Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra
Guatemalan Journal of Earth Sciences
Vol. 13, Núm. 1, 2026 | ISSN impreso 2410-728X | ISSN electrónico 3106-0056
https://www.geologiausac.com

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Caracterización preliminar de la erupción del volcán de Fuego del 2–4 de agosto de 2026

Preliminary characterization of the eruption of Fuego volcano on August 2–4, 2026

Carla María Fernanda Chún Quinillo[1,*], Dulce González[1], Kevin Chún Quinillo[1] y Wendel Alexander Gutiérrez Paxtor[1]

[1] Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica (OGVV), Instituto de Investigaciones de Ingeniería, Matemática y Ciencias Físicas (in3), Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

*** Autor de correspondencia:** carla.chun@umg.edu.gt

Correos: dulce.gonzalez@umg.edu.gt; kevin.chun@umg.edu.gt; wendel.gutierrez@umg.edu.gt

ORCID: Carla María Fernanda Chún Quinillo https://orcid.org/0000-0003-4002-6320 Dulce González https://orcid.org/0000-0002-6314-7929 Kevin Chún Quinillo https://orcid.org/0000-0001-5996-1285; Wendel Alexander Gutiérrez Paxtor https://orcid.org/0009-0004-5493-2118

Recibido: 16/10/2026 | **Aceptado:** 16/11/2026 | **Publicado:** 27/11/2026

Resumen

Se caracterizaron de forma preliminar los cambios en el comportamiento eruptivo del volcán de Fuego durante la erupción del 2 al 4 de agosto de 2026, mediante la integración de observaciones de campo, imágenes satelitales y modelación numérica. La erupción presentó dos fases: la primera, asociada con actividad efusiva, explosiones estrombolianas y un flujo de lava hacia el suroeste; y la segunda, explosiva, con explosiones vulcanianas, columnas eruptivas sostenidas y generación de corrientes de densidad piroclástica, que produjeron depósitos en las barrancas Seca y Santa Teresa. En campo se identificaron aproximadamente 17 frentes o pulsos de corrientes de densidad piroclástica, con un alcance máximo observado de 6.8 km. Los depósitos varían desde componentes diluidos, asociados a oleadas piroclásticas, hasta facies más densas de bloques y ceniza. Con imágenes satelitales se delimitaron las zonas afectadas y se generó un modelo digital de elevación para analizar la distribución y el alcance de los flujos. Con esta información se realizaron simulaciones preliminares con TITAN2D para aproximar la dinámica, la dirección y el alcance de la componente granular densa de las corrientes, y se contrastaron con las evidencias de campo. Además, se empleó LAHARZ para estimar el alcance de los lahares que podría generar la removilización del material depositado hacia las partes media y baja de la cuenca del río Pantaleón. Los resultados constituyen un avance en la caracterización de la erupción y en la construcción de escenarios de afectación, sujetos a evaluaciones posteriores.

Palabras clave: corrientes de densidad piroclástica; imágenes satelitales; lahares; modelos numéricos

Abstract

A preliminary characterization was made of the changes in the eruptive behavior of Fuego volcano during the August 2–4, 2026 eruption, by integrating field observations, satellite imagery, and numerical modeling. The eruption consisted of two phases: an initial phase associated with effusive activity, Strombolian explosions, and a lava flow toward the southwest; and a second,

explosive phase with Vulcanian explosions, sustained eruption columns, and the generation of pyroclastic density currents, which produced deposits in the Seca and Santa Teresa ravines. Approximately 17 fronts or pulses of pyroclastic density currents were identified in the field, with a maximum observed runout of 6.8 km. The deposits range from dilute components associated with pyroclastic surges to denser block-and-ash facies. Satellite imagery was used to delineate the affected areas, and a digital elevation model was generated to analyze the distribution and extent of the flows. Using this information, preliminary TITAN2D simulations were conducted to approximate the dynamics, direction, and runout of the dense granular component of the currents, and the results were compared with field evidence. In addition, LAHARZ was used to estimate the runout of lahars that could result from the remobilization of the deposited material toward the middle and lower reaches of the Pantaleón River basin. These results represent a step forward in characterizing the eruption and developing impact scenarios, subject to further evaluation.

Keywords: lahars; numerical models; pyroclastic density currents; satellite imagery

Cómo citar este artículo (APA 7.ª ed.)

Chún Quinillo, C. M. F., González, D., Chún Quinillo, K., & Gutiérrez Paxtor, W. A. (2026). Caracterización preliminar de la erupción del volcán de Fuego del 2–4 de agosto de 2026. *Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra, 13*(1), 31–50.

1. Introducción

El volcán de Fuego es uno de los volcanes más activos de Guatemala, durante los últimos años ha presentado diversos periodos de actividad estromboliana y en ocasiones vulcaniana con paroxismos, desde el año 2015 a la actualidad se han contabilizado 58 erupciones. Por lo que se han registrado cambios en su patrón eruptivo y en las características geomorfológicas de su entorno, particularmente en las barrancas donde se canalizan los productos volcánicos. Previo al evento eruptivo objeto de este estudio, no se habían registrado erupciones volcánicas desde el 3 de junio de 2025. Durante la fase eruptiva que tuvo lugar el 20 de julio se generaron corrientes de densidad piroclástica que descendieron por las barrancas Seca, Ceniza y Las Lajas, depositando material volcánico y modificando la geomorfología de la zona. Estos cambios como se ha observado en años anteriores generan lahares en época de lluvia, por lo que resulta necesario evaluar las modificaciones geomorfológicas generadas por este evento y su relación con la configuración actual de las barrancas. En este contexto es necesario plantearnos ¿qué cambios geomorfológicos se han generado por las corrientes de densidad piroclástica y el descenso de lahares en el área del volcán de Fuego? ¿Cuáles son los escenarios futuros que la generación de estos depósitos de corrientes de densidad piroclástica y lahares puede producir en el entorno volcánico?

El volcán Fuego se encuentra dentro de la cadena volcánica central guatemalteca, es el más

meridional de cuatro chimeneas que están alineadas en dirección norte-sur. Estas chimeneas, de norte a sur, son Yepocapa (3880 m), Acatenango (3976 m), Meseta (3600 m) y Fuego (3763 m). Yepocapa y Acatenango son estructuras relacionadas con el complejo Acatenango, mientras que el complejo Fuego está compuesto por las Fuego y Meseta (Chesner & Rose, 1984).

La actividad histórica del volcán de Fuego muestra eventos eruptivos registrados desde la época de la colonia, basados en observaciones documentadas del siglo XVI. De acuerdo a la base de datos del Programa Global de Vulcanismo del Instituto Smithsoniano, existen registros de erupciones desde el año 1531, además de evidencia geológica que muestra actividad volcánica mucho más antigua. A lo largo del tiempo el volcán ha presentado explosiones, emisiones de ceniza, flujos de lava y corrientes de densidad piroclástica (Global Volcanism Program, 2026).

TITAN2D es un modelo que utiliza ecuaciones promediadas en profundidad para representar la dinámica del flujo y permite estimar variables como la extensión alcanzada, la velocidad y el espesor del material movilizado. Permitiendo realizar simulaciones de distintos escenarios y evaluar el comportamiento potencial de los materiales a partir de las características del terreno y de los parámetros físicos definidos (Patra et al., 2005).

