Boletín anual del Programa de Vigilancia Volcánica

Año 2019

1. Resumen general

1.1. Red de monitoreo de los volcanes

En el 2019, el Programa de Vigilancia Volcánica mejoró su capacidad de vigilancia virtual, desarrollando herramientas informáticas a fin de facilitar la visualización de los datos en tiempo real a partir de un celular o de una computadora.

La vigilancia volcánica se hizo a partir de una red (Tabla 1) de

- 20 estaciones sísmicas y 5 sensores de infrasonido ubicadas en la cercanía de los volcanes pertenecientes al Programa de Vigilancia Volcánica, más las estaciones cercanas de la red sísmica del OVSICORI. Adicionalmente se utilizan, con fines de vigilancia, algunas estaciones sísmicas de la RSN ubicadas en los volcanes activos.
- 24 estaciones GNSS (Global Navigation Satellite System) continuos monitorean los volcanes de Costa Rica. Estas estaciones son parte de una red de 108 estaciones GNSS que cubren el país para registrar la deformación tectónica y volcánica. El OVSICORI ópera 56 estaciones de GNSS en total, además recibe la señal de 8 GNSS del Instituto Geográfico Nacional, 3 GNSS del AYA, 1 de la Escuela de Topografía de la UNA y unos 20 del UNAVCO.
- 3 estaciones MultiGAS (multiple gas analyzer), 2 estaciones DOAS (Differential Optical Absorption Spectrometer) y 1 estación ExpoGAS (exposición humana a gas volcánico) para el monitoreo de la geoquímica de los gases,
- 7 cámaras web
- 2 laboratorios (geoquímica y petrología)

Todos estos equipos están monitoreando de manera continua y enviando al OVSICORI la señal en tiempo real (Figura 1). El buen funcionamiento del Programa de Vigilancia Volcánica requiere el proceso de los datos por 4 Académicos especializados y con doctorado en Ciencias, 1 Académico con maestría, además de la asistencia de 2 estudiantes y el apoyo técnico de 7 funcionarios.

Debe hacerse notar que, durante 2019, hubo vandalismo sobre los equipos de monitoreo de radar Doppler, estaciones sísmicas, DOAS en la zona del Turrialba.

Tabla 1: detalle de la red de monitoreo de los volcanes en 2019

	Sismología	Geoquímica de gas	Geofísica	Fuentes termales	Ambiental

Volcán	Estación sísmica	infrasonido	GPS permanente (<10 km)	GPS Campañas	multigas	DOAS	webcam	radar	multipotenciometrica	Muestreo agua	Estación meteorológica	Estación ambiental
Orosí-Cacao			1									
Rincón de la Vieja	3	1	3				2		1	1	1	
Miravalles	2		2									
Tenorio	1		2									
Arenal-Chato	2		4									
Platanar-Porvenir	2											
Poás	4	1	4		1	1	3					
Barva	1								1		1	
Irazú	4	1	6	5	1							1
Turrialba	4	2	5	7	1	1	2	1				

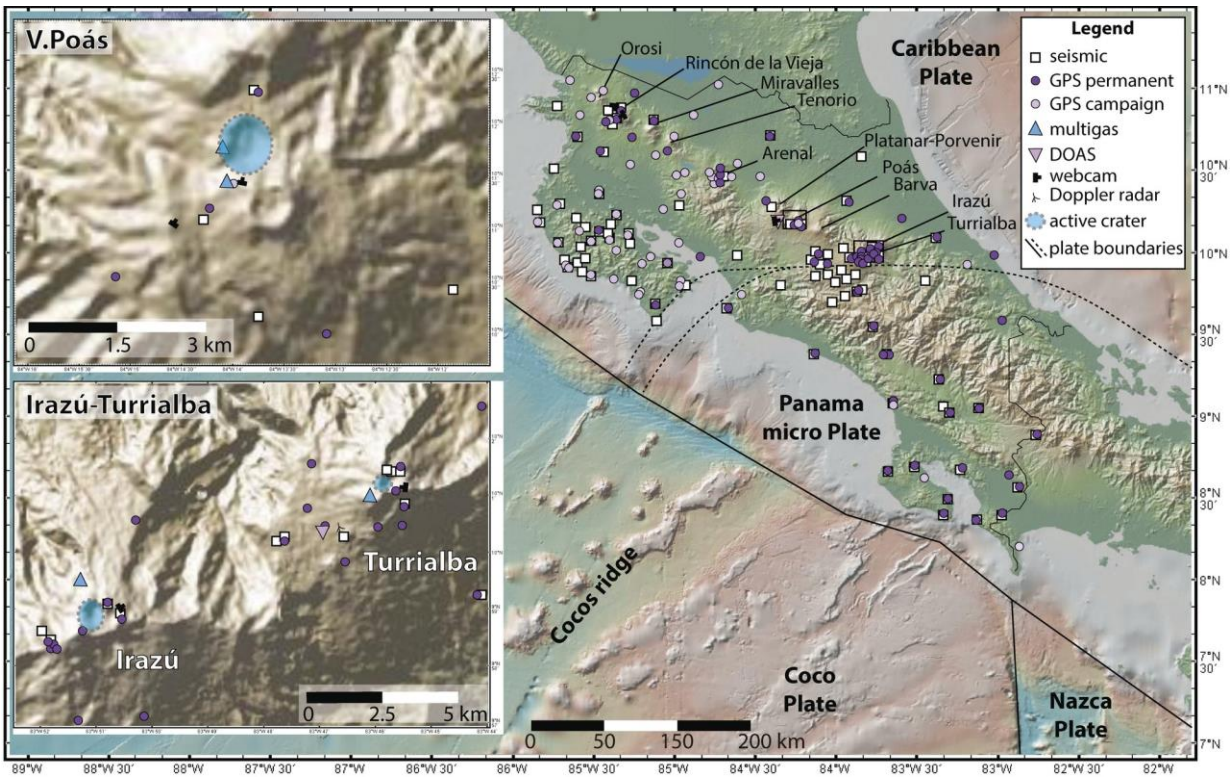

Figura 1: Red de monitoreo manejada por el OVSICORI-UNA en todo el país en el 2019. Encabezados: Volcán Poás y complejos volcánicos Irazú-Turrialba.

