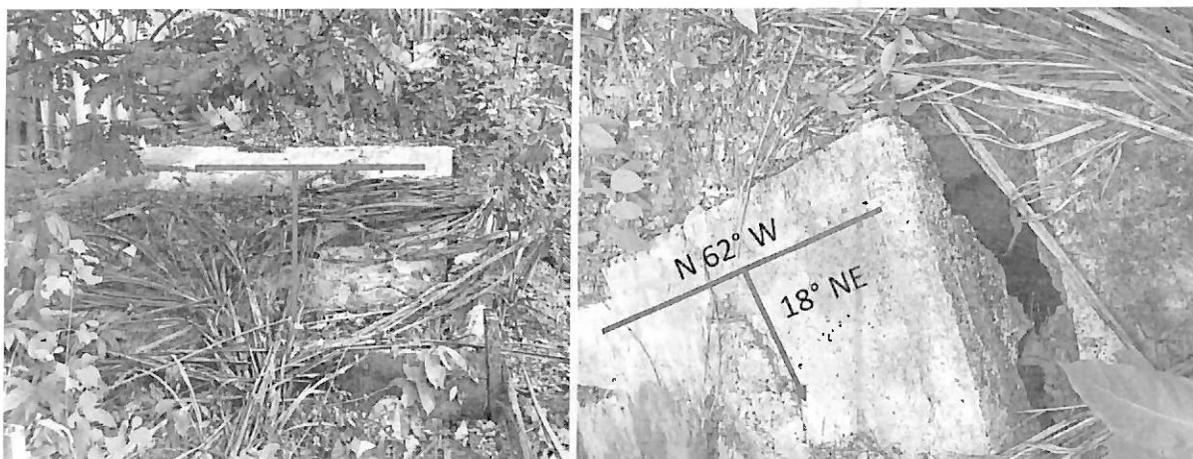
**Figura 6.** Sectores visitados en la localidad del barrio Membrillal. Las estrellas en amarillo indican las zonas que evidencian deformación o afectación por el diapirismo de lodo. Fuente: modificado de Google Earth, (2018).

De acuerdo con lo identificado en campo, existen sitios con mayor evidencia de daños causados por la deformación y elevación del terreno debido al fenómeno de diapirismo de lodos



**Figura 7.** Reunión con la comunidad y acompañamiento de funcionarios de entidades locales  
Izquierda: reunión con líderes de la comunidad; derecha: funcionarios de la OAGDR, Universidad de Cartagena y Universidad Tecnológica Comfenalco de Cartagena.

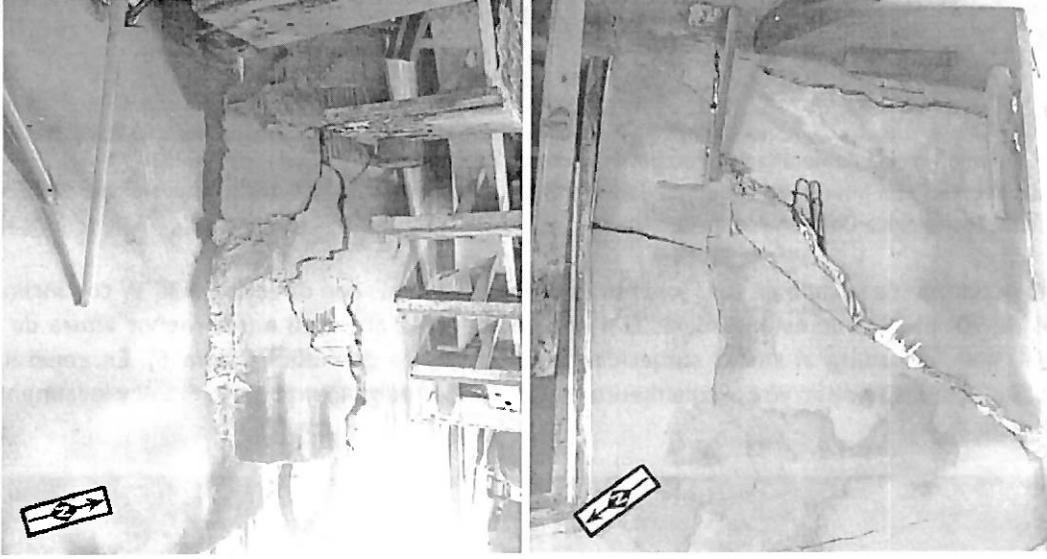
Hacia el occidente de la calle de Las Flórez se encontraron grietas con dirección  $N30^{\circ}W$  con inclinaciones de más de  $70^{\circ}$  al SW que están asociadas a una boca que se presenta a una menor altura de la boca principal, que se localiza al sector suroccidental de la cancha de fútbol (figura 6). En general, en las viviendas afectadas se observó basculamiento en dirección predominante hacia el SW y localmente hacia el NE (figura 8).