LAHARZ es un conjunto de herramientras que buscan automatizar la elaboración de mapas de zonas susceptibles a inundaciones por lahares, la metodología utiliza ecuaciones empíricas que relacionan el volumen estimado del flujo con las áreas potencialmente inundadas, integrando esta información con modelos digitales de elevación para representar la distribución espacial de la amenaza. La herramienta permite generar diferentes escenarios de inundación a partir de volúmenes hipotéticos de lahar, lo que facilita la comparación de posibles alcances y la identificación de sectores expuestos (Schilling, 1998).

Los mapas de amenaza volcánica son herramientras que permiten identificar las zonas que podrían ser afectadas por eventos eruptivos. Estos se elaboran a través de diversas metodologías las cuales pueden basarse en: la historia eruptiva del volcán, sus amenazas actuales, la frecuencia eruptiva y estudios geomorfológicos (Monsalve, 2000).

La identificación de las zonas que podrían ser afectadas por las amenazas volcánicas, como corrientes de densidad piroclástica y lahares, son de gran importancia para la población que se encuentra en los alrededores del entorno volcánico ya que estas pueden afectar de manera directa o indirecta a las comunidades y su medio de vida.

2. Materiales y métodos

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó una metodología que integra técnicas de monitorización volcánica, análisis de información satelital, datos geológicos recolectados en campo y modelación numérica y computacional de las amenazas. Estas herramientas permitieron caracterizar la actividad volcánica registrada antes, durante y después del evento eruptivo, así como evaluar los depósitos generados y los posibles escenarios asociados a la actividad futura del volcán de Fuego. Las técnicas de monitorización utilizadas

por el Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica (OGVV) incluyen vigilancia en tiempo real y análisis probabilístico. Dentro de estas podemos mencionar: el registro sísmico, el cual nos permite analizar y caracterizar la actividad antes, durante y después del evento eruptivo; sensores remotos como la observación de la actividad volcánica a través de cámaras en tiempo real y el análisis de imágenes del Satélite Ambiental Operacional Geoestacionario GOES-19 (por sus siglas en inglés) para identificar zonas de alta temperatura y desplazamiento de ceniza; modelaciones probabilísticas de la dispersión de ceniza, utilizando registros del Centro de Asesoramiento sobre Ceniza Volcánica de Washington (Washington-VAAC, por sus siglas en inglés) y simulaciones con el Modelo de Dispersión de Ceniza Volcánica (ASH3D, por sus siglas en inglés) del Servicio Geológico de los Estados Unidos y utilizando métodos de interpolación para obtener las isolíneas de probabilidad de caída de ceniza. Para identificar los cambios geomorfológicos de la zona afectada por las corrientes de densidad piroclástica se realizó un recorrido de campo en las Barrancas Seca y Santa Teresa, para identificar las características físicas como color, textura, espesor, matriz, distribución y ubicación. El análisis de sensores remotos posterior al evento eruptivo para identificar cambios geomorfológicos y localización del depósito a través de: imágenes satelitales de la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) en donde se utilizaron imágenes ópticas Sentinel-2 de 10 y 20 m, el procesamiento de estas imágenes se realizó a partir de un sistema de información geográfica; el análisis de imágenes de radar de apertura sintética (SAR, por sus siglas en inglés) del satélite Sentinel-1. Para el procesamiento de imágenes Sentinel-1 se realizó mediante la plataforma Google Earth Engine (GEE), utilizando la colección COPERNICUS/S1_GRD correspondiente a productos Sentinel-1 Alcance Terrestre Detectado (GRD, por sus siglas en inglés). Se seleccionaron imágenes adquiridas en modo Franja Ancha Interferométrica (IW) y con polarización VV, debido a que esta configuración proporciona información de retrodispersión adecuada para realizar comparaciones espaciales de la superficie. A partir de la información obtenida con las técnicas mencionadas combinada con los antecedentes de actividad eruptiva histórica del volcán de Fuego, se realizaron simulaciones numéricas y computacionales de corrientes de densidad piroclástica utilizando el software TITAN2D y se identificaron escenarios de amenaza por lahares a través de la herramienta LAHARZ. El resultado de estas simulaciones permitió evaluar posibles escenarios de afectación derivados de la actividad volcánica futura y de los cambios geomorfológicos recientes en el entorno volcánico.

3. Resultados

3.1 Análisis de la monitorización volcánica previa a la erupción

Durante los meses previos a la erupción registrada en el mes de agosto, el volcán de Fuego presentó explosiones estrombolianas de intensidad débil, moderada y, ocasionalmente, fuerte. La acumulación progresiva de material en el cráter y sus alrededores produjo modificaciones en la configuración de esta zona, observándose cambios en la morfología del cráter y una apertura hacia el sector oeste.

El 20 de julio se registraron explosiones de intensidad moderada y algunas fuertes. Posteriormente, a las 11:00 horas (hora local), se registró el descenso de corrientes de densidad piroclástica. El inicio del evento estuvo asociado con un colapso ocurrido en el sector suroeste del cráter, que afectó las barrancas Seca y Santa Teresa. La acumulación previa de material en el contorno del cráter constituyó una condición favorable para la ocurrencia del colapso. Es importante que las explosiones fuertes pueden desencadenar colapsos debido a la vibración que estas originan en el conducto volcánico. La columna de ceniza fue transportada por el viento a distancias superiores a 40 km, principalmente hacia el noroeste, oeste y suroeste. Las proyecciones estimaron espesores de depósito de aproximadamente 1 mm en las zonas más cercanas al volcán, mientras que en las áreas más alejadas los espesores estimados alcanzaron aproximadamente 0.01 mm.

3.2 Desarrollo de la fase eruptiva del 2 al 4 de agosto

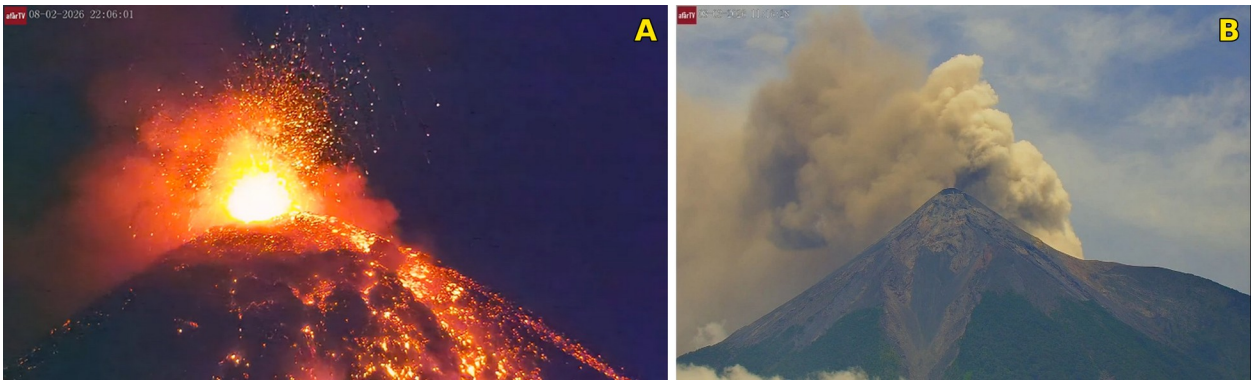
El 2 de agosto, durante horas de la tarde, se registró tremor de baja frecuencia y de duración prolongada, generando un leve incremento en la actividad sísmica comparado con las observaciones superficiales en donde se observaban explosiones estrombolianas, se comienza a notar el inicio de una etapa de actividad efusiva, durante la cual la mayoría de las avalanchas de material incandescente se concentraron al suroeste debido a que el conducto posee una dirección preferencial en dicha dirección.