El OVSICORI-UNA mantiene una respuesta 24/7 todo el año, que incluye a todo el personal del instituto (un poco menos de 30 personas) cuando la actividad volcánica requiere una atención activa 24/7 como fue durante la crisis del Turrialba en 2015 y 2016.

1.2. Resumen de la actividad volcánica

Durante el 2019, la actividad volcánica se concentró principalmente en el volcán Poás, el cual presentó un panel largo de manifestaciones eruptivas desde borbollones y emisiones bajas de gas, hasta emisiones de ceniza y erupciones freatomagmáticas que alcanzaron los 500 m de altura. En comparación con el año anterior, se nota una disminución importante de la actividad eruptiva del volcán Turrialba (Figura 2). El volcán Rincón de la Vieja registró varias erupciones freáticas y freatomagmáticas.

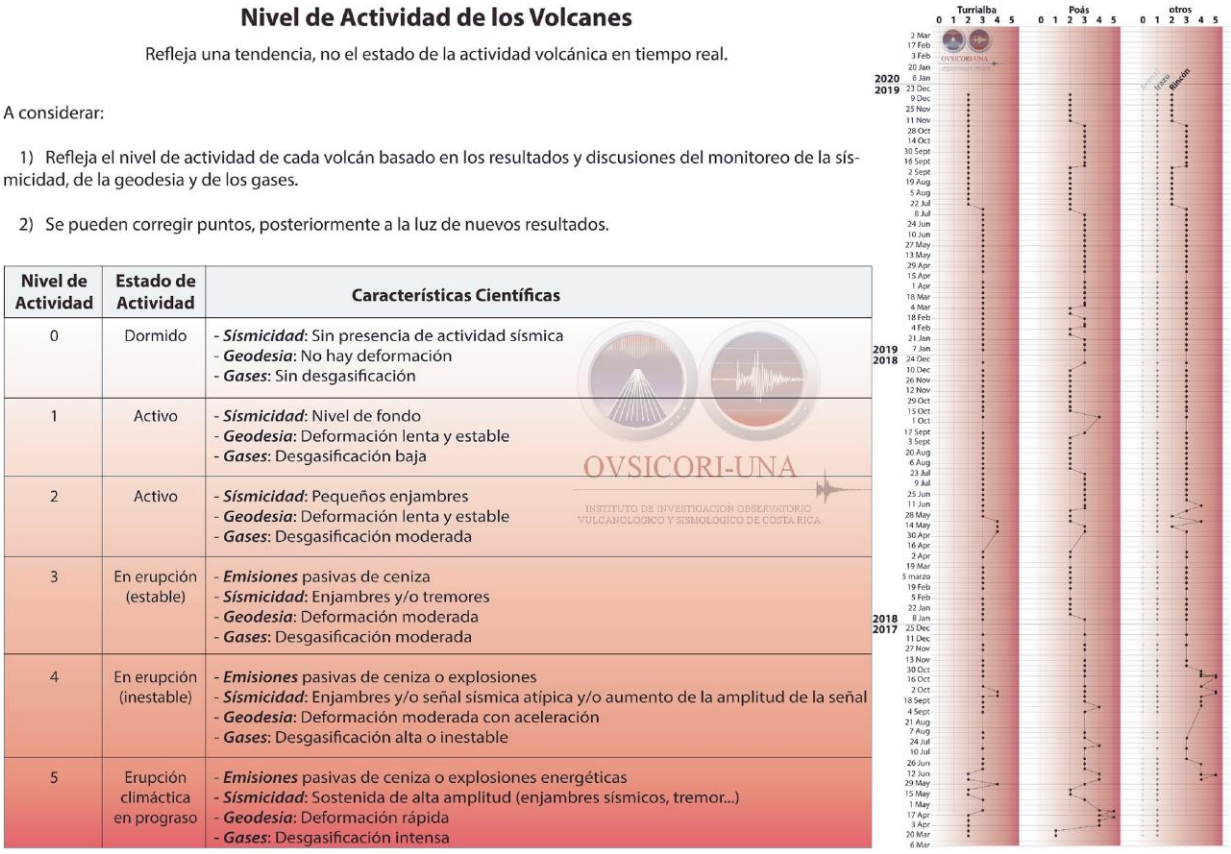

Figura 2: Evolución del nivel de actividad de los volcanes más activos de Costa Rica desde el 2017.

2. Actividad volcánica detallada en Costa Rica

2.1 Volcán Turrialba

Lat: 10.025°N; **Long:** 83.767°W; **Altitud:** 3340m
Nivel de actividad en 2018: 2 (volcán activo)
Peligros potencialmente asociados: gas, emisión de ceniza, balísticos próximales.

Siguiendo la tendencia del fin del 2018, durante el año 2019, la actividad del volcán Turrialba disminuyó lo que justificó bajar su nivel de actividad de 3 a 2 el 22 de julio del 2019. Se detectaron 72 días con erupciones, exhalaciones y/o explosiones durante los primeros 3 meses del año, y solamente 31 días para los 9 otros meses (Figura 3). Se observó una disminución del aporte magmático (fin de la inflación e inicio de una deflación, disminución progresiva del flujo

de SO_2, estabilización de la razón CO_2/SO_2), y una recuperación parcial del sistema hidrotermal (aparición del H_2S).