**Figura 8.** Reservorio de agua al interior de una vivienda en la Calle Las Flórez  
Se observa que la placa superior en concreto del tanque se encuentra basculada

Los daños registrados en las viviendas están asociados a grietas en pisos y muros y abombamientos del terreno. Las viviendas presentan deficiencias constructivas y ausencia de elementos estructurales como vigas y columnas. En el recorrido se reconocieron viviendas que ya han sido destruidas, algunas siguen en pie y otras ya fueron demolidas (figuras 9, 10, 11 y 12).

**Figura 10.** Viviendas de la calle de Las Flores, afectadas por el diapirismo de lodo de Membrillal



**Figura 9.** Vivienda y lote al occidente de la calle de Las Flores  
En este sector se presentan antecedentes de viviendas que han sido destruidas por actividad de diapirismo de lodos en el "volcán Membrillal".



Informe de visita técnica a los volcanes de lodo Membrillal y El Rodeo, distrito de Cartagena



Figura 11. Grietas y daños en pisos en viviendas de la calle de Las Flórez

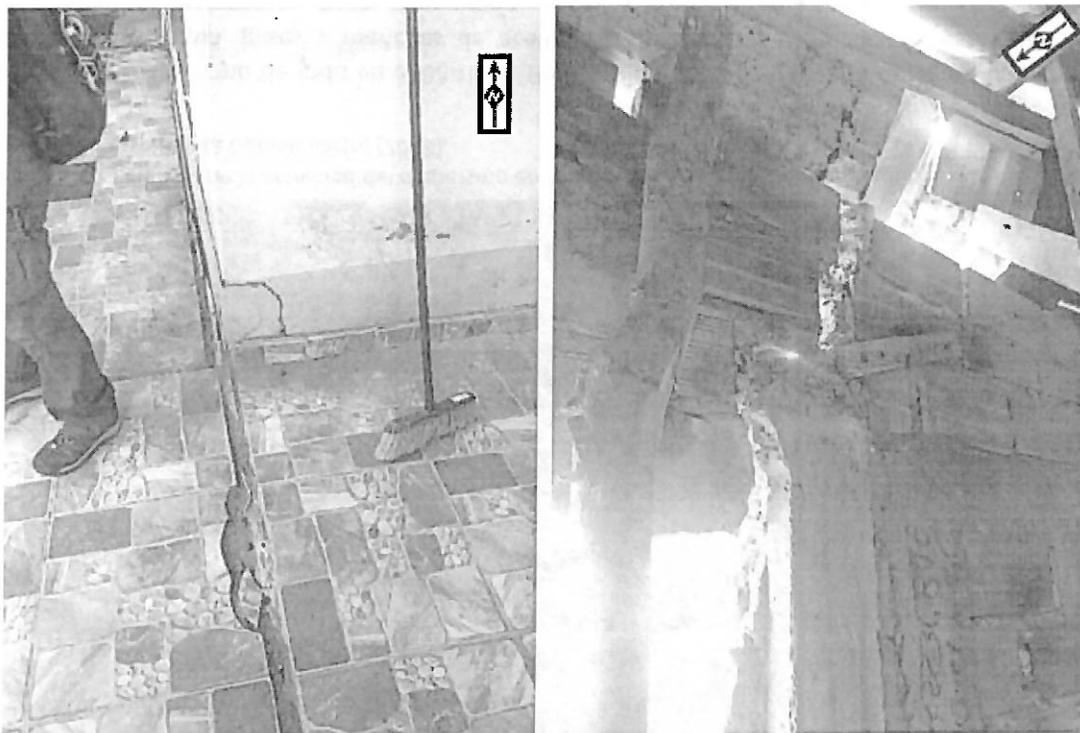


Figura 12. Daños en pisos y paredes en viviendas ubicadas sobre la calle de Las Flórez

El diapirismo se manifiesta con emanaciones de agua, gases y manchas de aceite, evidenciadas durante el recorrido de campo. De acuerdo con lo observado, se infiere que las dos bocas principales continúan levantándose, mostrando un domo con aparentes esfuerzos compresivos SWW–NNE, cercanos a la nortee-sur y distensivos cercanos a la E-W (Figura 12).