La etapa efusiva estuvo caracterizada por explosiones estrombolianas constantes y cíclicas, que expulsaron abundante material volcánico, principalmente fragmentos de lava incandescente, los cuales generaron avalanchas sobre las laderas del volcán. Algunas de las explosiones produjeron columnas de gases y ceniza que fueron posteriormente transportadas por el viento. Esta actividad generó ondas de choque perceptibles por la población.

La actividad eruptiva persistió durante la noche y la madrugada. Sin embargo, en la mañana del 3 de agosto comenzaron a observarse cambios en las características de la actividad, que marcaron una transición hacia una nueva etapa del proceso eruptivo. El tremor de baja frecuencia presentó una mayor duración en el tiempo y a nivel superficial las explosiones vulcanianas se caracterizaron por ser fuertes y generar columnas de ceniza y caída de balísticos. En ocasiones, se observó que el conducto volcánico permanecía abierto, dando lugar a la formación de una columna de ceniza continua. Durante esta etapa de actividad se registró el descenso de corrientes de densidad piroclástica en dirección a las barrancas Seca y Santa Teresa como se observa en la Figura 1.

Figura 1

Fases de la actividad eruptiva del 2 al 4 de agosto de 2026



Nota. Imagen A. Fase efusiva con una fuente de lava y caída de balísticos. Imagen B. Fase explosiva con abundante ceniza y descenso de corrientes de densidad piroclástica. Imágenes obtenidas de transmisión en tiempo real de https://www.youtube.com/afartv.

La actividad volcánica mantuvo características similares durante el transcurso del día, registrándose diversos pulsos de corrientes de densidad piroclástica. En las barrancas Seca y Santa Teresa, las corrientes de densidad piroclástica alcanzaron una distancia aproximada de 6.8 km desde el cráter, mientras que en la barranca Ceniza los depósitos se localizaron hasta aproximadamente 3.5 km del cráter. Los depósitos de la oleada piroclástica (ceniza muy fina) se encuentran en la mayoría de barrancas al suroeste.

La erupción continuó hasta el 4 de agosto, la actividad permaneció en una fase predominantemente explosiva y se registraron aproximadamente 17 pulsos de corrientes de densidad piroclástica las cuales se concentraron principalmente en el flanco suroeste del volcán. Esta actividad ocasionó la evacuación de comunidades localizadas en este sector debido a la alta probabilidad de que se generara un cambio en el patrón eruptivo. La caída de ceniza se concentró principalmente hacia el suroeste y oeste, alcanzando distancias superiores a 150 km, sin embargo, la oleada piroclástica depositó abundante material en las zonas más cercanas al volcán.

De acuerdo con los registros sísmicos y las observaciones de superficie, la actividad volcánica comenzó a disminuir progresivamente. Las explosiones adquirieron características débiles a moderadas, acompañadas por una disminución gradual del tremor de baja frecuencia, hasta que la actividad eruptiva cesó y se dio por finalizada la erupción.

3.3 Comparación de la actividad sísmica e imágenes satelitales

El tremor volcánico corresponde a una señal sísmica continua que puede mantenerse durante periodos prolongados y que está asociada con procesos dinámicos al interior del sistema volcánico. Esta señal puede relacionarse con el movimiento y la presión de magma, gases y fluidos hidrotermales a través del conducto volcánico y las fracturas existentes en el edificio.

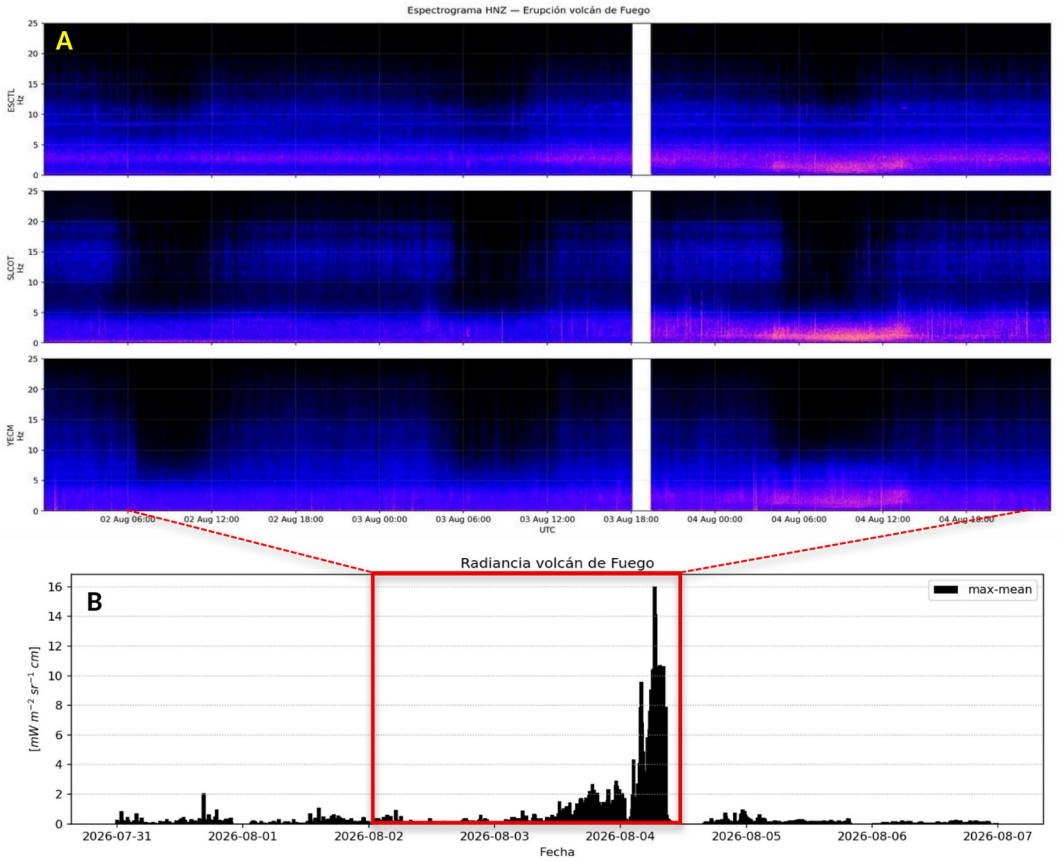
En el caso del volcán de Fuego el registro de la actividad sísmica se mantiene en una actividad base. Esta actividad consiste en explosiones, algunas de estas con onda de choque y tremor que puede durar de segundos a minutos. Previo a

la actividad eruptiva se pueden registrar de 6 a 8 eventos por hora. Esta erupción presentó dos fases principales: una fase inicialmente efusiva, seguida por una intensificación de la actividad que dio paso a una fase explosiva. Como se observa en la Figura 2A, se presenta el espectrograma de las estaciones sísmicas ubicadas en los alrededores del volcán. En este se observa un incremento progresivo en la duración y amplitud del tremor, particularmente durante el desarrollo de la actividad eruptiva. La señal de tremor se caracteriza principalmente por frecuencias inferiores a 5 Hz.

Las imágenes GOES-19 a través de series de tiempo en donde se pueden determinar los valores máximos menos el promedio, lo cual nos permite identificar fluctuaciones o variaciones inusuales de datos, cuando la diferencia entre el valor máximo y el promedio es mayor a lo habitual, se puede relacionar con zonas de aumento de temperatura, actividad asociada a zonas de alta temperatura que se registran por la actividad volcánica, que va desde explosiones a presencia de extensos flujos de lava. En la Figura 2B se observa el incremento de la sismicidad del volcán de Fuego y contrarrestarlo con los niveles de radiancia obtenidos con GOES-19.