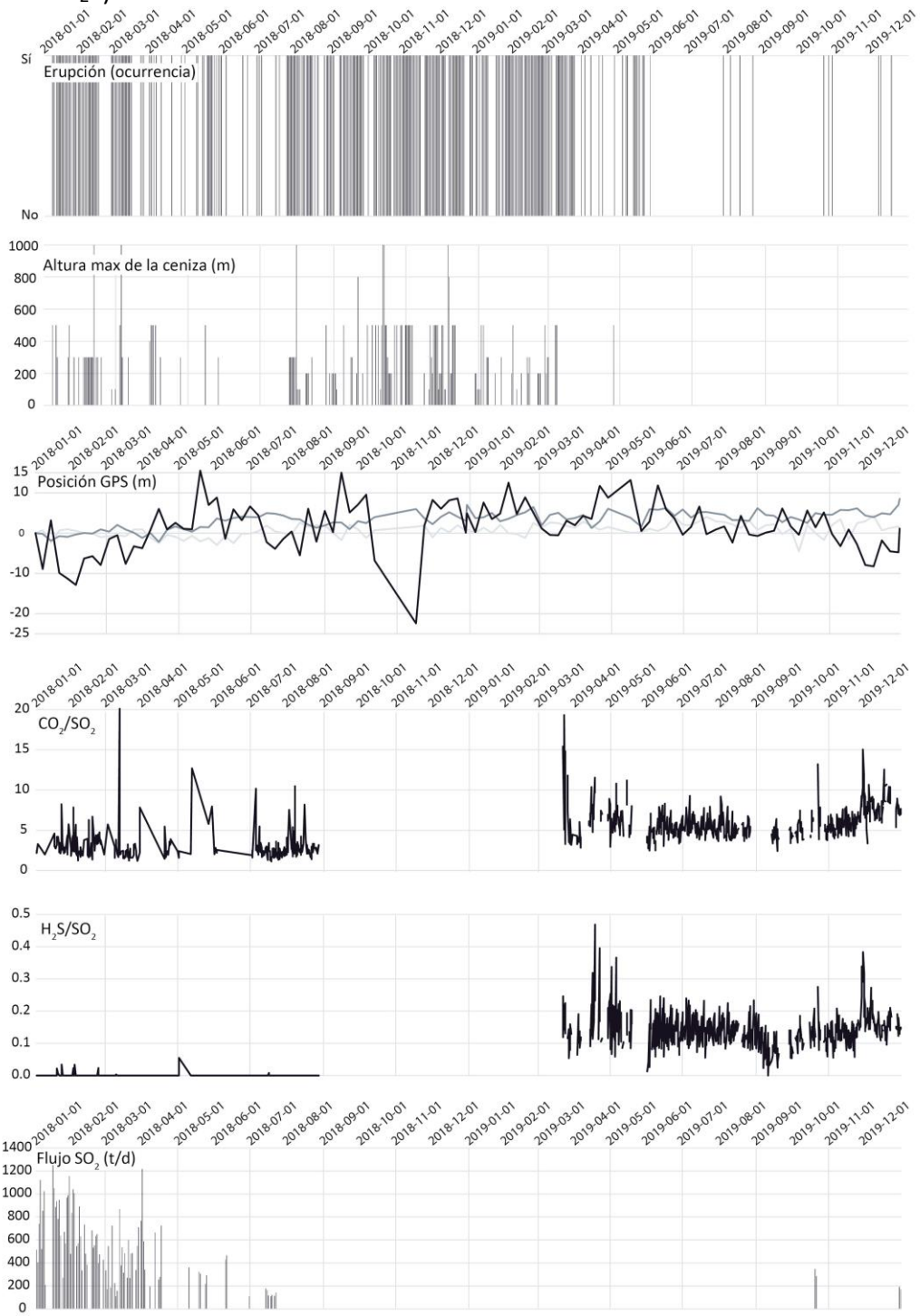

Figura 3: Ocurrencia de eventos, altura de la pluma de ceniza, evolución de la posición del GPS VTCA relativamente a RIDC y BATA (negro: vertical, gris: norte, claro: este), de las razones de gases CO_2/SO_2, y H_2S/SO_2, y del flujo de SO_2 para el volcán Turrialba en el 2018 y 2019.

2.2. Volcán Poás

Lat: 10.2°N; **Long:** 84.233°W; **Altitud:** 2780m

Nivel de actividad en 2018: 3 (volcán en erupción)

Peligros potencialmente asociados: gas, erupciones freáticas pequeñas a moderadas saturadas en agua, ceniza, balísticos próximales.

Durante el año 2019, el volcán Poás presentó una actividad variable, con erupciones freáticas de tipo “geyser” hasta erupciones freáticas moderadas, emisiones de ceniza y balísticos que no alcanzaron el mirador de los visitantes (Figura 4). La mayoría de los eventos ocurrieron en febrero con erupciones de balísticos y ceniza de más de 200 m de altura (altura del jet, no de la pluma), pero la erupción más energética fue de carácter freático el 30 de setiembre del 2019 durante la cual proyectó balísticos de 1-2 cm hasta el borde del cráter. El lago desapareció al inicio del año para volver a aparecer al fin de la época seca (Figura 5) pero se mantuvo intermitente debido a la fuerte evaporación, consecuencia del aporte de calor por las fumarolas.