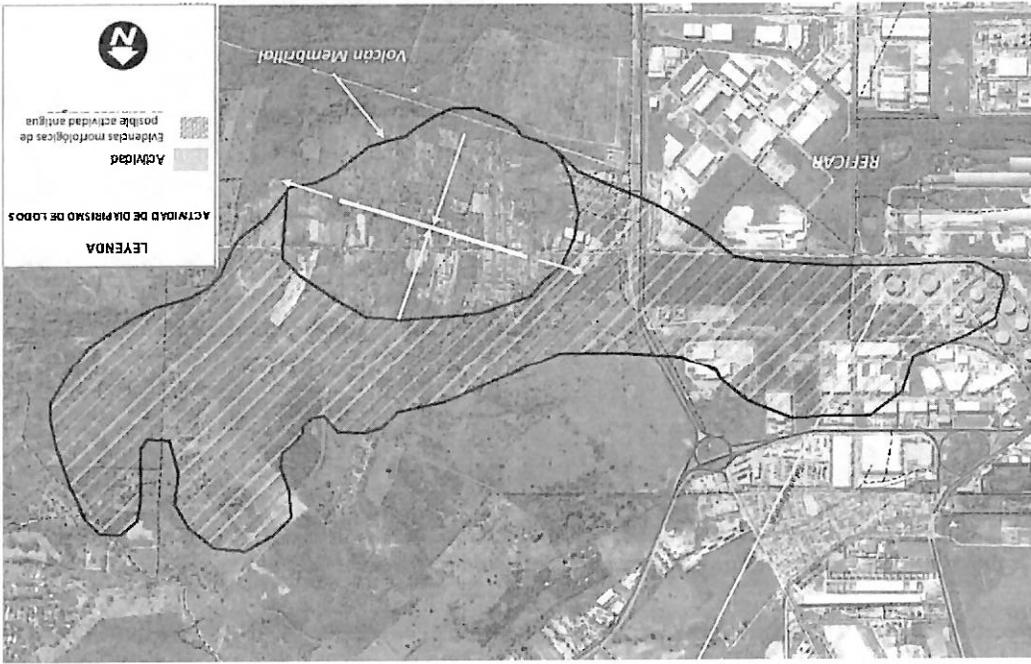


Figura 13. Interpretación de la actividad del diapirismo en Membrilal  
Fuente: imagen satelital de Google Earth, (2023).

Para el caso del diapirismo de lodo en el barrio El Rodeo se pudo constatar que presenta una continua emisión de lodos, agua, gases y manchas de aceite. La boca principal del volcán está rodeada de numerosas bocas adventicias, pero la mayoría de ellas solo tienen emisión de aguas, gases y ocasionalmente hidrocarburos (figura 14). Esta estructura se localiza al suroccidente del barrio El Rodeo (figura 15).

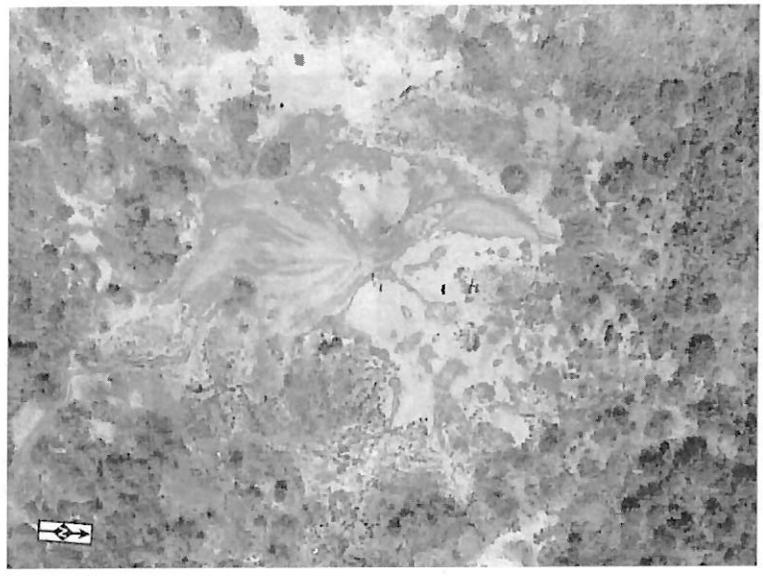


Figura 14. Vista en planta de emisiones de lodo en El Rodeo  
Fotografía de dron tomada el 11 de agosto de 2023. Fuente: Oficina Asesora para la Gestión y Reducción de Desastres de Cartagena.



Figura 15. Localización del diapirismo al suroccidente del barrio El Rodeo. El diapiro se señala en color rojo. Fuente: imagen satelital de Google Earth, 2023

De acuerdo con el análisis comparativo de imágenes satelitales de Google Earth, se observó que la última erupción significativa de lodos ocurrió en 2013, con un periodo de nueve años donde no se evidencia actividad en las imágenes revisadas. A partir de finales del 2022 y principios del 2023 se evidencia un incremento en la emisión de lodos. De acuerdo a las imágenes Maxar de 2006 y Airbus de 2023, se evidencia el incremento de emanaciones de lodo en la boca principal (Figura 15.).