Figura 2

Registro sísmico y análisis de radiancia a través del satélite GOES-19



Nota. En la figura A. Se observan los espectrogramas de las estaciones ESCTL, SLCOT y YECM, localizadas en los alrededores del volcán de Fuego. En la Figura B. se muestran los niveles de radiancia obtenidos a través de imágenes GOES-19.

3.4 Análisis de imágenes satelitales posteriores al evento eruptivo

Las corrientes de densidad piroclástica son una mezcla de material volcánico de diversos tamaños que dentro del flujo moviliza desde gases hasta bloques, los cuales descienden por las laderas del volcán a altas temperaturas y velocidades. Estas se encuentran compuestas por el flujo piroclástico que es la parte densa, usualmente transporta rocas y bloques, debido a esto descienden al ras del suelo; y la parte diluida que se conoce como oleada piroclástica la cual es una nube turbulenta de menor densidad la cual puede expandirse por encima del flujo piroclástico y traspasar barreras topográficas.

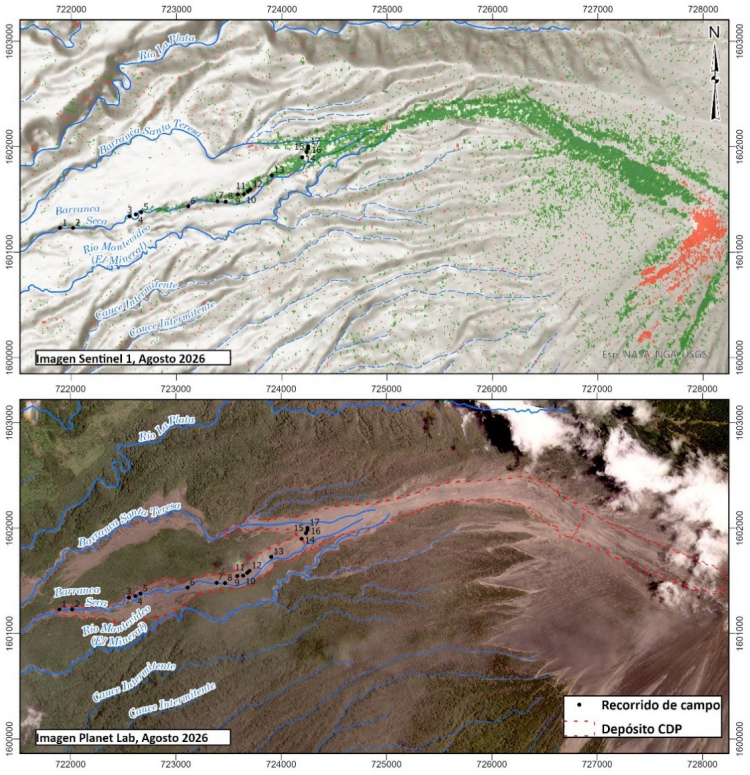
A través del análisis de imágenes Sentinel-1 y Sentinel-2 se identificó el depósito de material volcánico concentrado al suroeste. El frente del depósito se encuentra a 6.8 km del cráter en la barranca Seca (el cual se ha podido corroborar en campo) y a 4.8 en dirección a la barranca Santa Teresa. En la Figura 3 se puede observar el depósito reciente y la caída de abundante ceniza en este flanco.

Para el análisis de Sentinel-1 se utilizaron períodos completos en lugar de una única adquisición, por lo que se calculó el valor de la mediana de la retrodispersión VV de las imágenes disponibles para cada intervalo temporal. Este procedimiento permitió obtener una imagen representativa de las condiciones radar de cada período y reducir la influencia de variaciones individuales entre adquisiciones. Posteriormente, se obtuvo la diferencia entre la imagen correspondiente al período posterior y la imagen del período previo mediante una operación de resta pixel a pixel. El producto resultante representa el cambio de retrodispersión radar entre ambos períodos, permitiendo identificar espacialmente sectores donde la respuesta de la superficie presentó modificaciones, como se observa en la Figura 3A.

Para el análisis de las imágenes ópticas Sentinel-2 y PlanetLab, estas se procesaron a través de sistemas de información geográfico y se utilizaron para identificar el depósito volcánico y la extensión de este. Con Sentinel-2 se utilizó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada para identificar los cambios ocurridos en este sector y el depósito de ceniza. En las imágenes PlanetLabs (Figura 3B) con una resolución de 3.5 m se observa el depósito volcánico y las zonas afectadas por las corrientes de densidad piroclásticas.

Figura 3

Identificación de los depósitos volcánicos a través de imágenes satelitales



Nota. A. Resultados obtenidos a través del análisis de imágenes Sentinel-1, en donde se puede observar el cambio en la barranca posterior al evento eruptivo. B. Imagen PlanetLab en donde se observa material volcánico en las barrancas y también se puede observar abundante ceniza en las faldas del volcán.

3.5 Datos obtenidos en la evaluación de campo

Se realizó un recorrido en el cauce de la barranca Seca, en esta zona el depósito de corrientes de densidad piroclástica, presentando un emplazamiento en forma de lóbulos, debido a que las corrientes de densidad piroclástica fueron constantes y se depositaron una sobre otra. Se observó ceniza fina que se extiende fuera del cauce y del depósito volcánico. En las orillas de la barranca la vegetación se encuentra quemada por la temperatura del material.

A nivel de afloramientos, estos lóbulos se caracterizan por concentrarse dentro de la barranca, se estima que el pulso más largo se desplazó 6.8 km, por lo que el resto de este material se fue acumulando encima del primer evento, en campo se contabilizaron 17 frentes, algunos se pueden observar como una parte más

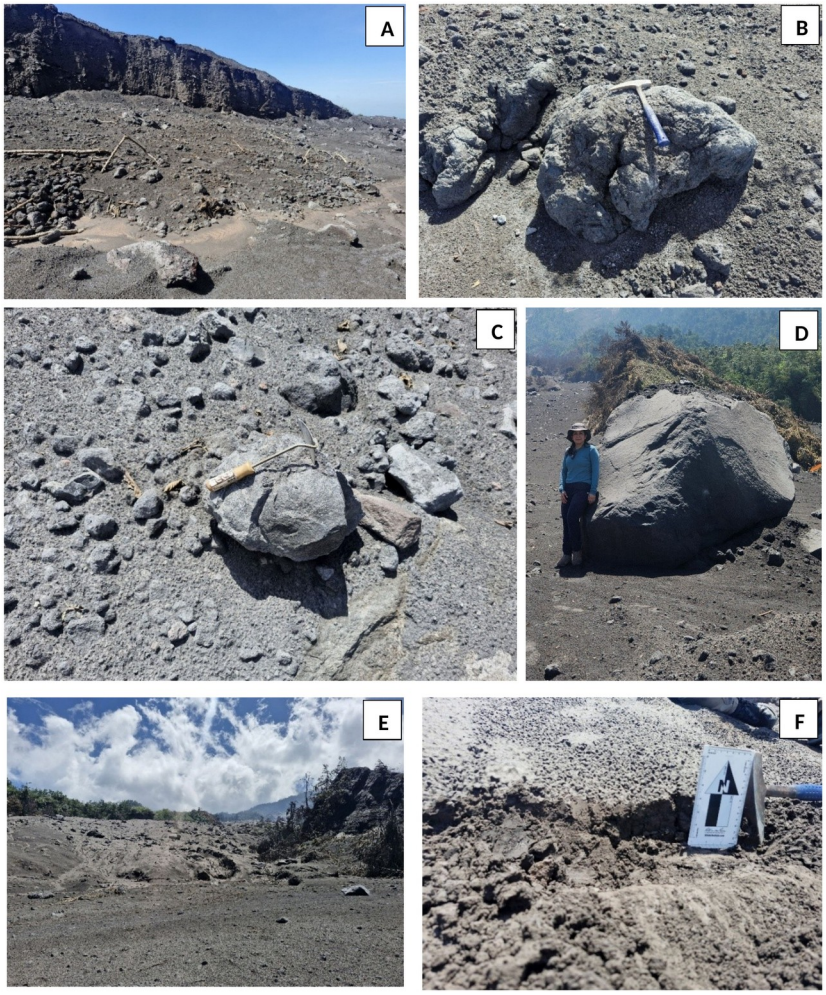
diluida tipo oleada piroclástica y otros más concentrados y densos.