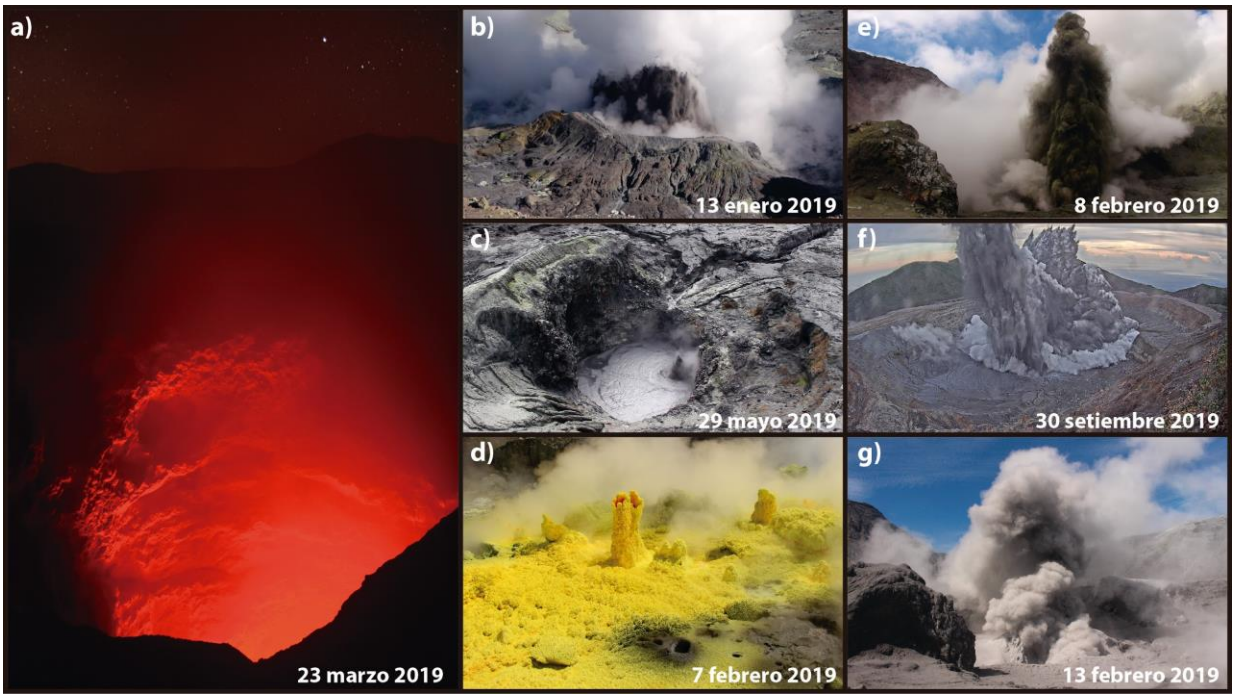

Figura 4: Ilustraciones de erupciones que ocurrieron en el volcán Poás en el 2019. a) incandescencia nocturna; b) actividad de tipo geyser; c) actividad de tipo borbollón/geyser; d) solfataras y campo fumarólico; e) emisión de balísticos y ceniza; f) erupción freatomagmática moderada; g) emisión de ceniza (fotos: G.Avard a la excepción de f:webcam del OVSICORI-UNA).

A pesar de esta actividad importante, no se detectó movimiento de fluidos (magma e/o gas) durante el primer semestre. En agosto-setiembre se nota una leve inflación, incremento de los tremores y una disminución de la razón CO_2/SO_2 (Figura 5), la cual podría indicar que hubo un aporte nuevo de gas magmáticos y/o movimiento profundo de magma. Durante este periodo volvió la actividad eruptiva que culminó con la erupción del 30 de setiembre, (Figura 4f) pero la señal registrada nunca alcanzó valores que sobrepasaron el nivel de incertidumbre de las mediciones (ver los datos de GPS, Figura 5), es decir el aporte no fue suficientemente importante para ser considerado significativo. La ceniza colectada presentó un contenido en material alterado al inicio del periodo eruptivo (febrero 2019) que disminuyó rápidamente por la apertura del conducto después de la destrucción del sello semipermeable, seguido por una ausencia de aumento de la proporción en material juvenil (ver análisis modal, Figura 5), lo que explica esta ausencia de aporte magmático nuevo.

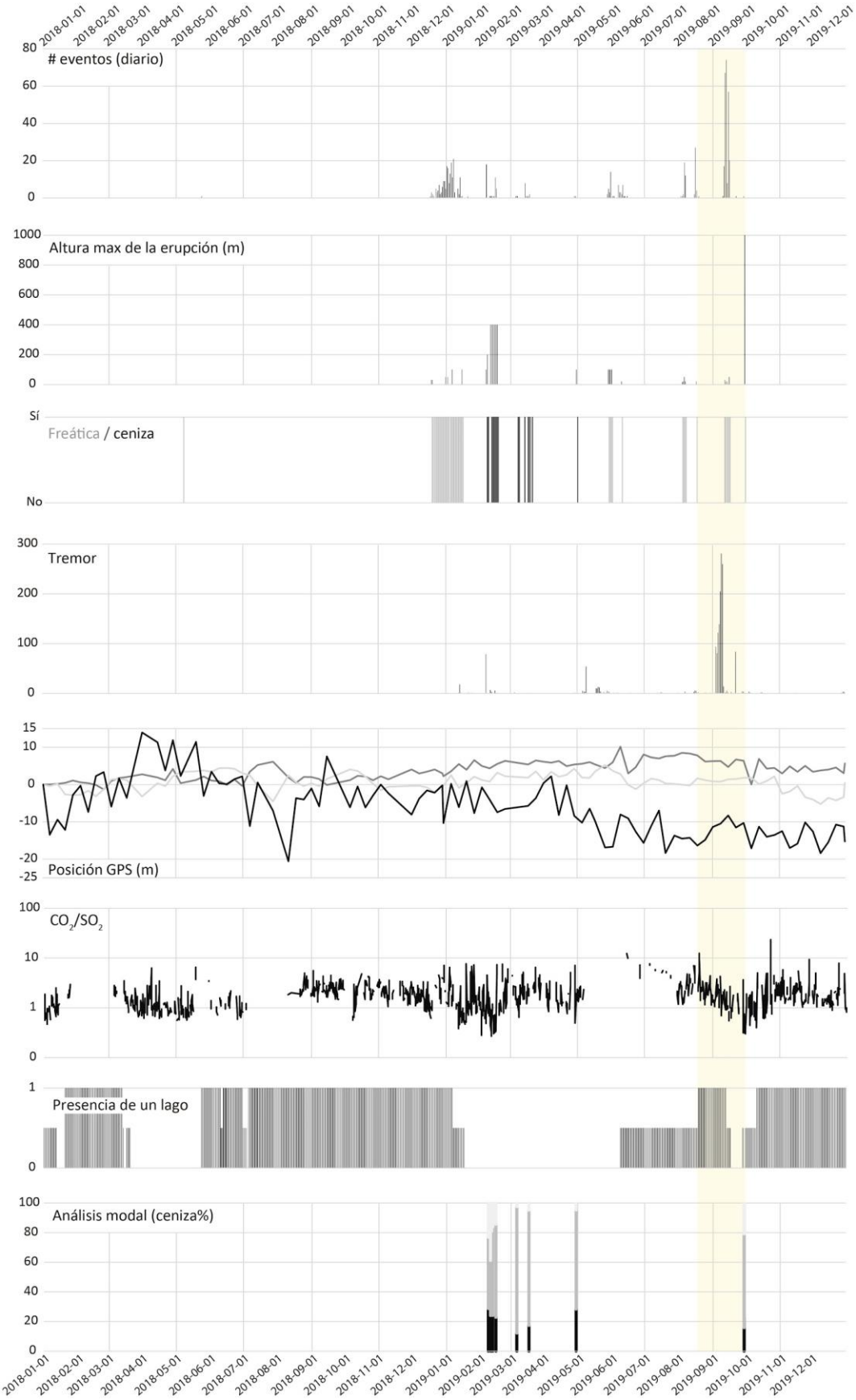

Figura 5: Ocurrencia de eventos freáticos/magmáticos con la altura de la pluma correspondiente, evolución de los tremores, de la posición del GPS VPCR relativamente a RIFO (negro: vertical, gris: norte, claro: este), de la razón

CO_2/SO_2, y del análisis modal de la ceniza (negro: juvenil, gris: lítico, claro: alterado). En amarillo, un cambio posiblemente magmático.