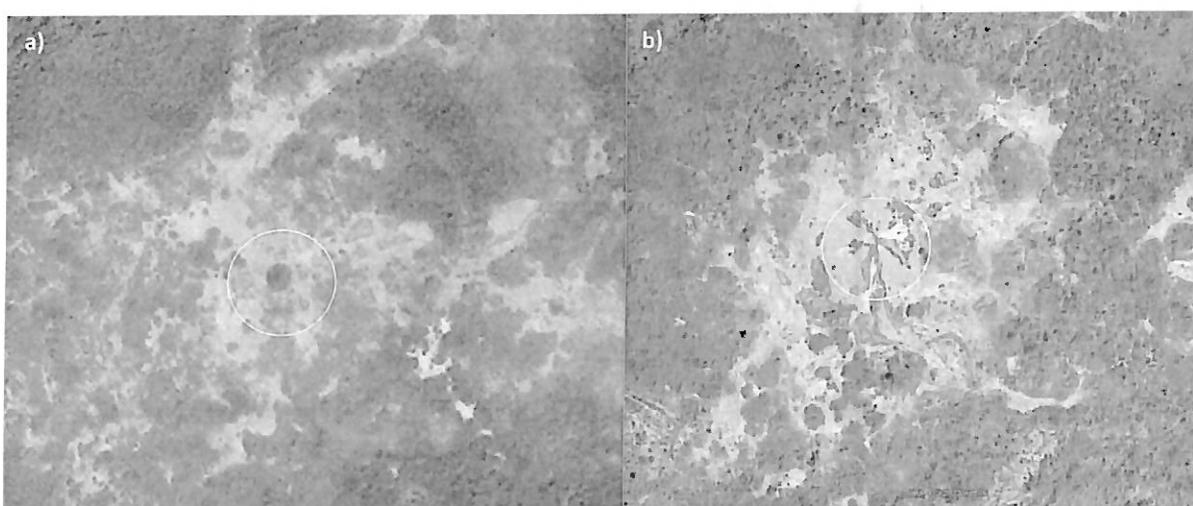


Figura 16. Comparación de imágenes satelitales en la boca principal del volcán El Rodeo a) imagen Maxar (2006) y b) imagen Airbus (2023).

### 5.1. Análisis preliminar de condiciones de riesgo en los barrios Membrillal y El Rodeo

En el barrio Membrillal se observó que los accesos al lugar y el tránsito de personas se realiza a través de caminos y carreteras destapadas expuestas a procesos de fracturamiento del terreno y a eventuales obstrucciones por flujos de lodo, lo cual puede afectar la movilidad, conexión y comunicación de sus habitantes.

En el caso del barrio El Rodeo, la estructura del diapiro de lodo es atravesada por una vía en algunos de sus flancos, cercanos a los centros de emisión y puede ser afectada por fracturamiento y obstruida por lodos. Sin embargo, no se identificaron construcciones o viviendas cerca del domo de diapiro y existe la posibilidad de usar vías alternas ante una posible emisión de materiales.

De esta manera, con el fin de establecer un área mínima para desarrollar estudios detallados, se realizó un análisis de imágenes de sensores remotos y el modelo digital de terreno con una resolución de 12,5 m disponibles a la fecha, mediante los cuales se interpretan posibles zonas con actividad de diapirismo de lodo en el área circundante a la visita en la ciudad de Cartagena (figura 17).

Los estudios detallados a escala 1:2.000 o mayores tienen como propósito identificar los suelos, formaciones geológicas y definir el alcance geográfico de las posibles emisiones de diapirismo para definir el área de influencia y las posibilidades de amenaza, así como futuras evaluaciones de riesgo, incluso que contribuyan a la toma de decisiones en cuanto a proyectos de reubicación. Así mismo, dado que en algunos diapiros de lodo se han encontrado materiales arcillosos con características expansivas, es necesario realizar caracterizaciones geotécnicas a los materiales de emisión.