En la parte alta, correspondiente con la zona más cercana al cono volcánico, los sucesivos flujos llenaron buena parte del cauce. Aguas abajo, el espesor del depósito disminuye progresivamente hasta alcanzar su límite distal, donde el depósito deja de observarse. El depósito está conformado por una matriz de ceniza fina que contiene material juvenil y clastos líticos. Dentro del material juvenil se observan bloques de tipo corteza de pan y bombas volcánicas, mientras que, el contenido de clastos líticos, está compuesto por fragmentos de flujos de lava antiguos o balísticos que se encontraban en el cráter, algunos de color rojizo, así como pómez que probablemente no forman parte de la erupción si no de un proceso anterior. Los bloques de mayor dimensión son de entre 4 a 10 metros de diámetro, angulares a subangulares, los cuales se pueden observar principalmente en la parte alta del depósito, disminuyendo hasta la zona más distal, en donde la granulometría de los bloques es menor y donde además se puede observar incorporación de materia orgánica en el depósito (árboles y ramas) como se observa en la Figura 4.

La segunda zona se caracteriza por una mayor concentración de ceniza fina, esta ceniza forma una capa que cubre la topografía preexistente, con espesores que varían entre 5 y 15 cm. Debido a que esta ceniza se propagó más allá de la zona de inundación, se observaron daños considerables en la vegetación. Las características de esta zona son compatibles con el emplazamiento de una oleada piroclástica.

Figura 4

Contenido del depósito piroclástico y depósitos de oleada piroclástica



Nota. A. Fotografía de los frentes de corrientes de densidad piroclástica, algunos de estos tenían troncos y ramas quemadas. B. En el depósito se identificaron rocas como corteza de pan. C. Rocas basáltico andesíticas con plagioclasas, piroxenos y olivinos. D. Rocas de 3 m de alto y 5 de ancho localizadas en el depósito. E. y F. Depósitos de oleada piroclástica los cuales se encontraban húmedos por las lluvias en la zona. Fotografías tomadas por el personal del OGVV, agosto 2026.

3.6 Simulaciones de corrientes de densidad piroclástica con TITAN2D

El modelo numérico TITAN2D fue utilizado para simular la propagación y distribución espacial de corrientes de densidad piroclástica (CDP) asociadas al evento eruptivo del volcán de Fuego. Mediante las simulaciones realizadas se evaluó el comportamiento de los flujos, sus posibles trayectorias de propagación y las zonas potencialmente afectadas bajo diferentes escenarios (Figura 5).

Para la configuración de las simulaciones se utilizó un modelo digital de elevación (DEM) como representación de la superficie topográfica del área de estudio. Inicialmente, se trabajó con un DEM de resolución espacial de 12.5 m correspondiente a ALOS PALSAR. Posteriormente, a partir del procesamiento de imágenes Sentinel-1, fue posible generar un DEM más reciente, con una resolución espacial de 10 m, el cual permitió disponer de una representación más actualizada de las condiciones topográficas del área de estudio y

mejorar la información utilizada como base para las simulaciones.

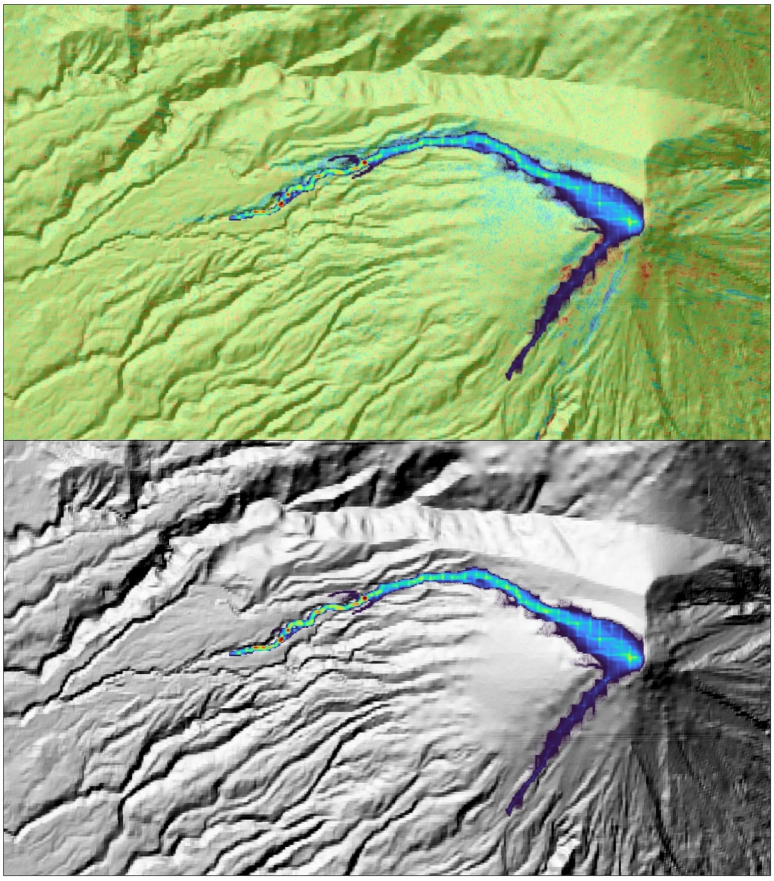
Los resultados obtenidos bajo la hipótesis de un único descenso mostraron que, al movilizar la totalidad del volumen estimado en campo durante un solo evento, los flujos simulados alcanzaron una extensión considerablemente mayor que la distribución de los depósitos registrada mediante las observaciones de campo, particularmente hacia el sector sur del volcán. Asimismo, la distribución simulada no reprodujo completamente la tendencia observada en las imágenes Sentinel-1, en las cuales se identificó una afectación más localizada principalmente hacia los sectores norte y noroeste.

Esta comparación permitió descartar la representación de la totalidad del volumen identificado en campo como un único descenso como una condición compatible con las evidencias disponibles. En este sentido, el ejercicio de modelación no buscó establecer que los 4.7–6.5 millones de m^3 hubieran sido movilizados simultáneamente, ni tampoco representa que de darse este escenario esto fuera a suceder así, sino evaluar qué comportamiento produciría el modelo bajo dicha condición y utilizarlo como referencia para contrastar las observaciones realizadas en campo.