Este año se inició un monitoreo automático de la concentración en SO_2 (estación ExpoGAS) en el mirador del Parque Nacional durante los horarios de apertura al público. Esta estación detectó picos de concentración hasta >20 ppm dependiendo del comportamiento del volcán y de las condiciones ambientales (baja velocidad del viento o dirección hacia el sur). El 20 de setiembre se observó una ausencia de viento que generó una pluma muy vertical y una caída de los condensados en el mirador sin detección por la estación ExpoGAS, que al reaccionar con el suelo formó una espuma blanca, un cambio de coloración de las paredes de concreto, una corrosión fuerte de los metales, una decoloración de la ropa y la muerte de la vegetación (Figura 6). La naturaleza de estos reactivos altamente ácidos todavía está en proceso de análisis.

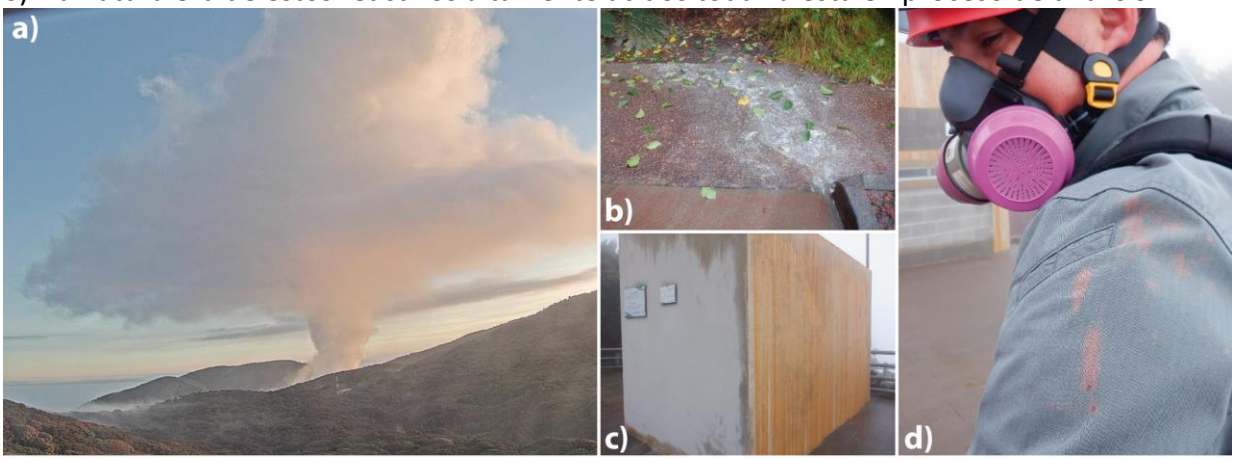

Figura 6: Pluma de gas e impacto directo el 20 de setiembre del 2019. a) pluma de gas en la ausencia de viento (foto: webcam OVSICORI-UNA); b) reacción de los gases y lluvia ácida con el asfalto; c) reacción de los gases y lluvia ácida con el concreto de los refugios; d) reacción de la lluvia ácida con la camiseta de los funcionarios del OVSICORI-UNA (Fotos: G.Avard).

2.3. Volcán Rincón de la Vieja

Lat: 10.83°N; **Long:** 85.324°W; **Altitud:** 1895m
Nivel de actividad en 2018: 3 (volcán en erupción)
Peligros potencialmente asociados: gas, erupciones freáticas pequeñas a moderadas saturadas en agua, balísticos alrededor del cráter, lahares.

El volcán presentó una erupción nocturna importante el 18 de enero del 2019 que generó lahares en la zona norte. Las cámaras de vigilancia detectaron material caliente, probablemente bloques sólidos arrancados por la erupción (Figura 7). EL 11 de junio se vuelve a registrar una fuerte explosión que no produjo lahares. A la excepción de esta erupción, se detectaron pocas erupciones freáticas y en disminución durante el transcurso del año y una tendencia a la deflación.