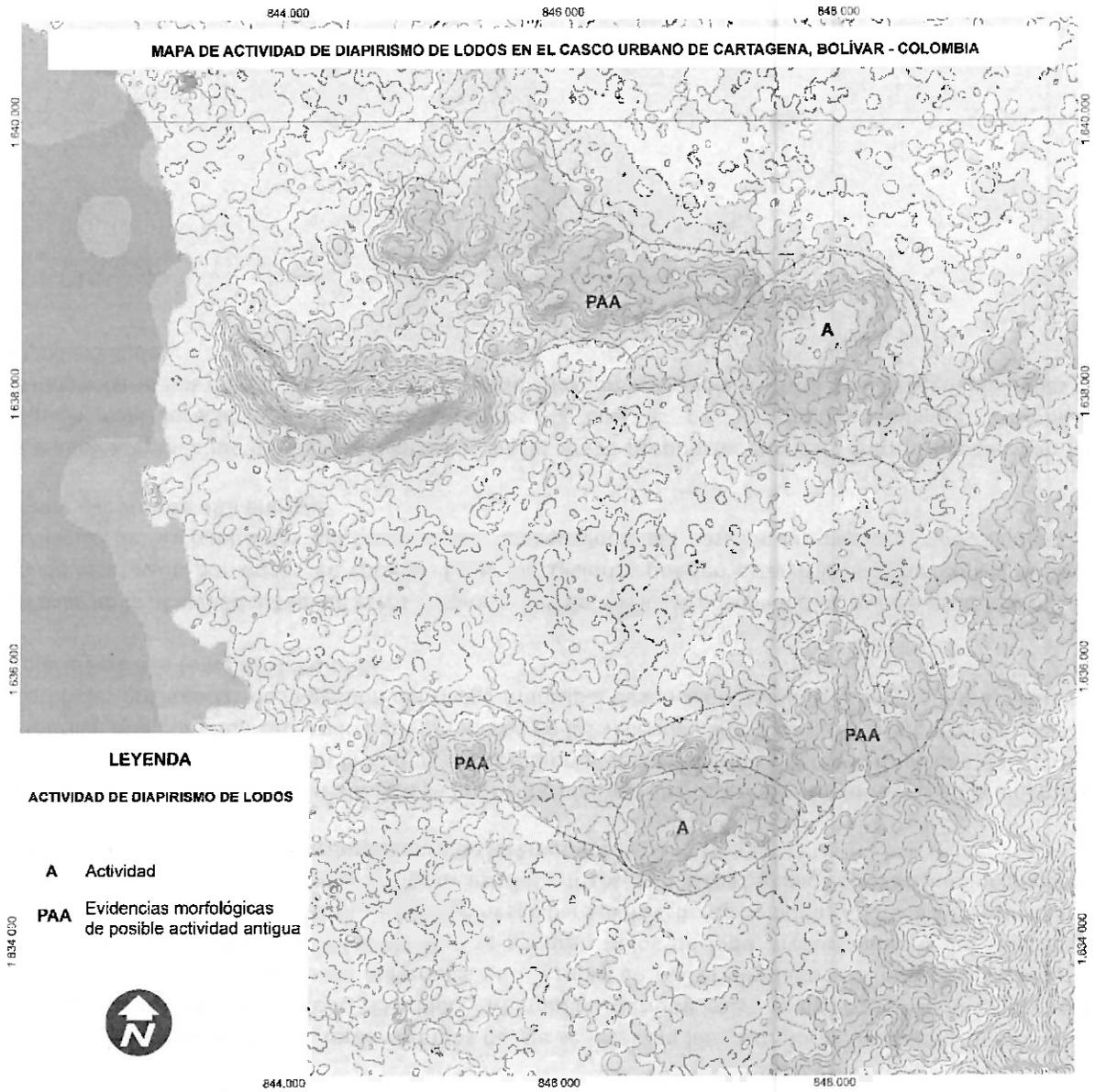


Figura 17. Mapa fotointerpretado de la actividad de diapirismo de lodo en los barrios Membrillar y El Rodeo. De acuerdo a las estructuras identificadas se propone la zona (A) Actividad actual y la zona (PAA) Posible actividad antigua, de acuerdo a la morfología.

## Conclusiones

Los factores de peligrosidad asociada con la dinámica de los volcanes de lodo del El Rodeo y El Membrillal, podrían estar relacionados con la erupción violenta de lodo y la generación de flujos que se pueden encazar por los drenajes del sector, dependiendo la morfología del terreno, y producir igualmente deformaciones, fracturamiento del terreno, así como también la generación de movimientos en masa, lanzamiento de bloques y generación eventual de incendios.

El análisis preliminar de los sectores visitados donde se localizan las estructuras de diapirismo de lodo, conocidas como "volcanes de lodo" El Rodeo y Membrillal, permite inferir que existe una alta exposición a los efectos de las emisiones de materiales en un radio de 400m alrededor del centro principal de emisión. Existe una alta posibilidad de que se generen flujos de lodo, fracturamiento del terreno e incendios en estas zonas, lo cual representa un riesgo para el tránsito de personas y para la infraestructura cercana. Igualmente, se debe evitar el uso de estufas o fogatas en estos terrenos pues se pueden generar incendios asociados a altas concentraciones de gas metano.

Con base en las observaciones realizadas se puede afirmar que se presenta un incremento en la dinámica de emisión de lodo en el volcán El Rodeo, así como en el levantamiento del domo principal del volcán Membrillal que continúa causando agrietamientos en las viviendas. Por lo tanto, es importante que las autoridades encargadas de la gestión del riesgo municipal desarrollen sistemas de alerta y mecanismos de alarma para la toma de decisiones.

Con base en la actividad actual de estos volcanes de lodo, existe la posibilidad de que se produzca algún tipo de afectación por ondas de choque. Estas afectaciones pueden estar relacionadas con el estado psicológico de los habitantes del sector como consecuencia del paso de la onda y el ruido generado durante eventos de alta energía.

