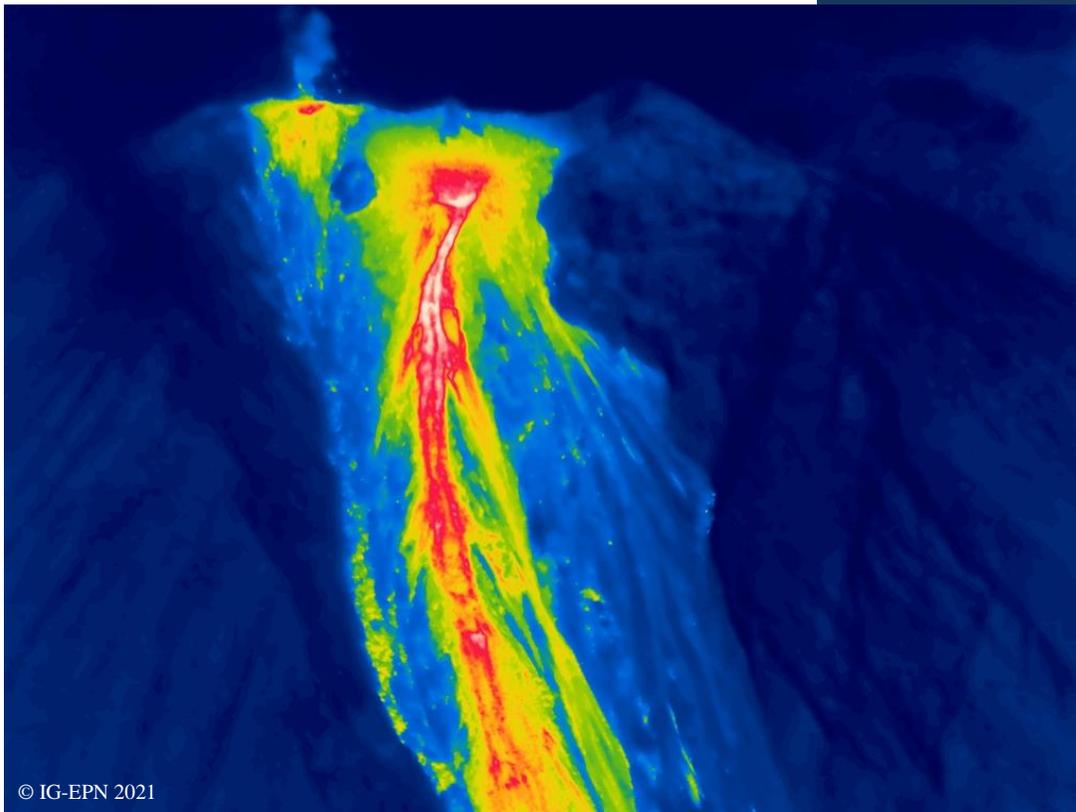


Informe de Gestión



Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

Presentación:

El 07 de Febrero de 1983, El Consejo Politécnico de la Escuela Politécnica Nacional, (máximo organismo institucional) resuelve: Crear en la Escuela Politécnica Nacional el Instituto Geofísico, quien orientará sus actividades a la Investigación y estudio de la sismicidad y riesgo sísmico del país y su incidencia en la construcción de obras civiles de infraestructura relacionada con la Ingeniería en base a investigaciones dinámicas y estructurales; y proporcionará la asistencia correspondiente en los aspectos académicos de la Politécnica y en la presentación de servicios requeridos sobre tales campos.

Por Decreto Ejecutivo Nro. 3593, publicado en registro Oficial del 20 de enero del 2003, recibe el Encargo del Estado Ecuatoriano, "... el diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos en todo el territorio nacional.

Para cumplir con este encargo, el Instituto Geofísico – Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional, realizará las siguientes actividades:

- a) Vigilancia, detección y comunicación mediante la red nacional de sismógrafos de los movimientos sísmicos ocurridos en el territorio nacional, así como el estudio e investigación de la sismicidad con fines de reducción del riesgo sísmico;
- b) Vigilancia, detección y comunicación mediante la red de observatorios volcánicos de las erupciones ocurridas en el territorio nacional, así como el estudio de investigación del volcanismo activo con fines de reducción del riesgo volcánico; y,
- c) Identificación de amenazas volcánicas y sísmicas y preparación de los mapas de peligro respectivos.

El Instituto Geofísico funciona como una unidad ejecutora, lo que le permite un manejo administrativo y financiero desconcentrado. Cada año elabora su propio presupuesto, el mismo que es integrado al presupuesto institucional, el que luego de ser aprobado por Consejo Politécnico es enviado al Ministerio de Finanzas para su aprobación final.

En el aspecto legal, al formar parte de la Escuela Politécnica Nacional, está obligado a cumplir con la Ley Orgánica de Educación Superior Ley Orgánica del Servicio Público LOES, LOSEP, el Código de Trabajo, Estatuto Institucional y Normativos Internos de la EPN.

Plan Estratégico Institucional

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional IG-EPN; cuenta con un plan estratégico establecido, mismo que se encuentra alineado a los objetivos institucionales de la Escuela Politécnica Nacional y al Plan Nacional del Buen Vivir.

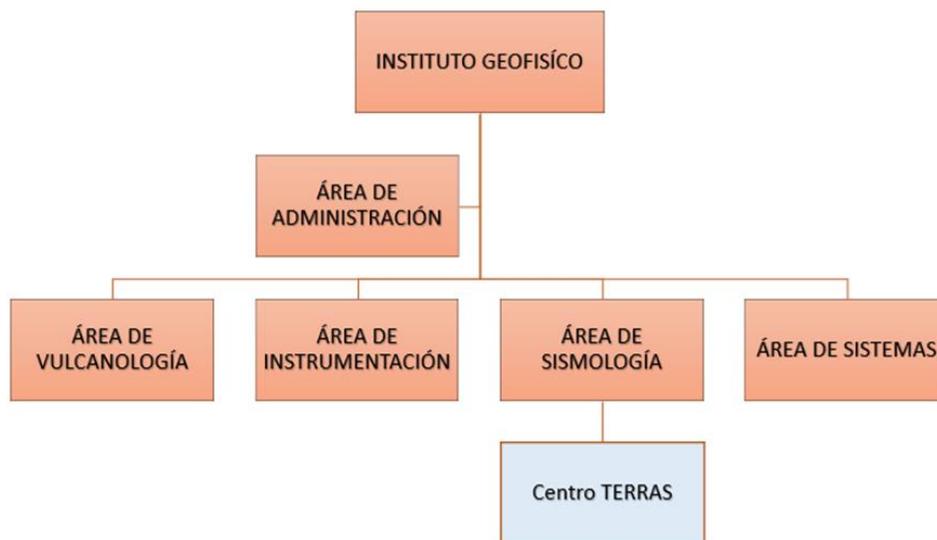
Misión

“Contribuir a través del conocimiento de las amenazas sísmicas y volcánicas a la reducción de su impacto negativo en el Ecuador, mediante la vigilancia permanente, la investigación científica, la formación académica de alto nivel y el desarrollo y aplicación tecnológica promoviendo la creación de una cultura de prevención.”

Visión

“El Instituto Geofísico será una organización estratégica del estado ecuatoriano, líder en la investigación científica, en el monitoreo instrumental y la formación académica en la región, que incida en las políticas del Estado para propender al mejoramiento de la seguridad individual y colectiva, así como al desarrollo sostenible del país, vía reducción de su vulnerabilidad frente a los fenómenos sísmicos y volcánicos.”

Organigrama



Organigrama del Instituto Geofísico

Trabajo realizado durante el 2021 IG-EPN

Área de Vulcanología

Durante el año 2021, el Área de Vulcanología ha mantenido su configuración de trabajo mediante subgrupos de vigilancia volcánica, los cuales son: Deformación, Ceniza, Fluidos, Termografía y Lahares. En conjunto, a pesar de la crisis sanitaria mundial, se ha logrado cumplir con 88 comisiones de servicio, cuyo propósito fue la obtención de datos y vigilancia de actividad superficial en campo (p.e., Sangay y Reventador), así como el mantenimiento de redes de vigilancia volcánica (p.e., Red permanente DOAS del volcán Cotopaxi). En comparación con el año 202, la cantidad de comisiones de servicio se ha incrementado, de acuerdo con la flexibilización de actividades laborales. Sin embargo, algunas tareas de vigilancia se les ha dado menos prioridad, sobre todo debido a problemas de accesibilidad, por ejemplo, el ingreso a ciertas fuentes termales se ha restringido por la ausencia o cambio de los dueños de las propiedades en las que se encuentran (p.e., Fuente Las Acacias – Guagua Pichincha)

El personal del área de vulcanología tuvo que restringir la vigilancia de campo esencialmente a los volcanes en erupción (p.e., Reventador, Sangay) y otros activos y potencialmente activos (p.e., Cuicocha, Chiles, Cotopaxi) que presentaron ocasionales estados de leve agitación (p.e., crisis sísmicas, emisión de gases). La implementación del análisis de los productos proporcionados por los sensores remotos (p.e., imágenes satelitales GOES-16) y el análisis continuo de los datos provenientes de las estaciones de vigilancia remota (p.e., gases, deformación y sismicidad), han permitido cumplir a cabalidad con la vigilancia volcánica a pesar de las limitaciones de movilidad por la crisis sanitaria.

Durante 2021 el personal de vulcanología generó/revisó y publicó al menos 268 informativos volcánicos “IGalInstante”, cuyo propósito es comunicar de forma urgente información ante la ocurrencia de amenazas como: lahares, emisiones de ceniza, emisiones de gas, o eventos sísmicos anómalos en volcanes. Dentro de este contexto de vigilancia volcánica, se realizan turnos que constan de dos vulcanólogos, cada semana, durante todo el año, en los que se generan informes diarios (p.e., Reventador y Sangay; 730 informes diarios), informes semanales (p.e., Chiles, y Cotopaxi; 102 informes semanales), mensuales (p.e., Antisana y Cayambe; 49 informes) y especiales en caso de erupciones volcánicas (p.e., Sangay; 5 informes).

Durante el 2021 se ha logrado mantener en funcionamiento óptimo todas las redes de vigilancia, así como establecer nuevos y mejorados protocolos de manejo de crisis volcánicas:

- **Deformación:** GPS, Inclínometría y gravimetría.
Actualmente el IG posee alrededor de 80 estaciones geodésicas, incluyendo las temporales post-terremotos y estaciones de monitoreo en tiempo real. Los

productos resultantes del análisis de los datos obtenidos por dichas estaciones, así como de las imágenes proporcionadas por las plataformas satelitales en cooperación con agencias internacionales (p.e., Iniciativa Geohazards, Supersites and Natural Laboratories – Italia; Poznan Supercomputing and Networking Center – Polonia), son: interferogramas, mapas de velocidad (**Fig. 1**), mapas de coherencia y series temporales en los volcanes de Galápagos (p.e., Fernandina, Wolf, Alcedo, Sierra Negra, Darwin, Cerro Azul, Isla Santiago) y el Continente (Tungurahua, Chimborazo, Sangay, Reventador, Chiles-Cerro Negro, Guagua Pichincha, Cotopaxi, Cayambe). Estos datos son presentados de forma semanal y compilados en informes mensuales.



Figura 1. Izquierda: Mapa de velocidades de la zona de los volcanes: Potrerillos, Chiles y Cerro Negro. Derecha: Nuevas bases cGPS (“Sistema de Posicionamiento Global Continuo” por sus siglas en inglés) instaladas en el volcán Cerro Negro.

- **Lahares:** redes AFM - Acoustic Flow Monitoring.