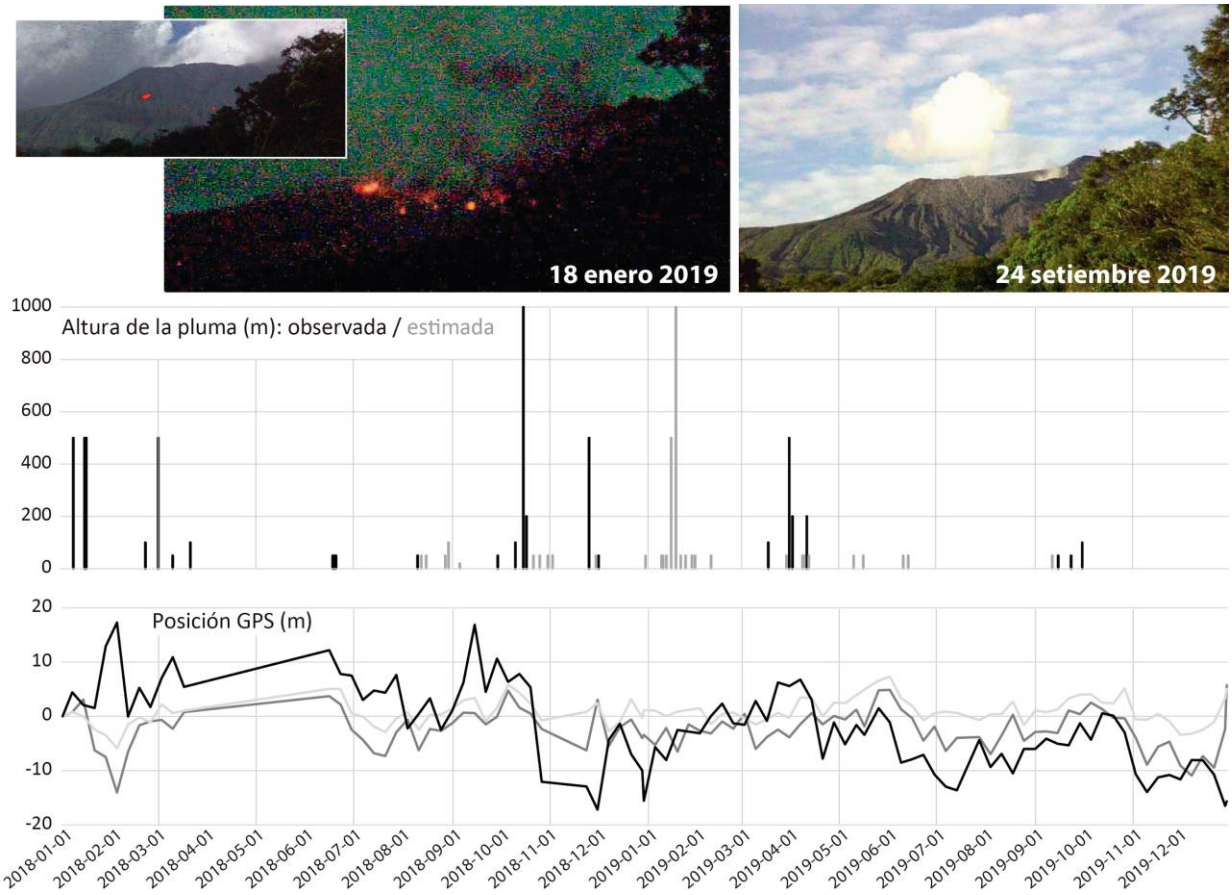

Figura 7: Fotos de las erupciones del 18 de enero (encabezado: superposición de la foto de noche con una foto de día), y del 24 se setiembre del 2019. Altura de la pluma observada por las cámaras o estimada (detectadas por la señal sísmica sin observación visual posible). Evolución de la posición del GPS VRCO relativamente a Liberia (negro: vertical, gris: norte, claro: este) para los años 2018 y 2019.

En el detalle, se observan 2 periodos durante el 2019 con incremento del número de tremor corto diario (Figura 8), pero en general la actividad sísmica confirma esta leve tendencia a la disminución de la actividad entre el primer semestre y el segundo.

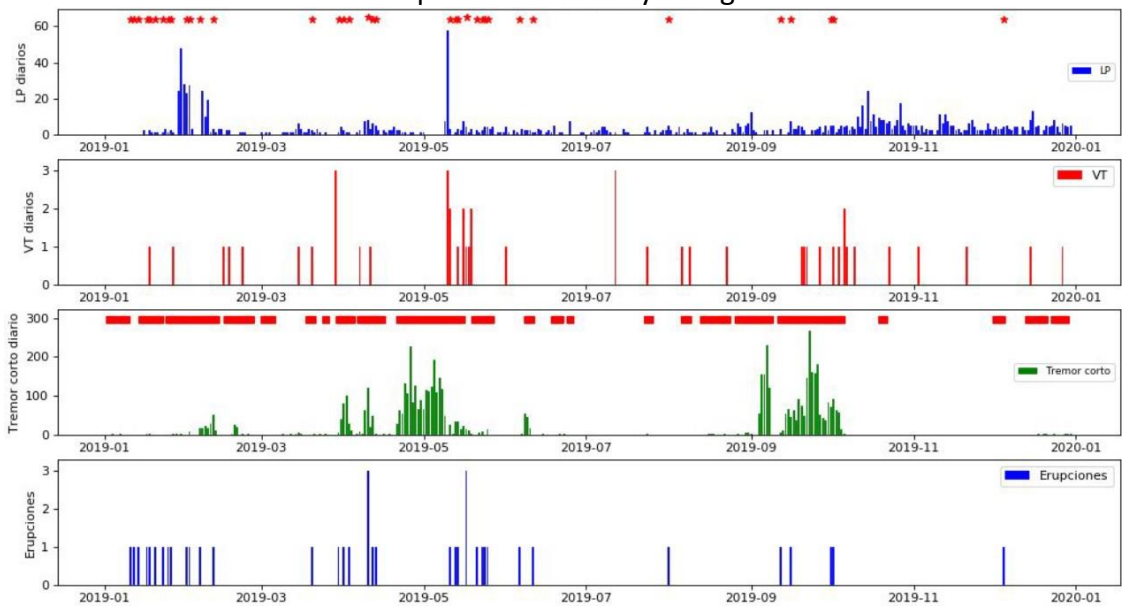

Figura 8: Actividad sísmica para el Rincón de la Vieja durante el 2019: número diario de LPs, VTs, tremor corto, y erupciones.

2.4. Volcán Irazú

Lat: 9.979°N; **Long:** 83.852°W; **Altitud:** 3432m
Nivel de actividad en 2018: 1 (activo)
Peligros potencialmente asociados: sismos, deslizamientos.

El volcán Irazú presentó una disminución de la actividad sísmica registrada durante el transcurso del año 2019. El número de VTs diario disminuyó durante el segundo semestre en comparación del primero, y los LPs casi desaparecieron (Figura 9). También se observó variaciones importantes del nivel del lago con una disminución al fin del año.