Los estudios detallados que deben realizarse en las áreas propuestas por este informe requerirán la inversión considerable de recursos económicos, la cual es posible definir mediante convenios interadministrativos del Servicio Geológico Colombiano, con la Alcaldía Distrital de Cartagena de Indias y las Universidades.

## **Recomendaciones**

Las recomendaciones dadas en este documento son fundamentadas en los resultados obtenidos en otros procesos de atención de emergencias por volcanismo de lodo y siguen siendo válidas y de aplicabilidad en todas las zonas donde haya evidencia o existencia de volcanes de lodo.

### **Recomendaciones a corto plazo**

Debido a la actual situación que se presenta en gran parte de la región costera del Caribe colombiano y conocidas las condiciones inherentes al impacto de esta afectación, es necesario establecer a la mayor brevedad posible un plan de manejo y monitoreo del diapirismo de lodo en las que se involucren entidades de diferentes órdenes técnicos, administrativos, ambientales y científicos y de diferentes niveles municipal, regional y nacional.

Es de vital importancia conocer en detalle el estado actual de las estructuras “volcánicas de lodo”, en particular aquellas que han tenido actividad eruptiva reciente y se encuentran parcial o totalmente colonizadas. En ese sentido es recomendable iniciar lo más pronto posible un monitoreo visual diario y la obtención de mosaicos fotográficos con dron con una periodicidad en lo posible mensual, con el fin de obtener información sobre cambios y formación de nuevas bocas y/o agrietamientos, la disminución súbita del burbujeo (burbujas/ minuto) o la expulsión violenta de gases y reporte de ruidos al interior de las estructuras “volcánicas de lodo”, así como dirección y características de las fracturas, tipos de cobertura vegetal e infraestructura (vías, viviendas) expuesta. Toda esta actividad debe estar sustentada por el plan de monitoreo y seguimiento adecuado.

Es necesario realizar una identificación de los elementos expuestos en un radio de 400m, con el fin de cuantificar los costos asociados a estudios de vulnerabilidad y riesgo, así como realizar análisis costo-beneficio para contemplar la posibilidad de reubicar viviendas e infraestructura.

Es recomendable aplicar medidas tendientes a desestimular o restringir la presencia de personas en un radio de 250 - 400m alrededor de los centros de emisión de lodos, tanto activos como inactivos hasta tanto las evidencias de actividad sean estudiadas y definidas mediante estudios detallados. En este sentido y con respecto al recorrido de monitoreo realizado por la OAGRD de la Alcaldía de Cartagena es importante anotar que, aunque no existen estudios de susceptibilidad, vulnerabilidad, amenaza y riesgo por diapirismo de lodos, es importante establecer mecanismos para realizar una evacuación definitiva de las 65 viviendas con afectaciones por el diapirismo de lodo, por lo que se debe evaluar y gestionar la reubicación de estas familias en sitios donde no se encuentren bocas y las condiciones de relieve y estabilidad del terreno sean apropiadas, lo cual debe ser definido por profesionales de las geociencias e ingeniería idóneos en estos temas.

### **Recomendaciones a mediano y largo plazo.**

Se recomienda llevar a cabo los estudios geológicos y geomorfológicos regionales y de detalle, tendientes a identificar modelar y evaluar el fenómeno del volcanismo de lodo en la región occidental del caribe colombiano. Para tal efecto es esencial iniciar el inventario de las manifestaciones de “volcanismo de lodos” en la región, tanto en zonas costeras emergidas como sumergidas, mediante la elaboración de cartografía geomorfológica, mínimo en escala 1:25.000. Igualmente es fundamental hacer un inventario detallado de las manifestaciones de “volcanismo de lodo” en la región, teniendo en cuenta su localización,

características geomorfológicas, erupciones documentadas, número de bocas y tipo con localización, esto complementado con la elaboración de una base de datos, producto de la consulta de periódicos, revistas, noticieros y registros de planeación municipal entre otros.

Estos estudios son la base para establecer restricciones, condicionamiento del uso del suelo e identificar los geo-recursos asociados al fenómeno, con fines de ordenamiento territorial de los municipios involucrados. Para tal efecto es fundamental el concurso mancomunado tanto de las gobernaciones, municipios donde el fenómeno se presenta, las Corporaciones Autónomas Regionales jurisdiccionales y la comunidad misma.

Es recomendable llevar a cabo los estudios geológicos geomorfológicos, geofísicos, geoquímicos y geotécnicos detallados de las estructuras volcánicas de Iodo que nos permitan definir el grado de susceptibilidad y amenazas geológicas asociadas, tanto a posibles erupciones futuras como a movimientos en masa. Estos estudios deben ser fundamentados en la elaboración de mapas topográficos de detalle en escalas 1:2.000 - 1:1.000 o mayor.