En el volcán Sangay se registraron 132 eventos (**Fig. 2**), los cuales fueron reportados mediante informativos IG al instante. En los meses de marzo a mayo ocurrieron los eventos más grandes y en mayor frecuencia, los cuales afectaron en varias ocasiones el puente del río Upano en la vía que comunica a las ciudades de Puyo y Macas. En Cotopaxi se registraron 4 eventos en el flanco nor-occidental del volcán. Todos ellos son eventos pequeños y están restringidos a las inmediaciones del Parque Nacional. En el volcán Tungurahua se han reportado 7 eventos relacionados a la ocurrencia de flujos de agua lodosa mediante reportes al instante (IG al instante), estos se encuentran relacionados a la re-movilización de material volcánico debido a las fuertes lluvias en las partes altas.

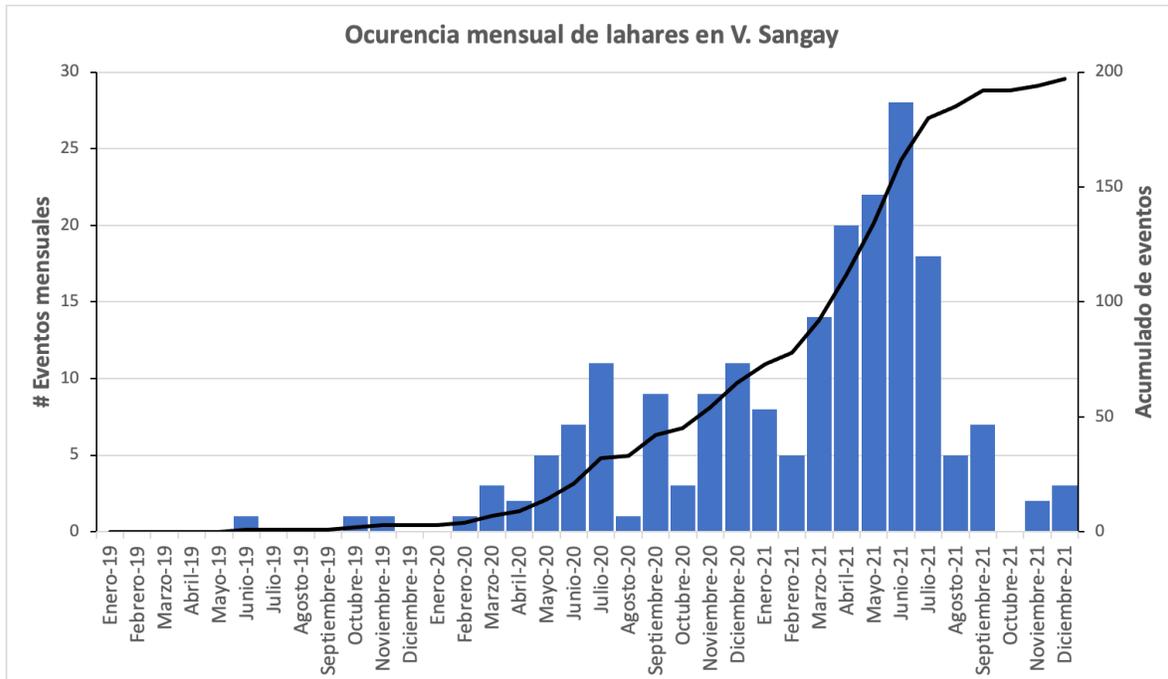


Figura 2. En la gráfica se puede observar la cantidad de lahares por mes asociados al volcán Sangay, entre 2019 y 2021.

- **Ceniza:** red nacional de cenizómetros, grupo de observadores volcánicos. Actualización del Manual de procedimiento - Simulación de dispersión y caída de ceniza - V2021, Checklist - Pulsos eruptivos (p.e., Sangay), Protocolo de revisión de imágenes satélite GOES-16 para la detección y caracterización de nubes volcánicas en Ecuador, Plantillas IGalinstante, Notificaciones VONA, Mensajes en Redes Sociales, Comunicación con la W-VAAC vía nwschat, Creación de un cenizómetro automático. Campañas de muestreo, instalación y mantenimiento de cenizómetros (Sangay: 8, **Fig. 3**; Reventador: 2)



Figura 3. Muestreo y mantenimiento de la red de cenizómetros en San Nicolas, Pungal-El Quinche, Bayushig y Riobamba (CEPLA parte de la Red de Observadores Volcánicos-ROVE), 12/03/2021.

- **Fluidos:** red permanente DOAS (NOVAC), Doas móvil, CO₂ difuso, Parámetros Físico-Químicos, MultiGAS.
 Este año se realizó el desarrollo y revisión del aplicativo de procesamiento de los datos obtenidos por la Red NOVAC (Estaciones permanentes DOAS - differential optical absorption spectroscopy), el cual permite procesar de forma remota y organizada, los datos de flujo de dióxido de azufre emitido por los volcanes (p.e., Cotopaxi, Sangay), y así mantener una base de datos depurada y organizada. Se generaron 12 informes mensuales de desgasificación (SO₂) para los volcanes: Cotopaxi, Tungurahua y Cayambe. Así mismo, se generan reportes semanales durante todo el año, en los cuales se presenta el análisis de desgasificación (red DOAS, Satelital/Mounts Project) para los volcanes: Cotopaxi, Tungurahua, Reventador, Sangay (**Fig. 4**), Cayambe, Sierra Negra (Galápagos). Finalmente se generaron los informes anuales de desgasificación para: Cotopaxi, Tungurahua, Chiles y Cayambe. Se cumplió con 11 campañas de medición de CO₂ difuso en agua, en los volcanes Cuicocha, Imbabura, Pichincha y la fuente termal de Tangalí (comparativa). Se realizaron 13 campañas de medición de parámetros físico-químicos y se recolectaron 52 muestras para análisis químicos.

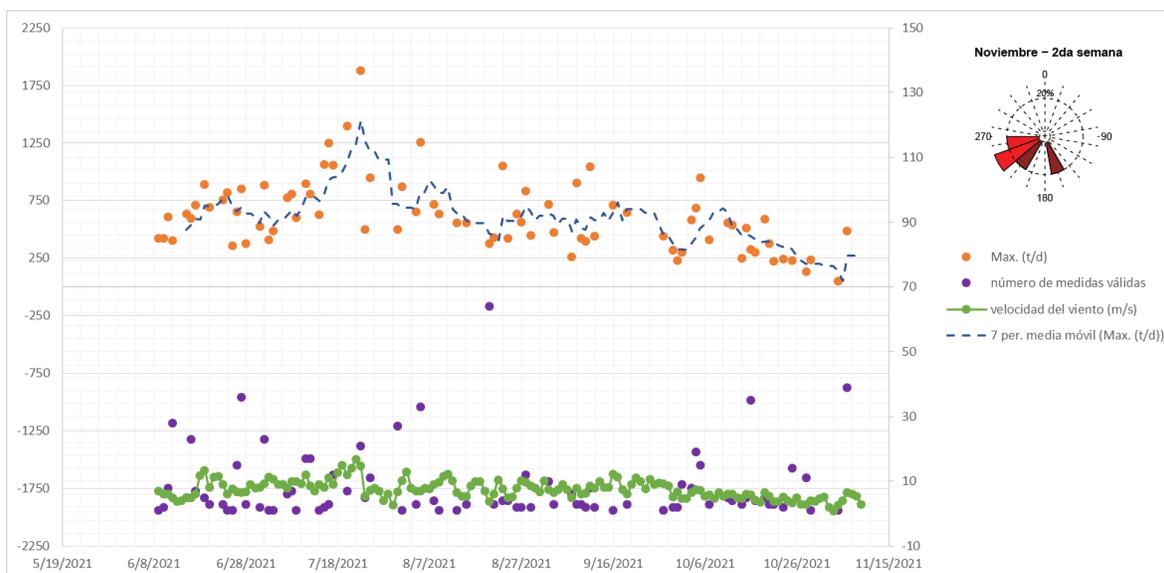


Figura 4. Gráfica de flujos máximos de emisión de dióxido de azufre (SO₂), provenientes del análisis de la estación DOAS permanente de Atillo de forma semanal.

- **Termografía:** cámaras fijas (FLIR A3130) y portátiles (FLIR SC660, FLIR T1020 y OPTRIS PI640).

Las cámaras de rango visible que se utilizan a la par con las cámaras térmicas se encuentran en óptimo funcionamiento, con excepción de la cámara de Rumiñahui, volcán Cotopaxi que sufrió un daño grave a causa del impacto de un rayo (octubre). Se realizan análisis semanales de centenares/miles de imágenes termales (IR) obtenidas por las cámaras de vigilancia (p.e., Cámara Rebeca), en las cuales se pueden observar emisiones de flujos de lava, explosiones y emisiones de ceniza (**Fig. 5**). El número aproximado de imágenes obtenidas y analizadas en el 2021 en los volcanes El Reventador (93 mil imágenes IR del flanco nororiental – hasta 15/Oct) y Cotopaxi (28 mil imágenes IR del flanco norte), muestra la variación de las temperaturas máximas aparentes (TMA) asociadas a la actividad superficial de los volcanes, dentro del campo infrarrojo. En adición se realizaron 5 campañas de vigilancia termal en los volcanes: Reventador, Sangay y Guagua Pichincha. Dentro del grupo de fluidos, se añade 1 campaña de vigilancia térmica dentro de las misiones multiparamétricas de los campos fumarólicos del Complejo Volcánico Chiles - Cerro Negro.

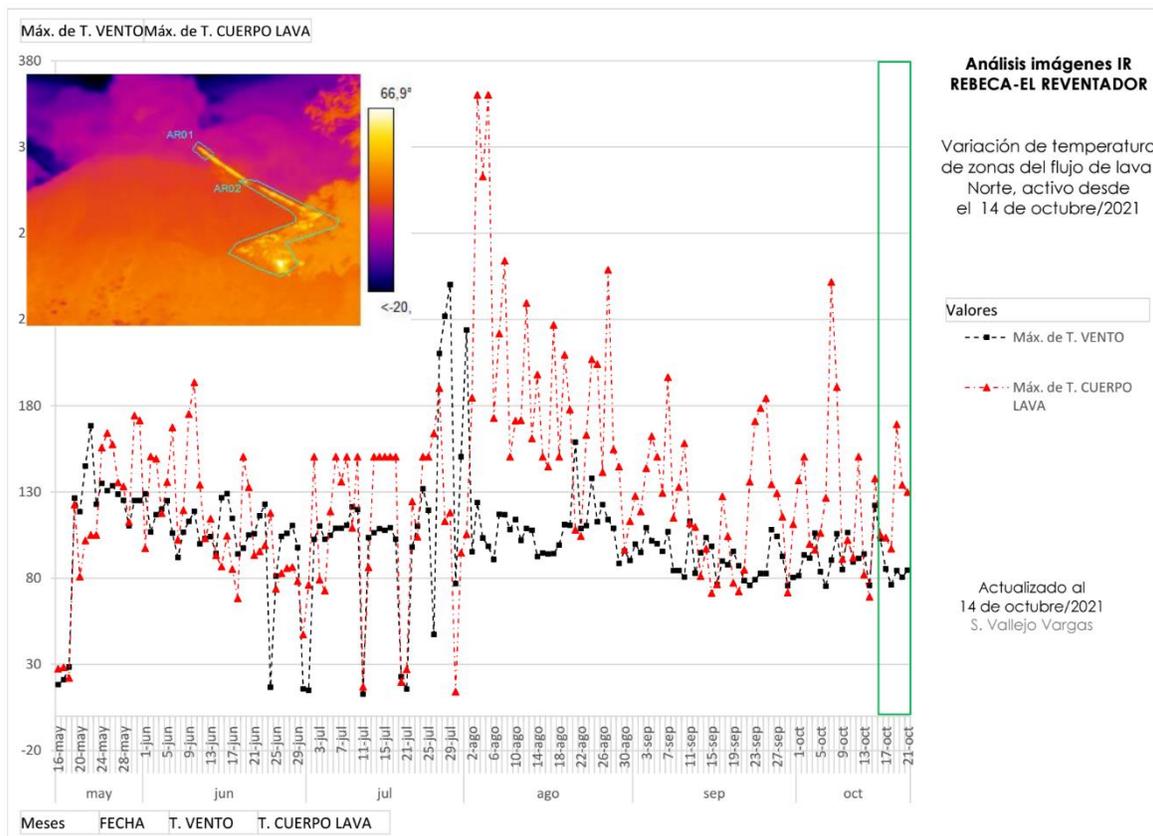


Figura 5. Análisis de temperaturas de la cámara termal Rebeca. Dicha estación se encuentra a aproximadamente 3.5 km del cráter del volcán.