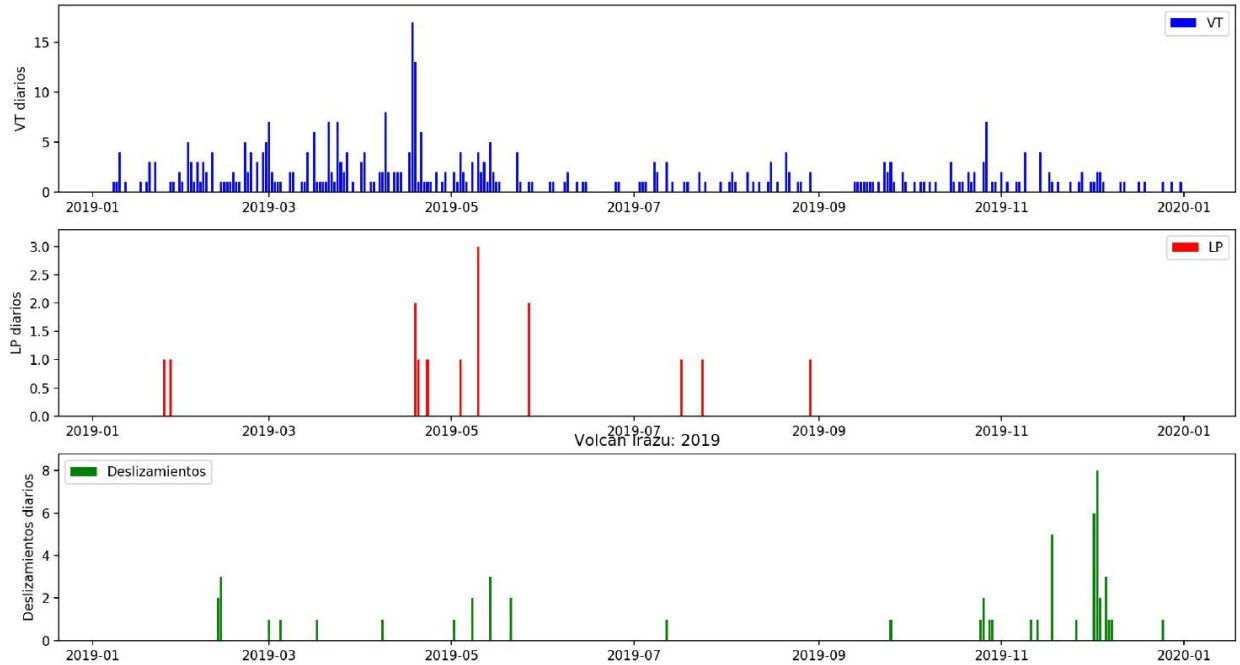

Figura 9. Actividad sísmica para el año 2019: Números diarios de VTs, de LPs y de deslizamientos detectados por los sismógrafos.

Pero se registró un aumento de los deslizamientos, particularmente en el Cráter Principal después del deslizamiento del 2 de mayo del 2019 que generó un seiche y también durante el periodo de aceleración del deslizamiento principal en el sector oeste de las torres de comunicación (Figuras 9 y 10). En total, los derrumbe dentro y a fuera del Cráter Principal representan un volumen de ~600,000m3 medido por fotogrametría. El deslizamiento del sector de las torres presenta una tendencia a la aceleración casi continua todo el año. Pasó de una velocidad de 77 cm/año vertical y 67 cm/año horizontal en el 2018 a una velocidad de 110 cm/año vertical y 72 cm/año horizontal en noviembre-diciembre del 2019. El volumen en desplazamiento representa ~20 millón de m^3.

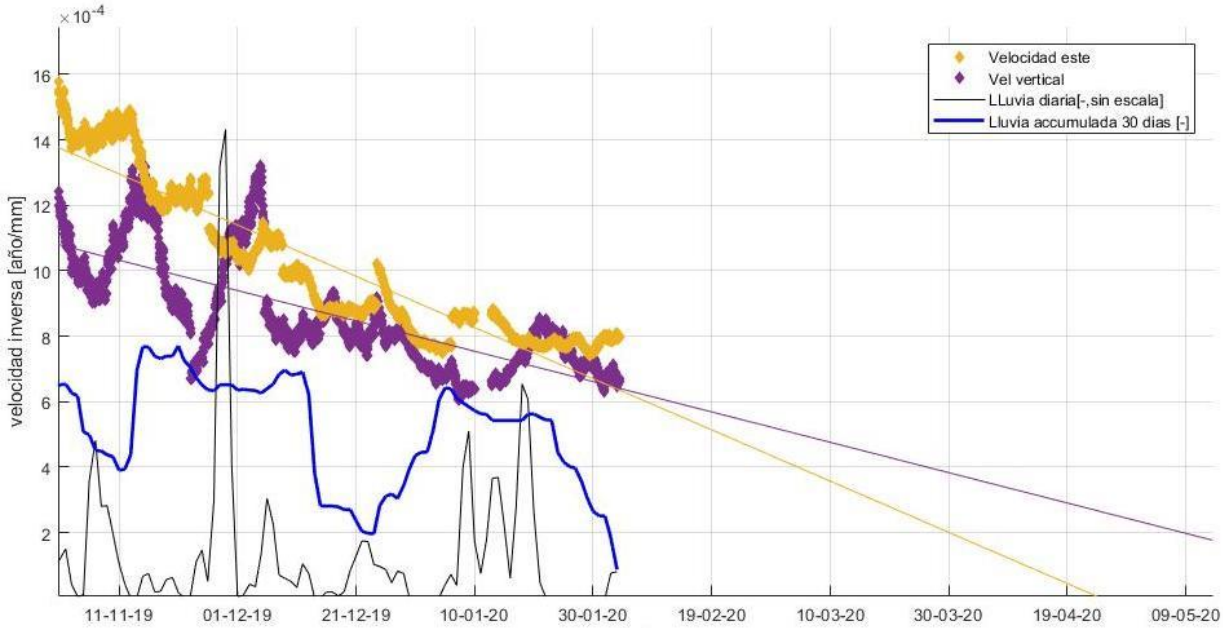

Figura 10. Inversa de la velocidad horizontal y vertical del deslizamiento y estimación del tiempo de ruptura según el método de las velocidades inversas basada sobre la posición de un GPS ubicado sobre el deslizamiento.

2.5. Volcán Arenal

Lat: 10.463°N; **Long:** 84.703°W; **Altitud:** 1670m
Nivel de actividad en 2018: 0 (dormido)
Peligros potencialmente asociados: sismos, deslizamientos.

La deformación asociada a la compactación del volcán por el peso del material eyectado entre el año 1968 y 2010 es de menor amplitud que durante los dos últimos años (Figura 11). Se registraron algunos VTs y pequeños derrumbes. Transectos de DOAS indican que no hay emisiones de SO_2. No se detectó actividad magmática.