Adicionalmente es fundamental llevar a cabo apiques para obtener muestras con el fin de datar los materiales emitidos en erupciones pasadas (análisis composicional y físico químico de las arcillas y gases emitidos) y poder definir la recurrencia del fenómeno con la ayuda de más información geológica.

Para efectos de Planes de Ordenamiento Territorial, los terrenos con manifestaciones de "volcanismo de Iodos" deben ser terrenos de uso restringido para la colonización, y construcción de viviendas e infraestructuras rígidas. Los análisis de amenazas y riesgos deben servir para definir la forma de uso más adecuado de estos terrenos. Algunos de estos volcanes de Iodo pueden ser considerados como patrimonio geológico o pueden ser declarados parques nacionales.

Es importante emprender campañas educativas entre la población, tendientes a hacerle conocer a la misma, las causas y consecuencias de los fenómenos geológicos que se pueden presentar en la región, tales como "volcanismo de Iodos", sismicidad y movimientos en masa, a fin de evitar poner en riesgo vidas e infraestructura que pueda desarrollarse en estas zonas.

**Actuar de manera preventiva**, analizando situaciones similares que se han presentado en la zona costera del Caribe y en general, revisar todas las obras de infraestructura (puentes, carreteras centros poblados, etc.), estableciendo el diagnóstico del caso (planes de manejo y monitoreo específicos, medidas de protección, etc.).

## Referencias

- Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH - Petroseis (2011). *Informe final de interpretación sísmica - Componente Horizontal y Vertical*. Programa ANH Línea Regional Transandina 4A. (70).
- Alfaro Esteban And Holz Michael (2014). *Seismic geomorphological analysis of deepwater gravity driven deposits on a slope system of the southern Colombian Caribbean margin*. Research paper in marine and Petroleum Geology 57. (294 – 311).
- Andrade Ca, Ferrero, A., León, H., Mora, H. y Carvajal, H. (2017). *Sobre cambios en la línea de costa entre 1735 y 2011 y la subsidencia de la Bahía de Cartagena de Indias, Colombia*. Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Vol 41 (158). 94 - 106. Bogotá.
- Carvajal Jh. (2017). *Características del volcanismo de lodo del Caribe central colombiano*. En *volcanismo de lodo del Caribe central colombiano*. Colección Publicaciones especiales. Servicio Geológico Colombiano. (7 – 43). Bogotá.
- Carvajal Jh. (2017). *Catálogo de volcanes de lodo del Caribe central colombiano*. En *volcanismo de lodo del Caribe central colombiano*. Colección Publicaciones especiales. Servicio Geológico Colombiano. (45 – 85). Bogotá.
- Carvajal, J. H. (2016). *Mud diapirism in the Central Colombian Caribbean Coastal zone*. in *Landscapes and Landforms of Colombia*. Michel Hermelin (ed) Springer International Publishing 2016. Chapter 3. p 35 - 53.
- Carvajal, J. H., y Vega, Joaquín (1992). *Características del volcanismo de lodo en el sector de la Lorenza - Córdoba*. *Informe de Atención de Emergencia*. Ingeominas inédito. Cartagena de Indias.
- Carvajal, J. H. (2000). *Caracterización de los problemas de inestabilidad del terreno en el "volcán de lodo" de Puerto Escondido – Córdoba*. *Informe de atención de emergencias*. Ingeominas (18). Cartagena.
- Carvajal, J. H. (2001). *Amenazas geológicas asociadas al volcanismo de lodos*. CD de memorias del. VIII Congreso Colombiano de Geología. - Volcanismo. (13). Manizales.
- Diario Digital La razón (2017). *Volcán de lodo La Lorenza en Canalete hizo erupción. Confirman autoridades locales*. Noticias del 5 de diciembre de 2017. 3 p. Córdoba.
- Duque, H. (1979). *Geotectónica y Evolución de la Región Noroccidental Colombiana*. *Informe 1750*. Ingeominas. (1 – 36). Bogotá.
- (1984). *Estilo Estructural, Diapirismo y Episodios de Acrecimiento del Terreno Sinú - San Jacinto en el Noroccidente de Colombia*. Boletín geológico. Ingeominas, Vol. 27, No. 2. (1-29). Bogotá.
- Duque, H. y Guzmán, G. (1991). *III Simposio de geología regional – Costa Norte*. *Registro de carreteras*. Ingeominas Inédito - Subdirección Exploración Geológica. (63). Bogotá.
- Ge Hongxing, J. M., Vendeville, B. Maler, M. And Handschy. (1997) *Deformation of prograding wedges over a ductil layer - Applications of physical models to geological examples*. In Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions. Vol XLVII. P 177 - 184.
- Goetec y Ingeominas (2000). *Cartografía geológica de la región del Sinú – noroeste de Colombia*. *Planchas escala 1: 100.000 (50 – 51 - 59 – 60 – 61 – 69 – 70 – 71 – 79 – 80)*. Volumen 1 \_ texto. (160) - Planchas geológicas. Santafé de Bogotá. Colombia.
- IGAC (1976). *Planchas topográficas digitales 50 y 60 escala 1: 100.000, planchas escala 1:25.000, escala 1:25.000: 60-II-A, 60-IV-C (formato digital)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.
- Ingeominas (2010). *Informe de resultados de fluorescencia y difracción de rayos X en muestras de lodos de los "volcanes de lodo" de Arboletes, El Búho y la vereda El Volcán de Santafé de Las Platas*. Informe GLQ - -850. Laboratorio Químico Nacional. Ingeominas. Bogotá.
- Mantilla A. M., Jentzsch, G., Kley, J. Y., Pava, C. (2009). *Configuration of the Caribbean margin: Constraints from 2D seismic reflection data and potencial fields interpretation*. S. lallemand and F Funicielo (eds). Subduction zones geodinamics. (247 – 271). Springer – Verlag Berlin Heidelberg.