Capacitación del personal de vulcanología

Debido a la crisis sanitaria, muchos de los proyectos de capacitación e investigación fuera del País se suspendieron, sin embargo, algunos de ellos se han efectuado a través de canales virtuales:

- Curso Virtual de InSAR y modelado de deformación volcánica (**Fig. 6**) dictado por: la Universidad Nacional de Cuyo y el Servicio Geológico de los Estados Unidos.



Figura 6. Banner del Curso de Procesamiento InSar y Modelado de Deformación de Volcanes

- Pasantía de investigación para el análisis de muestras en Microsonda electrónica y Raman en el Laboratorio de Magmas y Volcanes de la Universidad de Clermont Auvergne y el Instituto de Investigación para el Desarrollo IRD-Francia (**Fig. 7**), desarrollada entre el 15 de septiembre y el 16 de noviembre de 2021. El objetivo de la pasantía fue obtener nuevos datos que ayudarán a comprender las condiciones internas del reservorio magmático que originó la erupción explosiva (VEI 5) del volcán Cuicocha hace 2.9 mil años, antes del presente.



Figura 7. Instituciones involucradas en la pasantía de investigación en el Laboratorio de Magmas y Volcanes - Francia.

- Participación en la primera edición virtual del programa de Especialización para la Evaluación y Gestión de Riesgos Geológicos y Climáticos (CERG-C) de la Universidad de Ginebra a través de la cooperación con la Asociación Latinoamericana de

Volcanología (ALVO) y el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN). Resumen de ello, en la Revista GACETA ALVO Edición 10 de septiembre de 2021.

- Primer Taller IGCP-NOVAC sobre Gases Volcánicos: Métodos, Prácticas e Interacciones en los Andes: Ecuador, Colombia, Perú.

Mantenimiento de las bases de datos

- El grupo de fluidos realizó la fase de revisión de los datos ingresados al aplicativo de procesamiento de datos de las estaciones permanentes DOAS, con posterior paso a producción en 2022.
- La base de datos de parámetros físico – químicos, así como de análisis químicos de aguas y fuentes termales se mantiene actualizada. Sin embargo, durante 2021 al igual que 2020 no fue posible realizar las campañas de recolección de muestras de agua, en función del cierre de reservas y propiedades privadas en algunas fuentes termales (p.e., Cayambe y Pichincha).
- Se ha mantenido actualizada la base de datos de emisión de ceniza de la Washington VAAC, Química de ceniza, cenizoteca, tamizaje-granulometría, densidad y simulaciones diarias.
- Se ha mantenido actualizada la base de datos de ocurrencia de lahares en los volcanes: Cotopaxi (4 eventos pequeños), Tungurahua (7 eventos pequeños) y Sangay (132 eventos entre moderados a grandes).
- Se mantiene actualizada la base de datos termográfica permanente: Cotopaxi, Rebeca; y la base de archivos termográficos de sobrevuelos y jornadas de campo.
- Se mantiene actualizada la base de datos geodésicos.

Eventos volcánicos (erupciones o agitaciones)

Gracias a la recopilación, procesamiento y análisis de los datos obtenidos durante 2020 por la red de vigilancia volcánica, se han podido manejar de forma adecuada los diferentes eventos asociados a la actividad volcánica. Siendo los más relevantes:

- Actividad eruptiva continua en el volcán Sangay. Comenzó en el mes de mayo de 2019 (**Fig. 8**), siendo catalogada como una de las más intensas registradas en este volcán durante los últimos 20 años. Esta erupción ha producido emisiones y caídas de ceniza en diferentes poblados, principalmente ubicados al occidente y suroccidente del volcán (Provincias de Chimborazo y Bolívar). Durante 2021, diversos eventos asociados a flujos de lodo y escombros, así como emisiones de columnas de ceniza y erupciones paroxismales, fueron reportadas mediante aproximadamente 255 informativos IG al instante. En el mes de marzo, abril, mayo y diciembre ocurrieron los eventos más grandes en el volcán, reportados en 3 informes especiales.

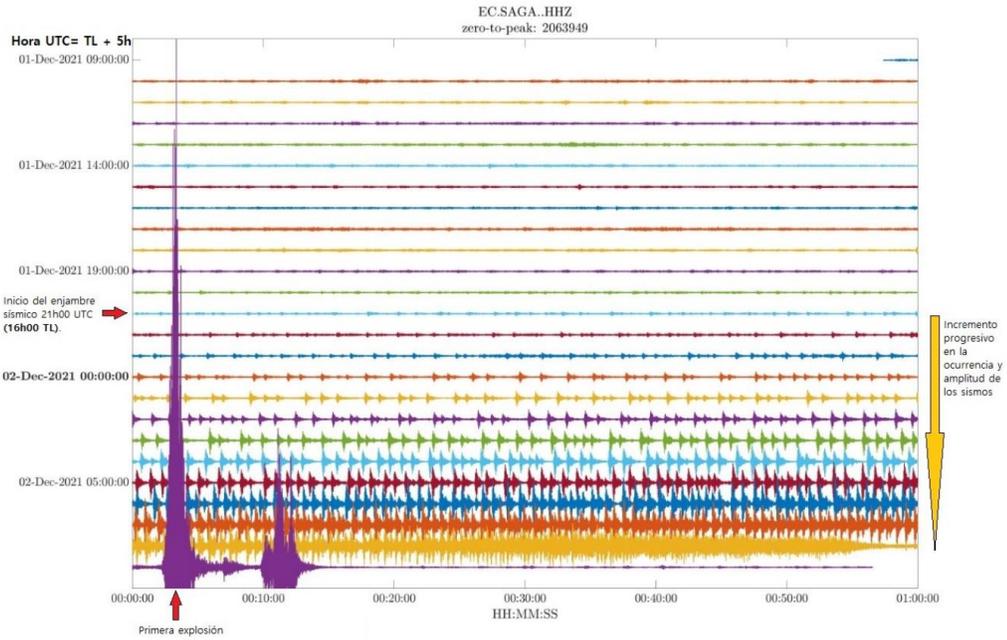


Figura 8. Sismicidad (Tipo Drum-beats) asociada a la actividad del 01 al 02 de diciembre en el volcán Sangay. El registro corresponde a los datos enviados a tiempo real por la estación SAGA (Ubicada a 6 km de la cumbre, en el flanco suroccidental del volcán).

- Actividad continua del volcán El Reventador. Este volcán se ha mantenido en erupción durante todo el 2021 (**Fig. 9**), desde 2002. Este volcán en particular no ha causado mayores estragos en lo referente a emisión de ceniza o lahares, sin embargo, en ocasiones particulares de pequeñas emisiones de ceniza, que, por ayuda del viento alcanzan ciertas comunidades (p.e., Parroquia El Reventador), se han generado 5 informativos IG al Instante durante 2021.



Figura 9. Infografía generada para el volcán El Reventador el 5 de junio de 2021.

Extensión y proyectos de vinculación con la sociedad

La extensión es una de las tareas más importantes que posee el Instituto Geofísico, en este ámbito, a pesar de las circunstancias, los diferentes grupos de vigilancia se han enfocado en la enseñanza comunitaria. Diferentes estudios científicos y proyectos sobre peligro volcánico han sido acoplados a la nueva realidad, diferentes capacitaciones y seminarios virtuales se han llevado a cabo. Se han realizado al menos 37 charlas/capacitaciones con difusión masiva comunitaria, a través de medios virtuales.

De entre otros eventos se destaca:

- Presentación de abstracto en el encuentro de FRINGE, SAGE/GAGE; en colaboración con el Proyecto SUPERSITES y el INGV de Italia.
- Presentación en el congreso de la AGU acerca de la gravimetría en el volcán Sierra Negra.
- Elicitación volcán Sangay - octubre 2021 (**Fig. 10**).
- Curso Vacacional “PLANETA TIERRA: MÁS ALLÁ DE TUS OJOS” Edición agosto – 2021.

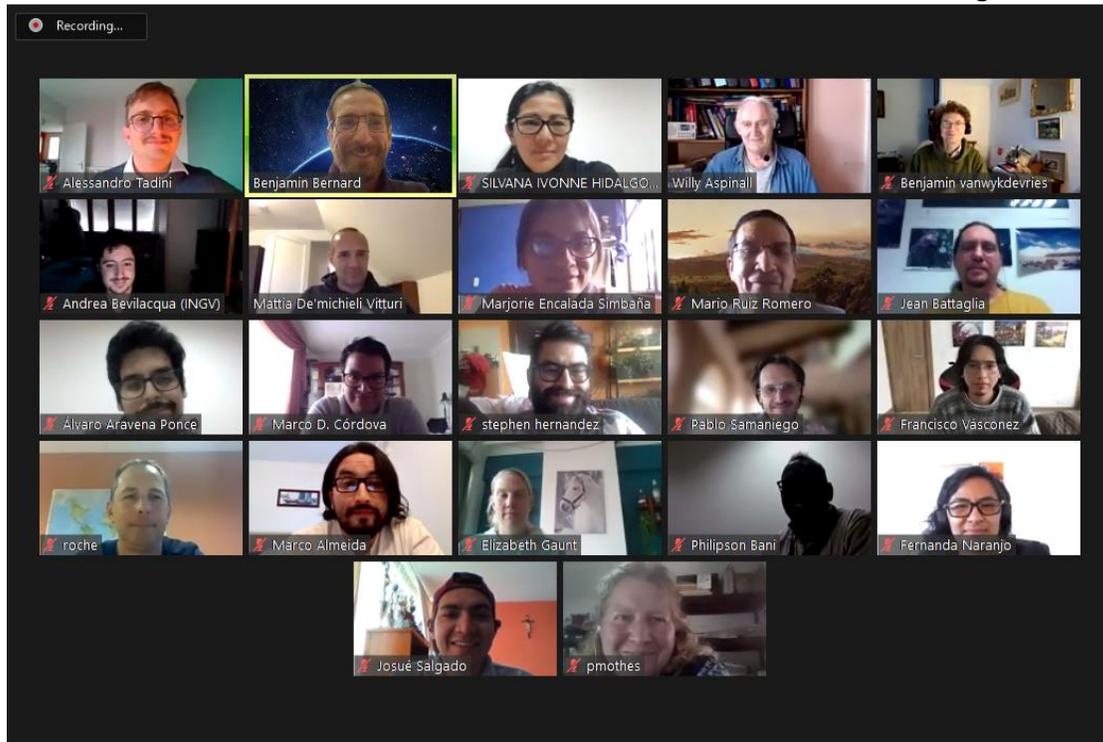


Figura 10. Fotografía de los participantes a la asamblea virtual desarrollada durante la elicitación asociada al volcán Sangay.

Proyectos de Investigación y evaluación de la amenaza

Todos los datos obtenidos durante 2021 fueron analizados y estudiados a detalle, gracias a lo que se ha logrado producir:

1. 11 artículos científicos indexados internacionalmente, y ubicados en el repositorio de investigaciones del Instituto Geofísico.
2. 3 participaciones en capítulos de libros.
3. 23 presentaciones de resúmenes en congresos científicos.

Área de Sismología

GENERALIDADES

Durante el año 2021, la Red Nacional de Sismógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (RENSIG), localizó 4553 eventos de origen tectónico en el territorio continental (Figura 11) de los cuales 62 tuvieron una magnitud igual o superior a 4 MLV (magnitud local).