A partir de esta comparación, y considerando que el volumen total identificado corresponde a depósitos acumulados durante el período eruptivo, se planteó como hipótesis de trabajo que dicho volumen pudo haberse conformado mediante múltiples descensos de corrientes de densidad piroclástica (pulsos), en lugar de corresponder a un único evento de gran volumen. Esta interpretación permitió orientar las simulaciones posteriores hacia escenarios de menor volumen por evento y evaluar si una sucesión de pulsos individuales podía reproducir de manera más consistente la distribución espacial observada.

Figura 5

Resultado de las simulaciones obtenidas con TITAN2D



Nota. Resultados preliminares de las simulaciones mediante TITAN2D bajo el escenario hipotético de movilización de la totalidad del volumen estimado durante un único descenso de corriente de densidad piroclástica.

3.7 Simulaciones de lahares con LAHARZ

Los lahares son una mezcla de material volcánico de diversos tamaños con agua proveniente de la precipitación pluvial, estos descienden en época de lluvia y, debido a la reciente actividad, pueden descender con altas temperaturas. El arrastre de material volcánico a lo largo del cauce puede generar concentraciones de estos depósitos en la parte media y baja de la cuenca. Debido al aporte de ceniza fina mezclada con agua, la densidad puede variar por lo que estos pueden transportar bloques de diversos tamaños.

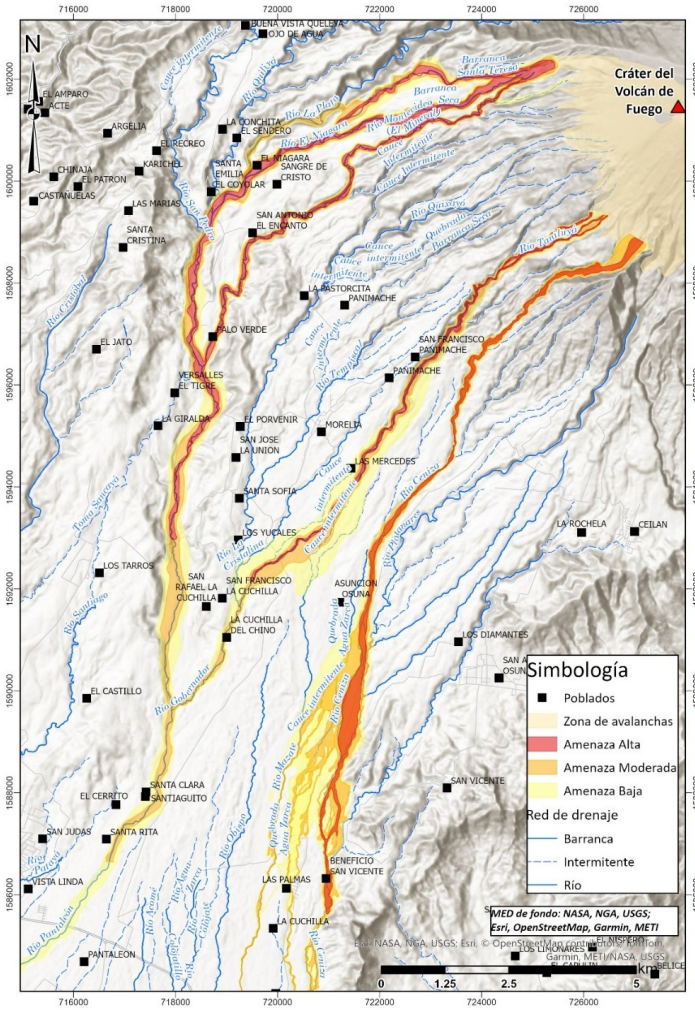
La actividad volcánica reciente en las barrancas localizadas al oeste del volcán de Fuego, han depositado abundante material volcánico en esta zona por lo que se realizaron simulaciones utilizando LAHARZ, los parámetros utilizados para las simulaciones se determinaron de acuerdo a las áreas obtenidas a través de imágenes satelitales y los espesores se obtuvieron en campo. Por lo que se propusieron valores de 500,000 m^3 hasta los 6 000,000 m^3. Para identificar los puntos de inicio de las simulaciones se utilizaron datos de campo y el análisis de imágenes satelitales, considerando que los lahares no siempre inician en el frente del depósito de corrientes de densidad piroclástica se consideró el punto más alto de cada cauce en referencia al recorrido realizado.

El programa LAHARZ incorpora pequeños picos en algunos sectores de acuerdo al modelo de elevación digital, para las simulaciones se utilizó un modelo de elevación digital obtenido con imágenes de radar Sentinel-1, por lo que se realizaron algunos ajustes a los resultados de las simulaciones debido al contraste elaborado con imágenes satelitales y datos de campo.

Los tres escenarios (Figura 6) identificados fueron: a) alta amenaza, zona que es afectada por correntadas y lahares que poseen características débiles, moderadas y fuertes, de acuerdo a estas el alcance puede variar de trayectos cortos hasta 20 km, estos transportan material volcánico a la parte media de la cuenca en donde los cauces desembocan al río Pantaleón, la tasa de ocurrencia es alta de acuerdo a periodos de lluvia constantes y prolongados. b) amenaza moderada, zona que podría ser afectada por lahares con características moderadas y fuertes los cuales pueden alcanzar trayectos hasta de 30 km desembocando en el río Pantaleón, la tasa de ocurrencia es moderada y se asocian a la época lluviosa, lluvias fuertes y constantes, depresión y tormentas tropicales. c) baja amenaza, zonas que podrían ser afectadas por lahares con características fuertes y muy fuertes, estos pueden agregar material volcánico al río Pantaleón hasta 35 km lo que puede afectar la parte baja de la cuenca, la tasa de ocurrencia es baja y se encuentra asociada a tormentas tropicales y huracanes.

Figura 6

Mapa con los escenarios de amenaza por lahares para el suroeste del volcán de Fuego


N
Cráter del Volcán de Fuego
Simbología
Poblados
Zona de avalanchas
Amenaza Alta
Amenaza Moderada
Amenaza Baja
Red de drenaje
Barranca
Intermitente
Río
MED de fondo: NASA, NGA, USGS; Esri, OpenStreetMap, Garmin, METI
0
1.25
2.5
5
km
716000
718000
720000
722000
724000
726000
1602000
1600000
1598000
1596000
1594000
1592000
1590000
1588000
1586000
BUENA VISTA QUELETA
OJO DE AGUA
EL AMPARO
ACTE
ARGELIA
LA CONCHITA
EL SENDERO
EL RECREO
KARICHEL
CHINAJA
EL PATRON
CASTANUELAS
LAS MARIAS
SANTA CRISTINA
SANTA EMILIA
EL COYOLAR
EL NIAGARA
SANGRE DE CRISTO
SAN ANTONIO EL ENCANTO
LA CASTORCITA
PANIMACHE
PALO VERDE
EL JATO
VERSALLES
EL TIGRE
LA GIRALDA
EL PORVENIR
SAN JOSE LA UNION
MORELIA
LAS MERCEDES
SANTA SOFIA
LOS YUCALES
LOS TARROS
SAN RAFAEL LA CUCHILLA
SAN FRANCISCO LA CUCHILLA
LA CUCHILLA DEL CHINO
ASUNCION OSUNA
SAN FRANCISCO PANIMACHE
PANIMACHE
LA ROCHELA
CEILAN
LOS DIAMANTES
EL CASTILLO
SAN VICENTE
SANTA CLARA SANTIAGUITO
EL CERRITO
SAN JUDAS
SANTA RITA
VISTA LINDA
LAS PALMAS
BENEFICIO SAN VICENTE
LA CUCHILLA
PANTALEON
Barranca Seca
Barranca Santa Teresa
Río Pantaleón
Río Quinto
Río Pensativo
Río Trinidad
Río Cristalino
Río Calderitas
Río Mosco
Río Cenizas
Río Pachaya
Río Ceniza
Río Guacalate
Río Achiguate
Río Nahuatán
Río Las Piedras
Río Quebrada Seca
Río Zapotitlán
Río Tecpanaya
Río Cristalino
Río Pantaleón

asociadas al movimiento o ascenso de magma, gases o fluidos ascienden a la superficie, el USGS (s. f.) para comprender el movimientos del magma propone la clasificación de estos eventos en: volcano-tectónicos, de largo periodo o de baja frecuencia, frecuencia muy baja e híbridos.