- Mora, H. y Otros (2016). *Mapa de velocidades geodésicas horizontales de Colombia*. Resultados del Proyecto Geored. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
- Red Sismológica Nacional RSN (2017). *Sismos registrados en el territorio colombiano*. Diciembre 5 de 2016 – diciembre 5 de 2017. Red Sismológica Nacional de Colombia RSN. Bogotá.
- Servicio Geológico Colombiano (2018). *Características y origen de las emanaciones de lodo del 19 de enero de 2018 en la variante Mamonal – Gambote, Cartagena de Indias*.
- Vernette, G. (1989). *Examples of Diapiric Control on Shelf Topography and the Sedimentary Patterns on the Colombian Caribbean Continental Shelf*. Journal of South American Earth Science. Vol. 2 No. 4 (391-400).
- Vernette, G. (1985). *La Plateforme Continentale Caraïbe de Colombie (Du Debouché du Magdalena au Golfe de Morrosquillo). Importance du Diapirisme Argeloux sur la Morphologie et la Sédimentation*. *Memories del Institut de Geologie du Bassin D'aquitaine* No. 20. 397 pp. Tesis doctorada. Universidad Burdeaux.
- Vernette, G., Gayet, J., Bobier, C., Briceño, L., Mauffret, A., Molina, A. (1990). *El frente de Deformación Sur-Caribe en la Región de Cartagena, Posición y Relación con la Plataforma*. *Memorias del VIII Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del Mar*. (155-209).
- Vernette, G., Mauffret, A., Bobier, C., Briceño, L., Gayet, J. (1992). *Mud diapirism, fan sedimentation and trike slip faulting Caribbean Colombian Margin, tectonophysics*. 202 (1992), pp 335-349. Elsevier Science publisher, B.v Amsterdam.
- Vinnels J., Butler, R., McCaffrey W., y Patton D. (2010). *Depositional processes across the Sinu Accretionary Prism, offshore Colombia*. *Marine and Petroleum Geology* 27 (2010). 794 – 809. United Kingdom.
- Wiener, R., Mann, M., Terry, Angelich M., And Molinoux, J. (2010). *Mobile Shale in the Niger delta: Characteristics, Structure and Evolution*. In Wood, ed, *Shale Tectonics*. AAPG Memoire 93, (145-161).

## Índice de figuras

Figura 1. Localización geográfica de los volcanes de lodo de Membrillal y El Rodeo	6
Figura 2. Mapa geológico de la región de Cartagena de Indias y sus alrededores	7
Figura 3. Mapa geomorfológico de la región de Mamonal	9
Figura 4.. Panorámicas de los volcanes de lodo El Rodeo y Membrillal	11
Figura 5. Aspecto de las bocas tipo C y O de los volcanes de lodo de El Rodeo y Membrillal	11
Figura 6. Sectores visitados en la localidad del barrio Membrillal	12
Figura 7. Reunión con la comunidad y acompañamiento de funcionarios de entidades locales	13
Figura 8. Reservorio de agua al interior de una vivienda en la Calle Las Flórez	13
Figura 9. Vivienda y lote al occidente de la calle de Las Flórez	14
Figura 10. Viviendas de la calle de Las Flórez, afectadas por el diapirismo de lodo de Membrillal	14
Figura 11. Grietas y daños en pisos en viviendas de la calle de Las Flórez	15
Figura 12. Daños en pisos y paredes en viviendas ubicadas sobre la calle de Las Flórez	15
Figura 13. Interpretación de la actividad del diapirismo en Membrillal	16
Figura 14. Vista en planta de emisiones de lodo en El Rodeo	16
Figura 15. Localización del diapirismo al suroccidente del barrio El Rodeo	17
Figura 16. Comparación de imágenes satelitales en la boca principal del volcán El Rodeo	17
Figura 17. Mapa fotointerpretado de la actividad de diapirismo de lodo en los barrios Membrillal y El Rodeo	19