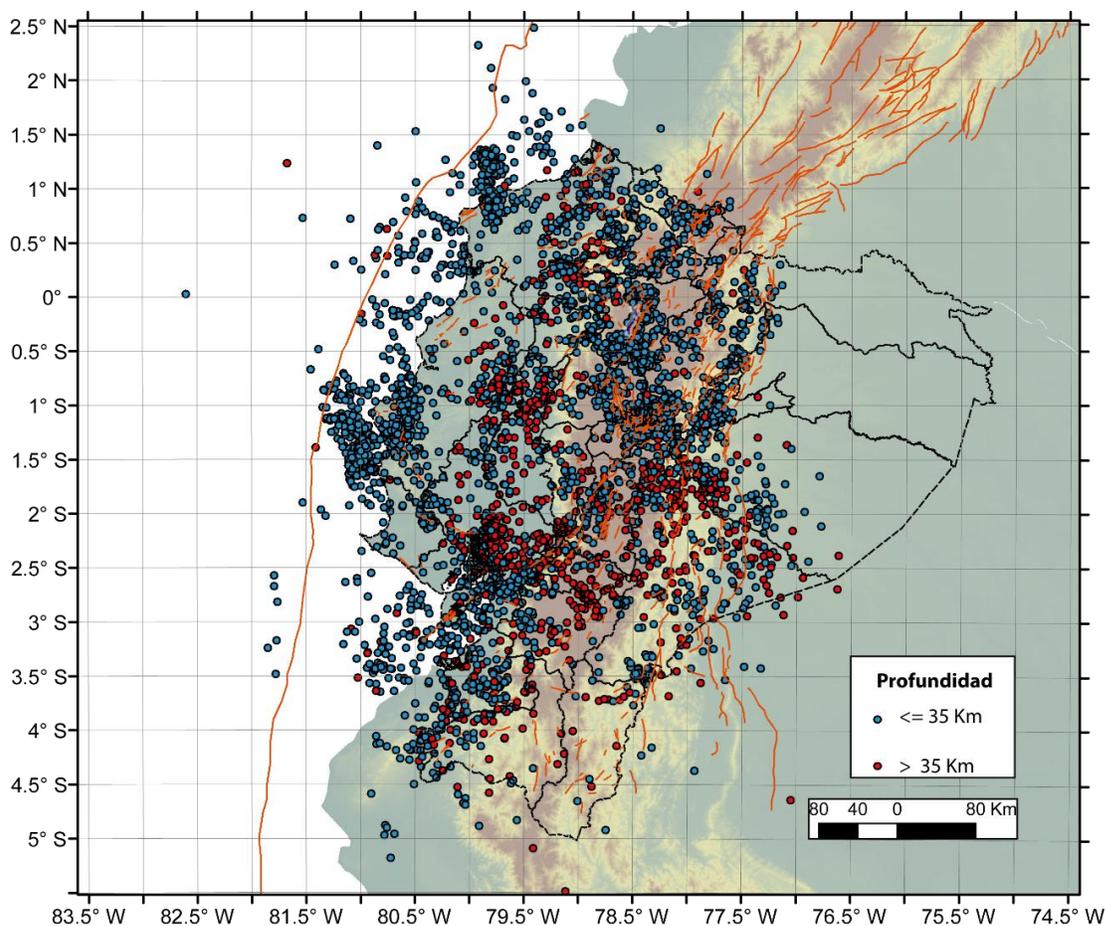


Figura 11. Eventos sísmicos localizados por la RENSIG durante el año 2021. Los sismos superficiales relacionados con las fuentes de la interfaz o con las fuentes corticales se muestran en color azul y los sismos relacionados con las fuentes profundas se muestran en color rojo; las fallas activas y la zona de subducción según Alvarado (2012) se indican con líneas de color naranja.

La figura 12 presenta una comparación del número de eventos registrados y localizados desde el año 2000, observándose un incremento paulatino del número a partir del año 2014. Este incremento responde a una mejor cobertura y, por lo tanto, a una mayor sensibilidad de la red de monitoreo, alcanzada luego de la culminación de la instalación de las nuevas estaciones dentro de los proyectos Senescyt y Senplades; una mayor densidad

de estaciones ha permitido registrar sismos de menor magnitud en todo el territorio nacional y sobre todo en la zona sur donde el número de estaciones de la RENSIG fue bajo por varios años.

En el caso de los años 2016 y 2017, el número alto de sismos corresponde a la actividad desencadenada por el Terremoto de Pedernales (abril – 2016) cuyas réplicas se registraron hasta un año y medio después (y esporádicamente, continúan registrándose algunos eventos, que se consideran réplicas). En el año 2018, el alto número de sismos está relacionado con la actividad registrada en la zona fronteriza con Colombia, en las cercanías del Complejo Volcánico Chiles –Cerro Negro (eventos de tipo volcano-tectónico distales y que se incluyen en la base de sismos tectónicos, objeto del presente informe). Durante los últimos 3 años, el número de eventos registrados y localizados se ha mantenido entre 4500 y 5000, rango habitual para el nivel de detección de la red sísmica, sin embargo, aún se mantienen valores mayores a los observados antes del Terremoto de Pedernales.

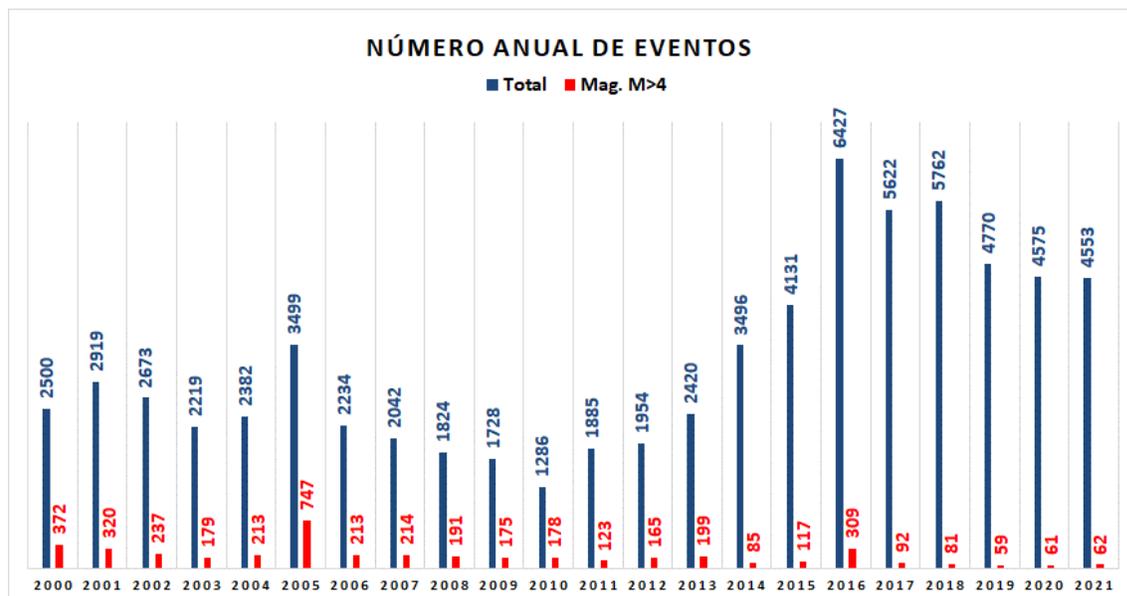


Figura 12. Número de eventos registrados y localizados por la RENSIG: total (barras azules) y eventos con magnitud igual o superior a 4 MLv (barras rojas).

La mayoría de los sismos durante el año 2021 (~67%), tienen magnitudes inferiores a 2.5 grados (Figura 13 izq. superior).

En la figura 13 der. superior se presenta el momento sísmico (o energía sísmica liberada). Los saltos más grandes en la curva corresponden a sismos de magnitud MLv superior a 5 (ver Tabla 1).

El promedio mensual del número de sismos durante el año 2021 es 379.91 +/- 100.31 (Figura 13 izq. inferior) con una tasa de ocurrencia casi constante (Figura 13 der. inferior) donde se observan dos pequeñas variaciones en enero y en junio relacionadas con

enjambres sísmicos en la costa (ver descripción en la sección de SISMOS O CRISIS SÍSMICAS IMPORTANTES).

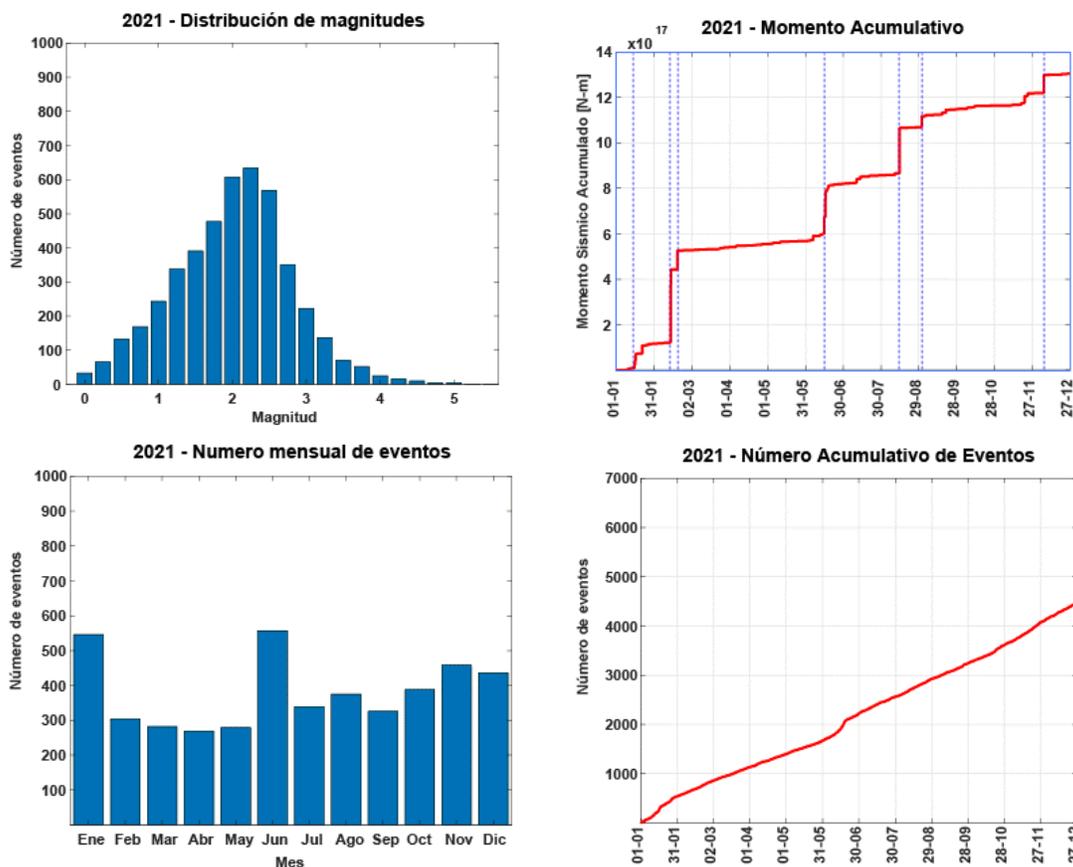


Figura 13. Izq. superior: Distribución de las magnitudes de los sismos. Der. superior: Momento sísmico liberado acumulado (las líneas rojas indican los saltos que corresponden a los sismos con magnitud MLv superior a 5). Izq. inferior: Número de eventos por mes. Der. inferior: Número acumulativo de eventos.

Tabla 1. Parámetros de los sismos con magnitud MLv ≥ 5.0 durante el año 2021. La magnitud preferida es la magnitud momento o Mw determinada con inversión de formas de onda (Método MECAVEL).