Los resultados obtenidos con TITAN2D bajo la hipótesis de un único descenso mostraron que, al movilizar la totalidad del volumen estimado en campo durante un solo evento, los flujos simulados alcanzaron una extensión considerablemente mayor que la distribución de los depósitos registrada mediante las observaciones de campo, particularmente hacia el sector sur del volcán. En este sentido, el ejercicio de modelación no buscó establecer que los 4.7–6.5 millones de m^3 hubieran sido movilizados simultáneamente, ni tampoco representa que de darse este escenario esto fuera a suceder así, sino evaluar qué comportamiento produciría el modelo bajo dicha condición y utilizarlo como referencia para contrastar las observaciones realizadas en campo. A partir de esta comparación, y considerando que el volumen total identificado corresponde a depósitos acumulados durante el período eruptivo, se planteó como hipótesis de trabajo que dicho volumen pudo haberse conformado mediante múltiples descensos de corrientes de densidad piroclástica (pulsos), en lugar de corresponder a un único evento de gran volumen.

A través de los resultados obtenidos con LAHARZ se identificaron 3 escenarios de posible ocurrencia, los escenarios fueron divididos en: alta amenaza, amenaza moderada y amenaza baja. Estos se compararon con el mapa preliminar de amenazas de lahares, de la crisis eruptiva del volcán de Fuego de junio del 2018 (INSIVUMEH, 2018). En distancia las zonas recorridas por las amenazas pueden ser similares, sin embargo, para las simulaciones recientes se utilizó un modelo de elevación digital de agosto; además, se comparó con las imágenes satelitales y con datos de campo para realizar la modificación de algunas áreas que el programa identifica de acuerdo a la red de drenaje.

5. Conclusiones

La actividad eruptiva del volcán de Fuego muestra la importancia de mantener un sistema de monitorización volcánico continuo el cual permita identificar los cambios en su comportamiento y evaluar los posibles peligros asociados a sus erupciones. La integración de observaciones de campo, registros instrumentales y análisis de imágenes satelitales facilita la identificación de los cambios en el patrón eruptivo. Estas herramientas no solo nos permiten mejorar la comprensión de la dinámica eruptiva, sino que proporcionan información fundamental para la evaluación de las amenazas y facilitan la toma de decisiones, fortaleciendo los sistemas de alerta temprana.

La elaboración de mapas de amenaza volcánica y el uso de modelos numéricos como TITAN2D o LAHARZ, constituyen herramientas para representar y analizar los posibles escenarios de afectación asociados a las amenazas del volcán de Fuego. Las simulaciones permiten estimar las trayectorias y la distribución espacial de corrientes de densidad piroclástica, mientras que el análisis de lahares contribuye a identificar los cauces y las zonas que podrían verse afectadas por el transporte de sedimentos volcánicos. En conjunto, estas técnicas permiten identificar las zonas expuestas y permiten orientar la

planificación territorial, también fortalecen las estrategias de prevención y respuesta ante emergencia.

La integración de la vigilancia volcánica, el análisis de imágenes satelitales, los datos de campo y las simulaciones de procesos volcánicos representan una estrategia fundamental para comprender de manera integral las amenazas asociadas al volcán de Fuego. La combinación de estas herramientas proporciona una base técnica más sólida para actualizar los mapas de amenaza, identificar zonas de mayor exposición y apoyar la toma de decisiones por parte de las autoridades a nivel local y regional. Esta investigación busca visibilizar la labor de las universidades en temas de gestión de riesgo volcánico y establecer nuevos canales para generar conocimiento e información que sea útil para las autoridades.

Agradecimientos

El desarrollo de esta investigación es gracias al Instituto de Investigaciones de Ingeniería, Matemática y Ciencias Físicas de la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala y es realizada por el personal del Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica. Se le agradece el acompañamiento en campo a los señores: Edgar Barrios y Amílcar Calderas.

Contribución de los autores

Los autores no proporcionaron un desglose individualizado de sus contribuciones según la taxonomía CRediT al momento de la entrega del manuscrito; sin embargo, todos los autores declaran haber participado en la elaboración del trabajo y aprueban la versión final publicada.

Financiamiento

Esta investigación es de tipo profesional y ha sido desarrollada con fines de investigación por el Instituto de Investigaciones de Ingeniería, matemática y Ciencias físicas (in^3) de la Universidad Mariano Gálvez.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio están disponibles a través del autor de correspondencia previa solicitud razonable.

Referencias

Charbonnier, S. J., Garin, F., Rodríguez, L. A., Ayala, K., Cancel, S., Escobar-Wolf, R., Chigna, G., Chun-Quinillo, C., González, D., Chigna, W., Chun-Quinillo, K., Mérida, R., Juarez, F., & Calder, E. S. (2023). Unravelling the dynamics and hazards of the June 3rd, 2018, pyroclastic density currents at Fuego volcano (Guatemala). *Journal of Volcanology and Geothermal Research, 436*, 107791. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2023.107791

Chesner, C. A., & Rose, W. I. (1984). Geochemistry and evolution of the Fuego volcanic complex, Guatemala. *Journal of Volcanology and Geothermal Research, 21*(1–2), 25–44.

https://doi.org/10.1016/0377-0273(84)90014-3

Esposito, G., Marchesini, I., Mondini, A. C., Reichenbach, P., Rossi, M., & Sterlacchini, S. (2020). A spaceborne SAR-based procedure to support the detection of landslides. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 20*, 2379–2395. https://doi.org/10.5194/nhess-20-2379-2020

European Space Agency. (2015). *Sentinel-2 user handbook* (Issue 1, Rev. 2). https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook

European Space Agency. (s. f.-a). *Sentinel-1*. Sentinel Online. https://sentinels.copernicus.eu/copernicus/sentinel-1

European Space Agency. (s. f.-b). *Sentinel-1 Toolbox*. Science Toolbox Exploitation Platform. https://step.esa.int/main/toolboxes/sentinel-1-toolbox/

Global Volcanism Program. (2017). Report on Fuego (Guatemala): Strombolian activity, lava and pyroclastic flows, lahars, and ash plumes, June 2014–December 2015. *Bulletin of the Global Volcanism Network, 42*(5). Smithsonian Institution. https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN201705-342090

Global Volcanism Program. (2026). Fuego (342090). En *Volcanoes of the World* (v. 5.4.0; 7 de agosto de 2026) [Base de datos]. Smithsonian Institution. https://doi.org/10.5479/si.GVP.VOTW5-2026.5.4

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2018). *Mapa preliminar de amenaza de lahares: Crisis eruptiva del volcán de Fuego (junio 2018). Escenario A (lluvias moderadas)* [Mapa]. Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos, Vulcanología. https://insivumeh.gob.gt/mapas-de-amenaza-volcanica/

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2026, 5 de agosto). *Boletín vulcanológico especial BEFGO-066-2026: Finaliza la erupción del volcán de Fuego*. https://insivumeh.gob.gt/wp-content/uploads/2026/08/BEFGO_Activo.pdf

Iverson, R. M., Schilling, S. P., & Vallance, J. W. (1998). Objective delineation of lahar-inundation hazard zones. *GSA Bulletin, 110*(8), 972–984. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1998)110<0972:ODOLIH>2.3.CO;2

Main-Knorn, M., Pflug, B., Louis, J., Debaecker, V., Gascon, F., & Müller-Wilm, U. (2017). Sen2Cor for Sentinel-2. En *Image and Signal Processing for Remote Sensing XXIII* (Vol. 10427). SPIE. https://doi.org/10.1117/12.2278218

Monsalve, M. (2000). *Guía para la evaluación de la amenaza volcánica y elaboración de mapas de amenaza volcánica potencial en Colombia*. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, INGEOMINAS.