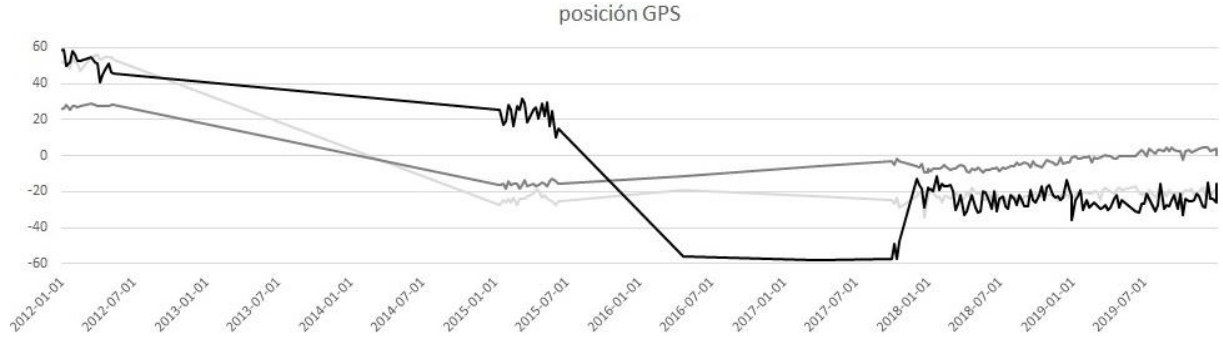

Figura 11: Evolución de la posición del GPS AROL relativamente al GPS COVE (negro: vertical, gris: norte, claro: este) desde el inicio del 2012.

2.6. Volcán Tenorio

Lat: 10.673°N; **Long:** 85.015°W; **Altitud:** 1916m
Nivel de actividad en 2018: 0 (dormido)
Peligros potencialmente asociados: sismos.

La actividad sísmica se mantuvo baja este año, a su nivel de fondo. Presentó VTs distales posiblemente tectónico (asociados a fallas) y algunos proximales que se asocian al volcán, particularmente un pequeño enjambre el 26 de setiembre.

2.7. Volcán Miravalles

Lat: 10.44°N; **Long:** 85.09°W; **Altitud:** 2028m
Nivel de actividad en 2018: 0 (dormido)
Peligros potencialmente asociados: sismos.

Se registró un VT de magnitud 1.6 el 8 de setiembre que se asocia al volcán. No se observa deformación significativa.

2.8. Volcán Platanar

Lat: 10.3°N; **Long:** 84.366°W; **Altitud:** 2267m
Nivel de actividad en 2018: 0 (dormido)
Peligros potencialmente asociados: sismos.

Se registraron algunos pequeños sismos aislados cercanos a la cima asociados a actividad tectónica. No se detectó actividad magmática.

2.9. Volcán Barva

Lat: 10.135°N; **Long:** 84.1°W; **Altitud:** 2906m
Nivel de actividad en 2018: 0 (dormido)
Peligros potencialmente asociados: sismos.

Se registraron algunos VTs esporádicos que se consideran como línea base (2-3 eventos / mes). No hay LPs.

Léxico:

VTs: sismos volcano-tectónicos asociados a la ruptura de roca.

LPs: señal sísmica de baja frecuencia asociada a una corta vibración de un conducto por un movimiento de fluido (líquido-gas).

Tremor: LP de larga duración

Erupción/exhalación/explosión: erupción = salida de material sólido/líquido. Exhalación = liberación progresiva de una acumulación de gas. Explosión = descompresión súbita de gas

infrasonido: sonido de frecuencia más baja que lo audible.

GPS permanente/semipermanente: antena de recepción de la señal satelital de la red del Sistema Global para la Ubicación (Global Positioning System). La antena puede ser instalada de manera permanente o por un tiempo de varios días cual se repite varias veces por año (semipermanente).

DOAS/transecto: Espectrómetro Óptico de Diferencia de Absorción cual permite cuantificar la absorción de la luz ultravioleta por la presencia de SO_2 en la atmósfera. Se usa para medir el flujo de SO2 haciendo escaneos del cielo a partir de una estación fija o caminando abajo de la pluma (transecto).

Sistema hidrotermal: zona superficial dentro del edifico volcánico donde se acumulan las aguas de infiltración. Esta agua se carga de los aportes magmáticos (calor, elementos químicos) lo que genera condiciones propias a mucha diversidad de actividad (fuentes termales, solfataras, “geysers”, alteración de roca, formación de un sello semipermeable, erupciones freáticas…).

Erupción freática: erupción debida a la descompresión súbita de los gases. Ocurre cuando el agua del sistema hidrotermal se calienta y no tiene posibilidad de evaporarse y expandirse por

la presencia de un sello semipermeable. Por la ruptura mecánica del mismo, el agua metaestable se vaporiza y expende rápidamente generando una explosión.

Erupción freatomagmática: erupción debida a la evaporación y expansión súbita del agua del sistema hidrotermal por el calentamiento rápido al contacto con el magma.

Geyser: sistema de plomería estable de tipo sifón que permite la acumulación de agua metaestable o gas comprimido hasta el nivel del sifón cual evacua el exceso de presión, liberando de manera súbita un volumen moderado de gas en forma de burbujas. El sistema se recarga por el aporte casi constante de gas magmático y calor desde la profundidad.

Pluma/jet: pluma = nube de gas, aerosoles (gotas finas) y/o ceniza (roca pulverizada) transportada por el viento. Jet = parte de la pluma cual transporte es controlado por la velocidad de la eyección del material y no por el viento o las condiciones ambientales.

Juvenil/lítico/alterado: material sólido (ceniza, lapilli, bomba) que no reaccionó con los gases magmáticos (juvenil), que fue arrancado al edificio durante el proceso eruptivo (lítico), o que fue suficiente expuesto a los gases magmáticos para permitir una reacción de los minerales para constituir una roca diferente de la emitido originalmente por el volcán (proceso de alteración de la roca).

Seiche: mini tsunami dentro de un lago confinado, generalmente provocado por la entrada de un volumen importante de material (derrumbe).

Línea base: nivel de actividad monitoreada que sirve de referencia.