Fecha (TL)	Magnitud MLv	Magnitud Preferida Mw	Zona - Región
21/01/2021 05:15	5.0	4.58	Oeste de Guayaquil, prof. Intermedia. Varias réplicas
13/02/2021 00:18	5.6	-	Provincia Loja, zona frontera EC-PE; superficial

18/02/2021 05:51	5.2	4.69	Provincia Zamora Chinchipe; prof. Intermedia
14/06/2021 16:05	5.1	4.72	Enjambre Manta-Puerto López; superficial
15/06/2021 15:30	5.2	4.94	Enjambre Manta-Puerto López; superficial
13/08/2021 14:03	5.4	4.78	Enjambre Manta-Puerto López; superficial
31/08/2021 04:11	5.0	4.37	Provincia Morona Santiago; superficial
06/12/2021 01:30	5.2	4.80	Provincia Morona Santiago, zona frontera EC-PE; superficial

ACTIVIDAD POR FUENTE SÍSMICA

1. Fuentes de la interfaz

Durante el 2021, se registraron 2 enjambres sísmicos, el primero en la fuente Esmeraldas y el segundo en la fuente La Plata, superando los 200 eventos por mes en cada una de estas fuentes. En las fuentes Golfo de Guayaquil y Talara, la sismicidad fue muy baja, ver figura 14. En la fuente La Plata se registró el evento más grande: 5.43 MLv.

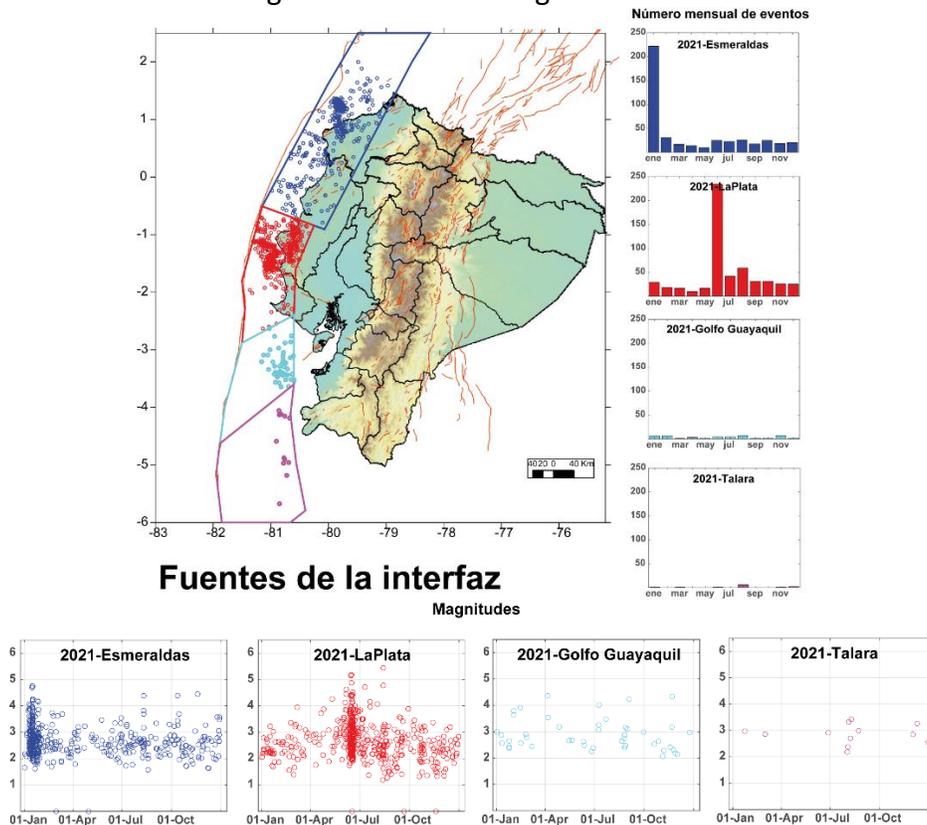


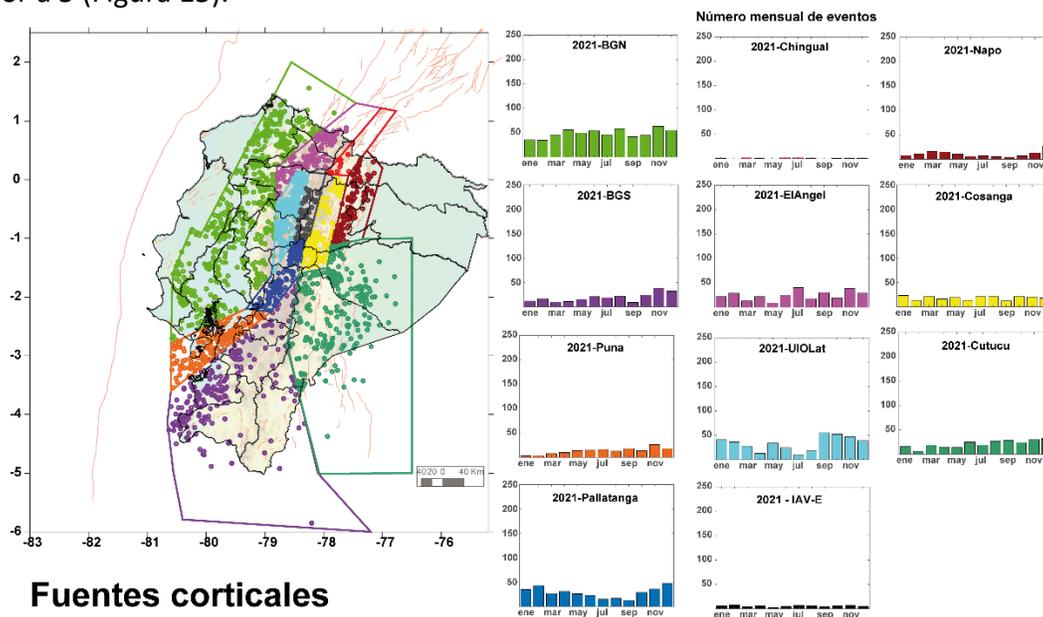
Figura 14. Sismicidad en las fuentes de la interfaz durante el año 2021: localizaciones, número de eventos por mes y magnitud de los sismos.

2. Fuentes corticales

En el 2021, el número mensual de eventos en las fuentes corticales fue menor a 50 excepto en la fuente BGN y en la fuente UIO-Lat, respondiendo esto a diferentes razones:

- en la fuente BGN debido a una tasa alta y constante de sismos,
- en la fuente UIO-Lat por el incremento de microsismicidad en fallas al norte del V. Cotopaxi y al sur de los volcanes Ilinizas.

En cuanto a las magnitudes, solo las fuentes BGS y Cutucú presentaron sismos con magnitud mayor a 5 (Figura 15).



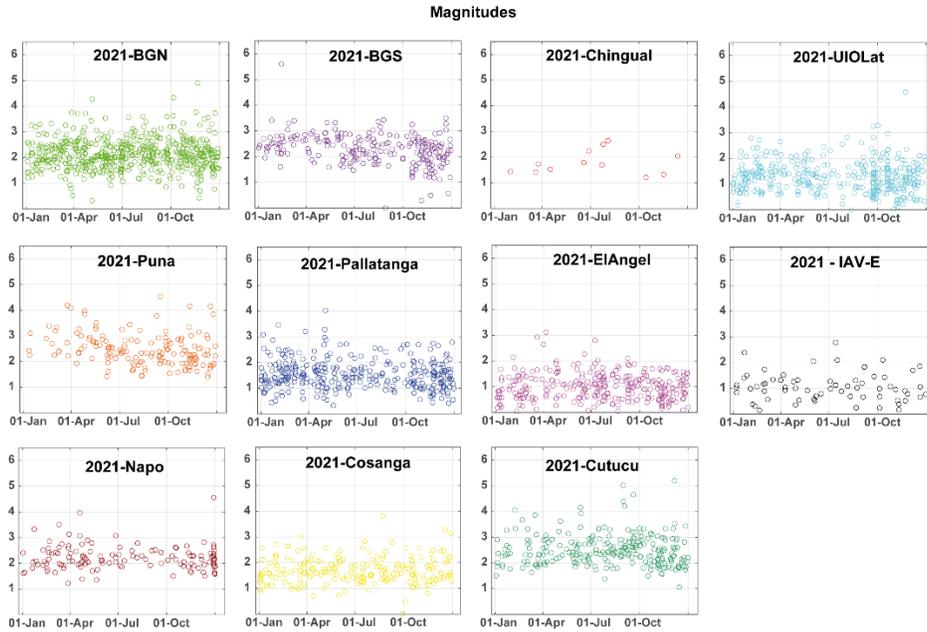
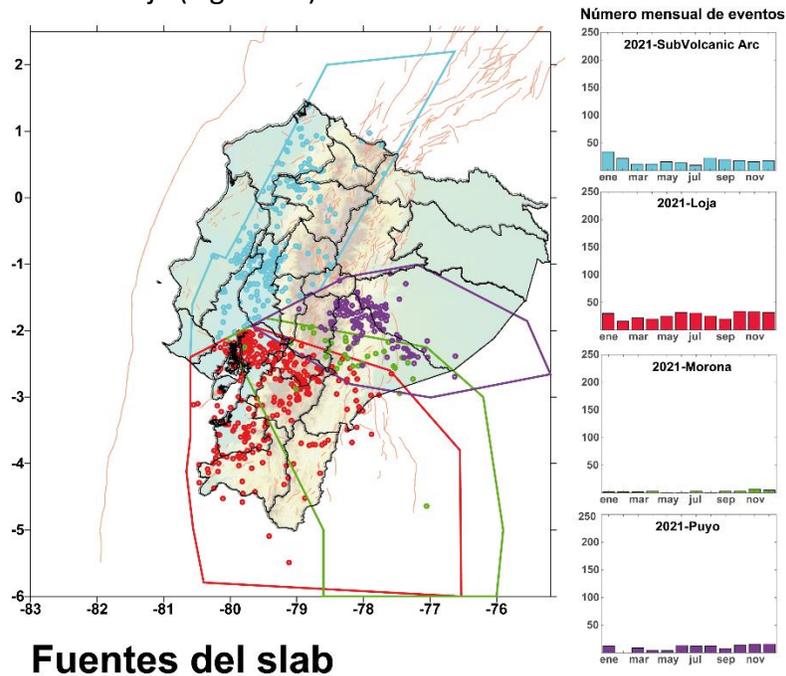


Figura 15. Sismicidad en las fuentes corticales durante el año 2021: localizaciones, número de eventos por mes y magnitud de los sismos.

3. Fuentes profundas

El número mensual de eventos en las fuentes profundas que comprenden el slab en subducción, no fue mayor a 50. Las fuentes Subvolcanic Arc y Loja son las que presentaron una actividad más alta y constante en el tiempo. Los sismos más grandes ($M_L > 5$) ocurrieron en la fuente Loja (Figura 16).



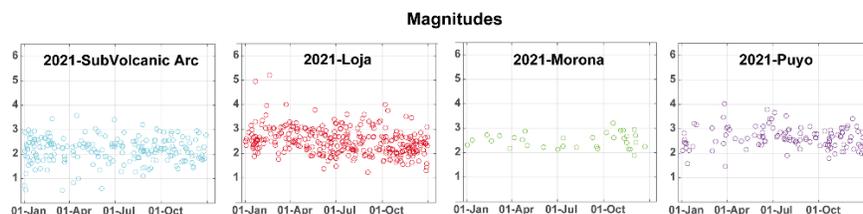


Figura 16. Sismicidad en las fuentes del slab durante el año 2021: localizaciones, número de eventos por mes y magnitud de los sismos.

4. Estadísticas en las fuentes sísmicas

Tabla 2. Características de la sismicidad en cada fuente sísmica: número de eventos, magnitud máxima y magnitud promedio.