Patra, A. K., Bauer, A. C., Nichita, C. C., Pitman, E. B., Sheridan, M. F., Bursik, M., Rupp, B., Webber, A., Stinton, A. J., Namikawa, L. M., & Renschler, C. S. (2005). Parallel adaptive numerical simulation of dry avalanches over natural terrain. *Journal of Volcanology and Geothermal Research, 139*(1–2), 1–21. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.06.014

Schilling, S. P. (1998). *LAHARZ: GIS programs for automated mapping of lahar-inundation hazard zones* (Open-File Report 98-638). U.S. Geological Survey. https://pubs.usgs.gov/of/1998/0638/

Schilling, S. P. (2014). *Laharz_py: GIS tools for automated mapping of lahar inundation hazard zones* (Open-File Report 2014-1073).

U.S. Geological Survey. https://doi.org/10.3133/ofr20141073

Sola, I., García-Martín, A., Sandonís-Pozo, L., Álvarez-Mozos, J., Pérez-Cabello, F., González-Audícana, M., & Montorio Llovería, R. (2018). Assessment of atmospheric correction methods for Sentinel-2 images in Mediterranean landscapes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 73*, 63–76. https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.020

U.S. Geological Survey. (s. f.). *Monitoring volcano seismicity provides insight to volcanic structure*. Volcano Hazards Program. https://www.usgs.gov/programs/VHP/monitoring-volcano-seismicity-provides-insight-volcanic-structure

Vera, P., Ortega, P., Casa, E., Santamaría, J., & Hidalgo, X. (2019). Modelación numérica y mapas de afectación por flujo de lahares primarios en el drenaje sur del volcán Cotopaxi. *Revista Politécnica, 43*(1), 61–72. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292019000200061&lng=es&nrm=iso

Williams, R., Stinton, A. J., & Sheridan, M. F. (2008). Evaluation of the Titan2D two-phase flow model using an actual event: Case study of the 2005 Vazcún Valley lahar. *Journal of Volcanology and Geothermal Research, 177*(4), 760–766. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2008.01.045

Sobre los autores

M.Sc. Carla María Fernanda Chún Quinillo

Maestra en Gestión Integral de Riesgo de Desastres egresada de la UNAN-MANAGUA, especialista en Sistemas de Información Geográfica por la USAC, Ingeniera Geóloga egresada del CUNOR-USAC, pasantía en la Universidad de Florencia, Italia. Participó en cursos como: Prevención y manejo de desastres volcánicos realizado en Hokkaido, Japón, al igual que en el Curso internacional de entrenamiento en el monitoreo de amenazas volcánicas en la Universidad de Hilo Hawái y en el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y en el Curso Internacional de Volcanología Olot– La Palma. Actualmente es analista e investigadora en el Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica de la Universidad Mariano Gálvez. Formó parte del grupo de investigadores del Proyecto Ixchel liderado por la universidad de Edimburgo y la Universidad del Valle de Guatemala. Trabajó como consultora para el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Así mismo laboró en el departamento de investigación y servicios geofísicos del INSIVUMEH del 2015 al 2020. Ha participado como coautora en artículos publicados en *Journal of Volcanology and Geothermal Research y otras revistas académicas. Correo: carla.chun@umg.edu.gt. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4002-6320*

Ing. Geól. Dulce María Esther González Domínguez

Estudiante de la maestría en Gestión Integral de Riesgo de Desastres de la UNAN-MANAGUA, Ingeniera Geóloga egresada del CUNOR-USAC, Participó en cursos como: Prevención y manejo de desastres volcánicos realizado en Hokkaido, Japón. Ha participado como ponente en talleres a nivel nacional e internacional. Es analista e investigador en el Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica de la Universidad Mariano Gálvez. Formó parte del departamento de investigación y servicios geofísicos del INSIVUMEH, donde se especializó en monitoreo volcánico y en la elaboración de mapas de

amenaza, participando activamente en la atención de crisis eruptivas entre 2015 y 2019. Posteriormente, trabajó como consultora para el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático y ha sido parte del proyecto Proyecto IXCHEL, enfocándose en amenazas volcánicas y vulnerabilidad en entornos volcánicos. Correo: dulce.gonzalez@umg.edu.gt. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6314-7929

Ing. Geol. Kevin Carlos Enrique Chún Quinillo

Actualmente cursa la Maestría en Geomática y cuenta con diplomados en Sismología y Medio Ambiente. Ingeniero Geólogo egresado del CUNOR-USAC. Se desempeña como coordinador de Sismología e investigador del Servicio Sismológico de Guatemala (SSG), de la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, y participa en actividades de investigación y monitoreo volcánico en el Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica (OGVV). Su experiencia científica comprende el monitoreo y análisis de señales sísmicas, la investigación de procesos volcánicos y la elaboración de mapas de peligros volcánicos, con énfasis en la evaluación y modelación de corrientes de densidad piroclástica y lahares. Asimismo, cuenta con experiencia en sistemas de información geográfica y análisis espacial aplicados al estudio de amenazas geológicas y la gestión del riesgo de desastres. Ha participado en congresos científicos internacionales e impartido charlas en el extranjero, contribuyendo al intercambio y la divulgación del conocimiento científico. Correo: kevin.chun@umg.edu.gt. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5996-1285

Wendel Alexander Gutiérrez Paxtor

Estudios en Física en la universidad de San Carlos de Guatemala con experiencia en geofísica. Participó en cursos como: Prevención y manejo de desastres volcánicos realizado en Hokkaido, Japón. Es analista e investigador en el Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica de la Universidad Mariano Gálvez. Interesado en el estudio y modelado de fenómenos volcánicos, sísmicos y meteorológicos. Cuenta con experiencia en programación científica, automatización de procesos mediante Python y Bash, y ejecución de simulaciones de alta resolución utilizando técnicas de computación de alto rendimiento (HPC). Sus intereses académicos incluyen los métodos numéricos, las simulaciones computacionales, el análisis de datos geofísicos y el desarrollo de herramientas computacionales para la investigación científica. Correo: wendel.gutierrez@umg.edu.gt. ORCID: https://orcid.org/0009-0004-5493-2118

CC BY-NC-SA 4.0
Creative Commons

© 2026 Los autores. Este artículo se publica en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra con fines no comerciales, siempre que se cite la autoría y la publicación original en la Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra y que las obras derivadas se distribuyan con la misma licencia.