Tipo de fuente	Nombre de la fuente	Magnitud Máxima	Magnitud Promedio	Número de eventos
Fuentes de la interfaz o de la subducción	Esmeraldas	4.75	2.67	450
	La Plata	5.43	2.68	539
	Golfo Guayaquil	4.36	2.91	46
	Talara	3.43	2.87	12
Fuentes corticales	BGN	4.91	2.12	585
	BGS	5.60	2.27	230
	Puná	4.53	2.47	159
	Pallatanga	4.03	1.53	342
	Cosanga	3.81	1.71	218
	Chingual	2.63	1.79	12
	El Ángel	3.12	1.00	294
	UIO-Lat	4.57	1.28	398
	Napo	4.56	2.22	130
	Cutucú	5.20	2.50	256
Fuentes del slab	IAV-E	2.79	1.07	67
	Subvolcanic Arc	3.58	2.17	215
	Loja	5.21	2.50	320
	Morona	3.21	2.49	33
	Puyo	4.03	2.64	119

SISMOS O CRISIS SÍSMICAS IMPORTANTES

1. Enjambre Esmeraldas

En enero de 2021 se observó un incremento en la tasa de sismicidad en la zona frente a las costas de Esmeraldas (Figura 17).

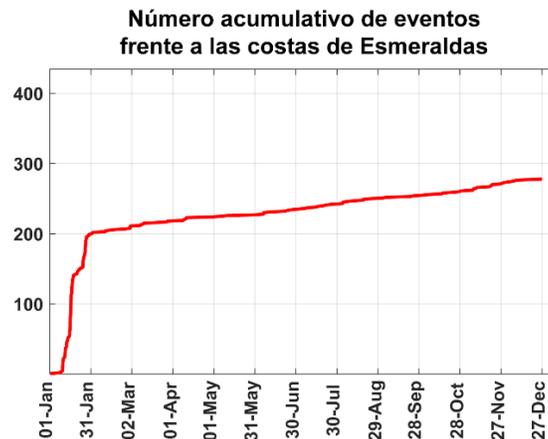


Figura 17. Número acumulado de eventos (localizados) frente a las costas de Esmeraldas en el 2021: obsérvese el incremento observado durante el mes de enero

Los eventos registrados corresponden a lo que se conoce como enjambre sísmico, es decir, el incremento de la sismicidad en una región y durante un determinado tiempo, sin la ocurrencia de un sismo principal, es decir que el sismo más grande no ocurre al principio, sino en cualquier momento de la secuencia. El enjambre como tal inició el 8 de enero y los sismos más grandes se registraron el 15 y 16 de enero, con magnitudes entre 4.17 y 4.74 MLv; en estos días también se registró el mayor número de eventos: 24 y 37 respectivamente (Figura 18).

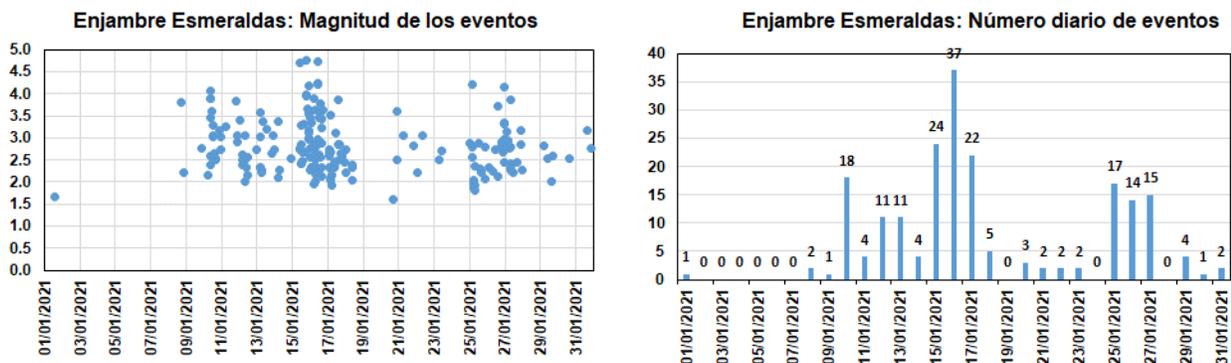


Figura 18. Magnitud y número de eventos diarios en el enjambre de Esmeraldas.

En la Figura 19 se observa la ubicación de los sismos en función del tiempo (escala de colores), observándose una disposición de los epicentros perpendicular a la línea de costa y hacia el final del enjambre, la ocurrencia de algunos sismos también costa adentro. Estos eventos responden al movimiento relativo en la zona de contacto entre las dos placas : Nazca y Sliver Norandino (falla de subducción) y a movimientos en fallas secundarias en la placa superior, paralelas a la falla de subducción.

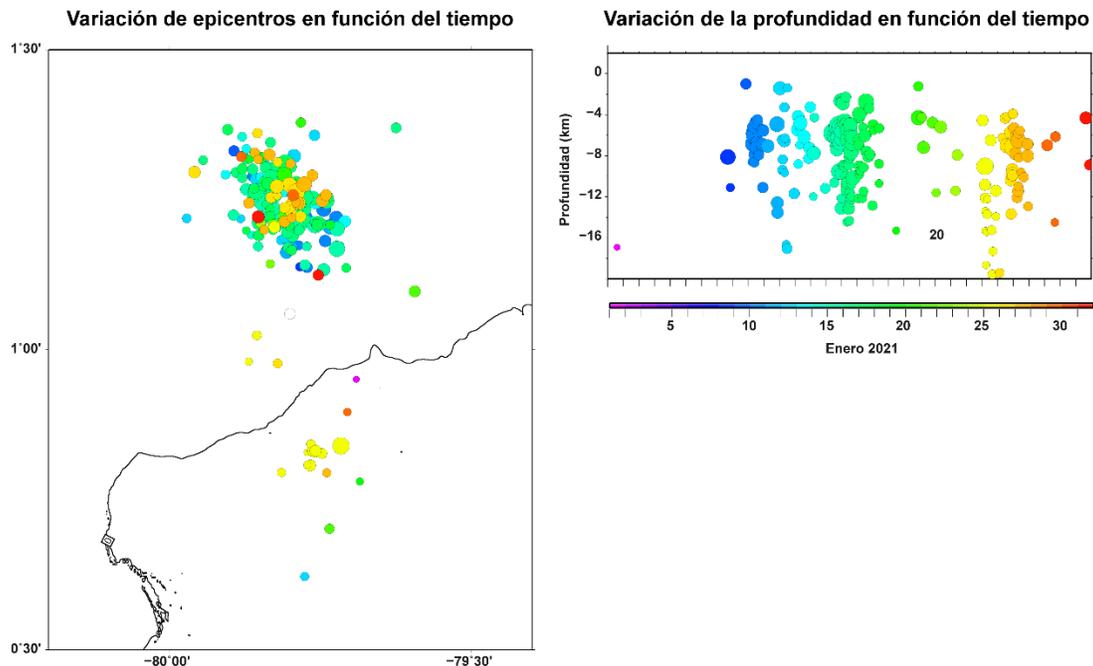


Figura 19. Ubicación epicentral y variación de la profundidad en función del tiempo (escala de colores) de los sismos del enjambre frente a las costas de Esmeraldas durante enero 2021.

De acuerdo a los reportes a través del link «¿Sintió el sismo?», los sismos más grandes de la secuencia fueron sentidos en Esmeraldas, por las personas al interior de sus casas lo que indica una intensidad de 3-4 en la Escala Macrosísmica Europea (EMS) mientras que, en las localidades más alejadas como Tonsupa y Atacames, la intensidad de los sismos fue de 2-3 (EMS). En general no se tuvieron reportes de daños en edificaciones.

2. Enjambre en la zona de la Isla de la Plata (entre Manta y Puerto López)

En junio de 2021, se registró un incremento abrupto en el número de eventos frente a las costas de Manabí, entre Manta y Puerto López, que corresponde a un enjambre sísmico. Luego de este incremento, la tasa de sismicidad no volvió a los niveles previos y se observa tres pequeños incrementos en agosto, septiembre y fines de octubre (Figura 20).

**Número acumulativo de eventos
entre Manta y Puerto López**

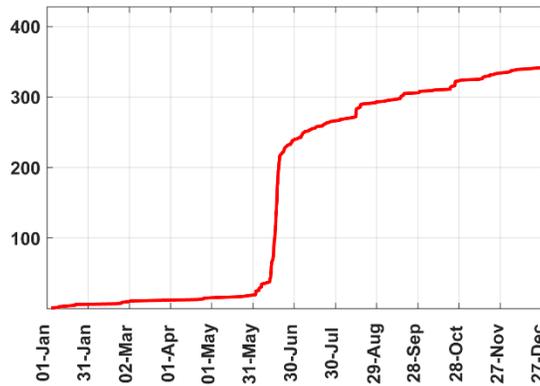


Figura 20. Número acumulativo de eventos (localizados) frente a las costas de Manabí: obsérvese el incremento observado durante el mes de junio y dos incrementos pequeños en septiembre y octubre.

Según el histograma del número de sismos por día (Figura 21) se observaron dos pulsos:

- El primero, y más importante en cuanto al número de eventos, inició el 1 de junio y se extendió hasta el 15 de julio; el mayor número de eventos se registró el 17 de junio (43 eventos localizados) y la mayor magnitud se registró (MLv 5.2) el 15 de junio.
- El segundo pulso inició el 02 de agosto y se extendió hasta el 22 de agosto; el mayor número de eventos localizados y el sismo con mayor magnitud (8 sismos y MLv 5.4 respectivamente) se registró el día 13 de agosto (Figura 22).

Enjambre zona Isla de la Plata: número diario de eventos

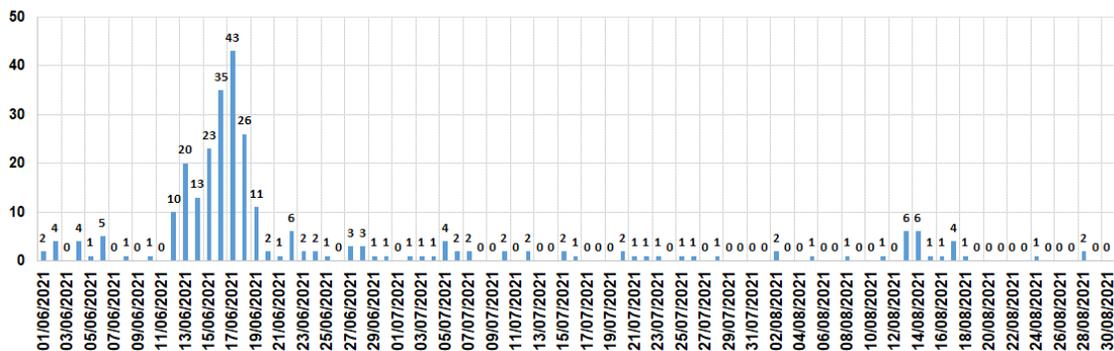


Figura 21. Número de eventos diarios en el enjambre en la zona de la Isla de La Plata.

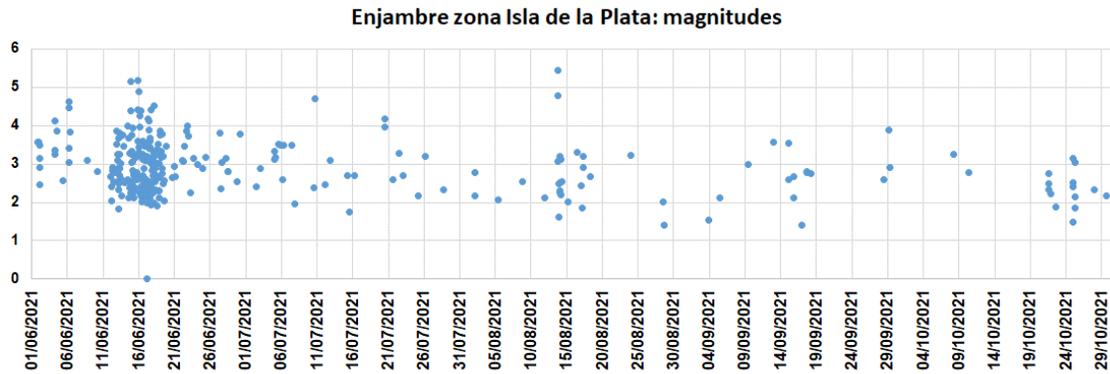


Figura 22. Magnitudes en el enjambre en la zona de la Isla de La Plata.

Durante el primer pulso, se observó una migración de los epicentros hacia el sur y hacia el final de este pulso, se registraron sismos tanto en el norte como en el sur. En el segundo pulso, los sismos ocurrieron al sur de la zona (Figura 23).

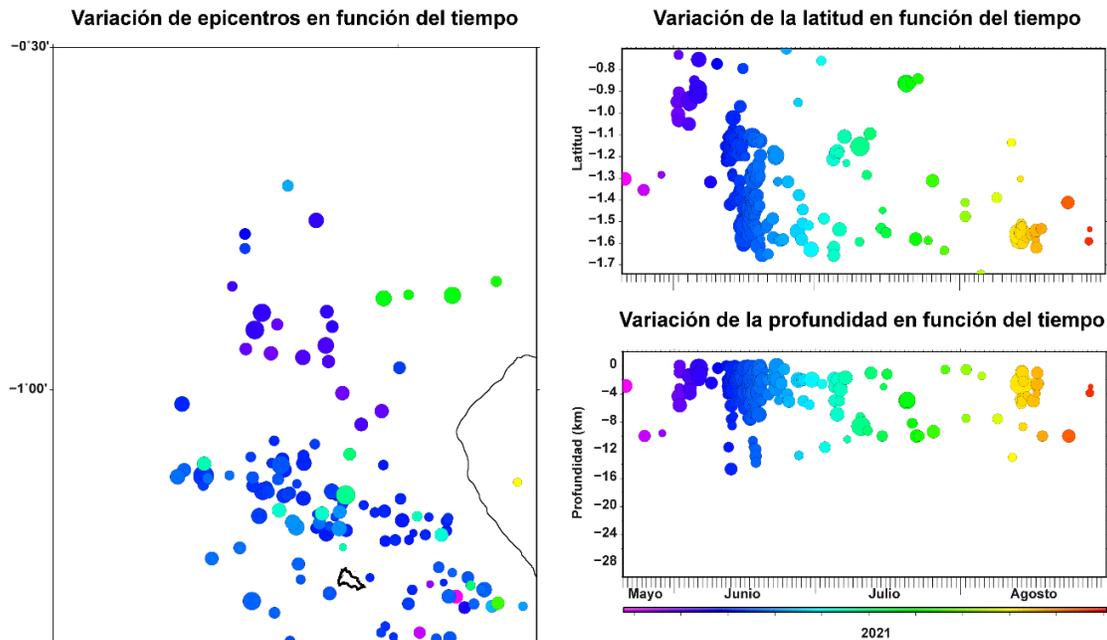


Figura 23. Ubicación epicentral y variación de la latitud y de la profundidad en función del tiempo (escala de colores) de los sismos del enjambre en la zona de la Isla de La Plata, entre junio y agosto 2021.

Las estaciones geodésicas (GPS) que forman parte de la Red Nacional de Geodesia (RENGEO) ubicadas en el margen costero, registraron un movimiento importante en dirección al oeste a inicios de junio (Figura 24). El máximo valor acumulado, hasta mediados de julio, fue de 7 cm en la estación ubicada en la Isla de la Plata. Este tipo de movimientos (conocidos como transitorios) ya se evidenciaron en crisis sísmicas previas [en 2010; Vallée et al., 2013 y en 2013; Segovia et al., 2018] y en esta ocasión, al igual que en el pasado, se identificó la ocurrencia de un sismo lento (SSE) en la zona de contacto o interfaz.

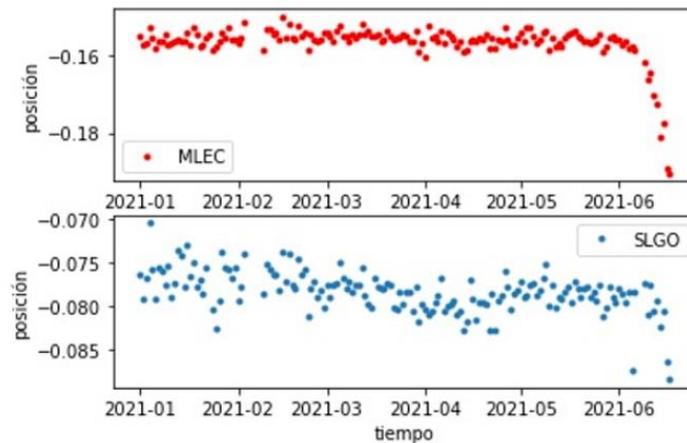


Figura 24. Series de tiempo de las componentes E-W de los GPS de las estaciones Cabo San Lorenzo (MLEC) y Salango (SLGO) de los primeros 7 meses del año 2021. Cada punto indica la posición media de un día para el respectivo sitio. La variación de la posición con valores negativos indica un movimiento hacia el oeste.

Para explicar estos movimientos en superficie (GPS) se realizó la modelación del deslizamiento en la zona de la interfaz (contacto entre la placa Nazca y el Sliver Norandino). Los resultados preliminares, utilizando 15 estaciones GPS (cortesía de J.-M. Nocquet) permitió reconstruir y cuantificar la evolución del movimiento en la zona de la interfaz: el movimiento empezó el 3 de junio en un área cercana a la fosa (muy superficial) al nor-oeste de Manta; en los días siguientes el deslizamiento se propagó hacia el sur-este, recorriendo una distancia de ~ 110 km con una velocidad de propagación estimada de ~ 4 km/día, la cual está dentro de los rangos observados para sismos lentos a nivel mundial. El desplazamiento acumulado en la interfaz fue de ~ 28 cm (Figura 25).

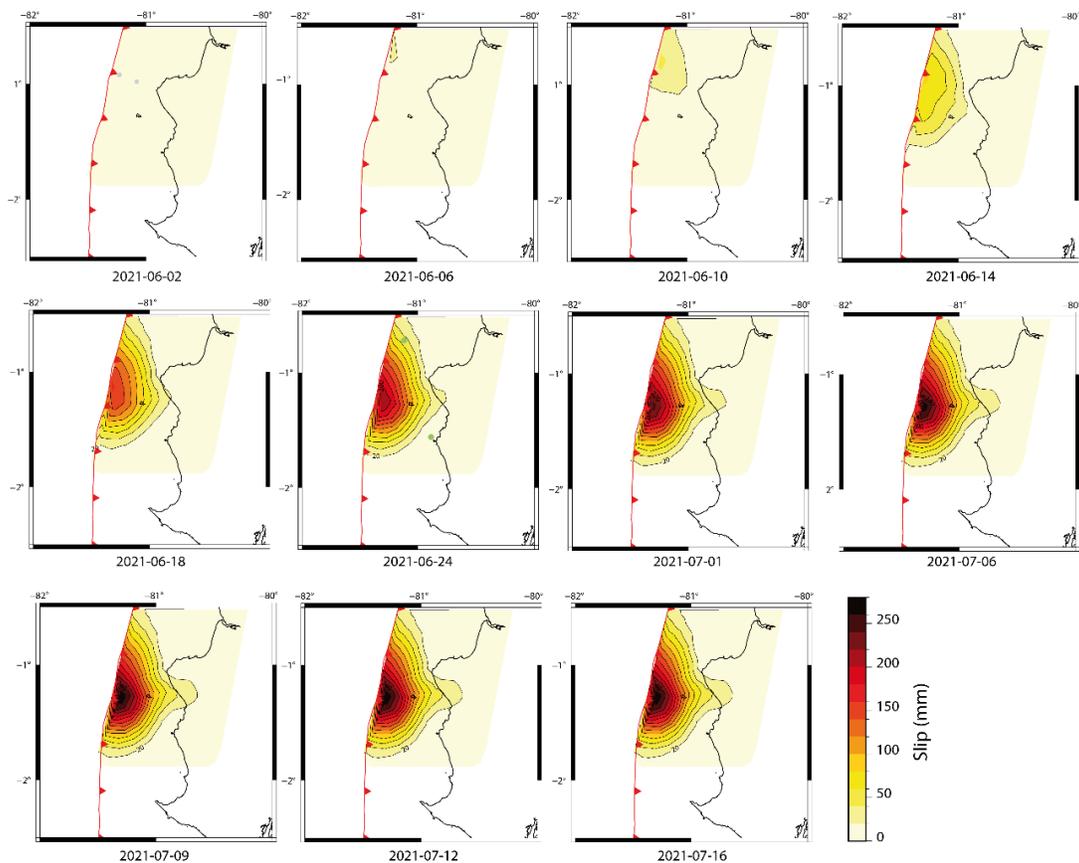


Figura 25. Evolución espacio-temporal del deslizamiento en la zona de la interfaz (sismo-lento) entre el 3 y el 16 de julio de 2021 en la zona de la Isla de La Plata: la escala de colores representa el deslizamiento acumulado a la fecha indicada. Cortesía J.-M. Nocquet.

La modelación realizada proporciona también la función temporal acumulada de la fuente, es decir una historia de cómo se fue liberando la energía acumulada en la zona de la interfaz; de esta forma, la mayor liberación de energía ocurrió entre el 10 y 20 de junio (Figura 26).

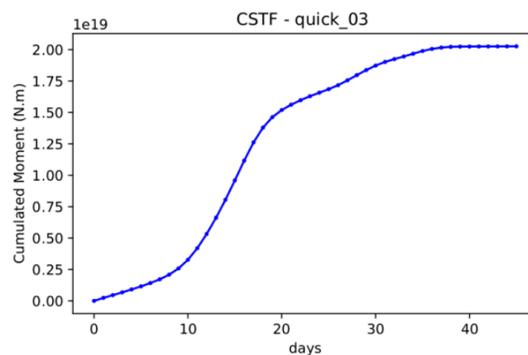


Figura 26. Función temporal de la liberación de la energía acumulada en la interfaz desde el 1 de junio: obsérvese que la mayor liberación de momento sísmico se da entre el 10 y 20 de junio (mayor pendiente de la curva), luego hay un segundo instante, entre el 20 de

junio y el 14 de julio (aprox.) en que la tasa de liberación de energía tiene una menor velocidad (menor pendiente). Cortesía J.-M. Nocquet.

La energía acumulada liberada de forma sísmica (con todos los sismos del enjambre) fue equivalente a un sismo de 5.3 Mw (magnitud momento); mientras que la energía liberada de forma asísmica (con el sismo lento) fue equivalente a un sismo de 6.8 Mw; esto significa que el sismo lento liberó 186 veces más energía que los sismos tradicionales.

De acuerdo con la información recibida en la aplicación “Sintió el Sismo”, se estimaron las máximas intensidades reportadas para los dos sismos más grandes durante el enjambre, usando la Escala Macrosísmica Europea (EMS). Estas intensidades corresponden a los sismos del 15 de junio a las 20H30 (TU) Jipijapa, Manta, Portoviejo, Montecristi y del 13 de agosto a las 19H03 (TU) Puerto López, Ayampe, Jipijapa, Montañita, en ambos casos se determinaron valores de 3-4 en la escala EMS.

3. Sismo en Quito

El día 23 de noviembre a las 11h03 TL, se registró un sismo de magnitud 4.6 MLv, 4.5 Mw (magnitud preferida), cuyo epicentro se localizó 3 km al sur-oeste de Puembo (Figura 27). Este evento tiene su origen en la intersección del sistema de Fallas de Quito y las Fallas de Guayllabamba (Alvarado et al., 2016).

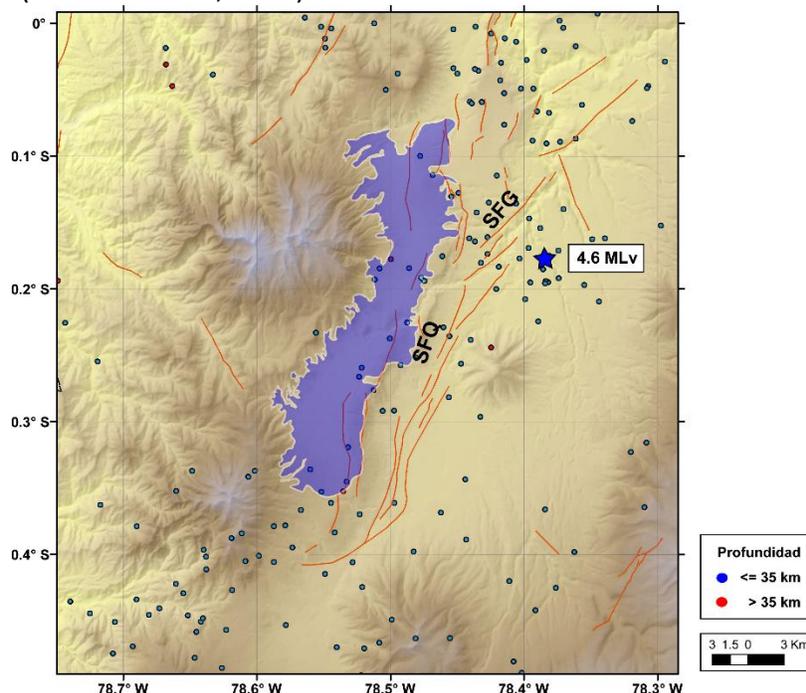


Figura 27. Ubicación del sismo en Quito, el 23 de noviembre a las 11h03 TL. Se incluye la sismicidad en la zona, durante todo el año 2021. SFQ: Sistema de Fallas Quito; SFG: Sistema de Fallas Guayllabamba.

El evento tuvo dos réplicas, la primera a las 11h14 y la segunda a las 11h31 con magnitudes de 1.4 y 1.0 MLv respectivamente.

Por su poca profundidad, fue sentido ampliamente en Quito y con particular fuerza, ocasionando el desplazamiento y/o balanceo y en algunos casos la caída de objetos, además algunas viviendas sufrieron daños leves no estructurales, como grietas muy delgadas y la caída de piezas de enlucido. Estas características indican que la intensidad del sismo fue de 5-6 en la Escala Macrosísmica Europea-EMS (Informe Sísmico Especial No. 2021-009: SISMO EN QUITO - 23 DE NOVIEMBRE 2021, <https://www.igeppn.edu.ec/servicios/busqueda-informes>).

El sismo ocasionó deslizamientos en el sector nor-oriental de la ciudad, en taludes de Guápulo y en aquellos que miran a los valles de Cumbayá y Tumbaco y en el sector norte, entre Pomasqui y Calderón ocasionando nubes de polvo (<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/sismo-registra-quito-fuerte-sectores.html>).

4. Sismo en el nor-oriental peruano

El 28 de noviembre, a las 05h52 TL se registró un sismo en el nor-oriental peruano a una profundidad de 126 km y que alcanzó una magnitud de 7.5 Mw (Fuente USGS). El epicentro de este evento estuvo a 270 km al ESE de la ciudad de Loja (Figura 28).

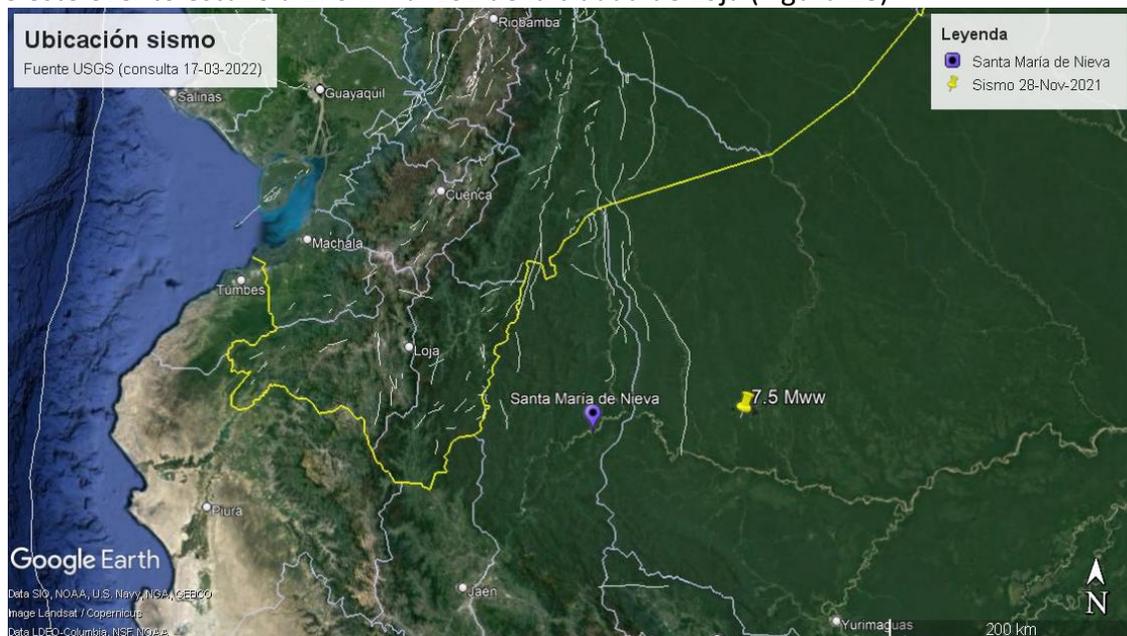


Figura 28. Ubicación del sismo en el nor-oriental peruano, el 28 de noviembre a las 05h52 TL.

Por su magnitud y profundidad, fue ampliamente sentido por toda la población en el sur y centro del país e incluso, en el norte, aunque en menor proporción. Se recibieron 807 reportes mediante la aplicación “Sintió el Sismo”, 11 de los cuales fueron fuera del territorio nacional, para la determinación de las intensidades por provincia (Figura 29).

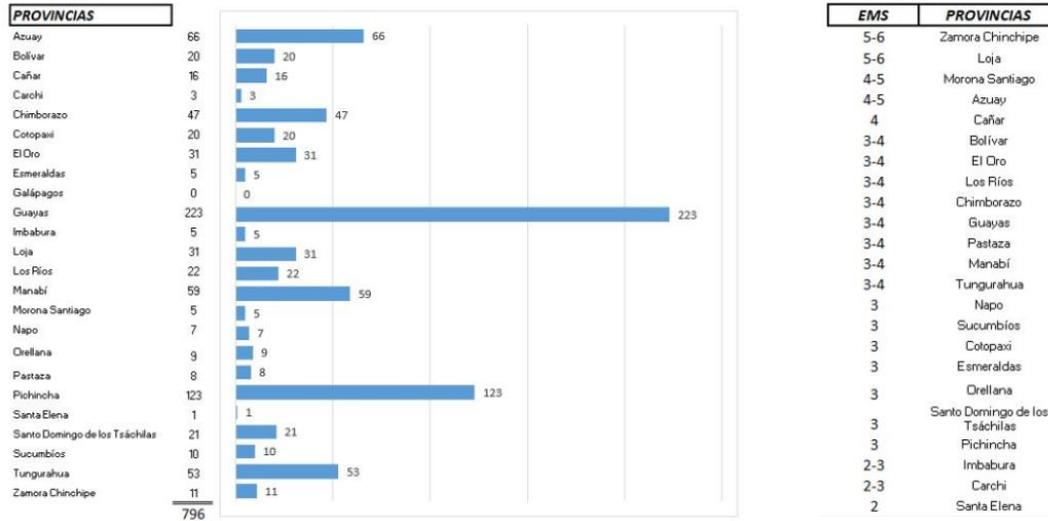


Figura 29. Reportes recibidos en la aplicación “¿Sintió el sismo?” para la determinación de las intensidades por provincia para el evento del 28 de noviembre a las 05h52 TL.

La máxima aceleración (PGA) registrada por la Red Nacional de Acelerógrafos fue de casi 40 cm/s², en la estación AMCR en Macará, en la componente horizontal Norte-Sur, es decir casi 4% del valor de la aceleración de la gravedad (Figura 30).

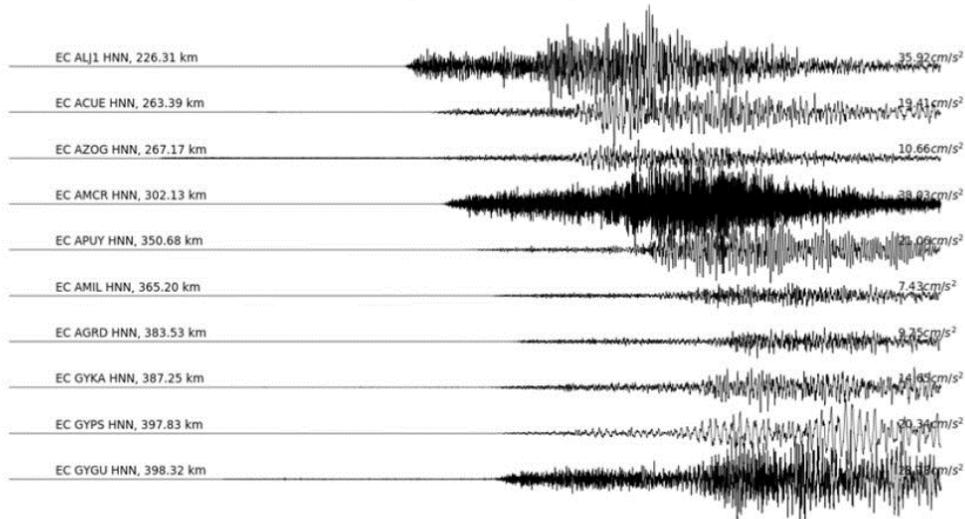


Figura 30. Acelerogramas de las estaciones más cercanas, indicando la distancia y el valor máximo de aceleración o pico de aceleración (PGA) en cm/s².

La duración de la señal sísmica fue más de 100 segundos, lo que es normal para un evento de estas características (magnitud y profundidad grandes) y los valores de amplitud más

altos, tuvieron una duración del orden de 30 a 50 segundos. Los daños observados y la intensidad con la que fue percibido el sismo podrían ser explicados debido a la duración del evento más que al pico de aceleración (PGA).

CONCLUSIONES

El 2021 se puede catalogar como un año con una sismicidad moderada y con un número de eventos en el rango de lo esperado, cuando no hay crisis o sismos de magnitudes grandes. Para este año, se puede destacar:

- 8 sismos superaron la magnitud local (MLv) de 5; 3 sismos ocurrieron durante el enjambre en la zona de la Isla de La Plata (carácter superficial); 2 sismos profundos, el primero al oeste de Guayaquil y el segundo en el Oriente, en la prov. Zamora Chinchipe; 2 sismos superficiales en la prov. Morona Santiago; 1 sismo superficial en la prov. Loja, zona limítrofe con Perú.
- Ocurrieron dos enjambres sísmicos en la zona de subducción: el primero frente a las costas de Esmeraldas, con una duración de 1 mes aproximadamente; la magnitud máxima fue de 4.75 MLv. El segundo se registró frente a las costas de Manabí, entre Manta y Puerto López, en la zona de la Isla de La Plata, con una duración de 1.5 meses; la magnitud máxima fue de 5.4 MLv. Durante este enjambre, se detectó un cambio en la tendencia de movimiento de los GPS a lo largo de la línea costera lo que evidencia la ocurrencia de un sismo lento. La magnitud equivalente de este sismo lento fue de 6.8 Mw.
- Los dos sismos que causaron más alarma fueron: el registrado en Quito el 23 de noviembre y el registrado en la Amazonía peruana, el 28 de noviembre.
El primero, por su carácter superficial fue sentido con particular fuerza en Quito y alrededores; la intensidad determinada fue de 5-6 EMS.
El segundo, por su magnitud y profundidad, fue sentido ampliamente en una gran parte del territorio ecuatoriano. Las intensidades máximas (5-6 EMS) se registraron en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe. Los daños registrados en algunos puntos del sur del Ecuador se explican por la duración del movimiento, característica particular de este tipo de eventos.

Área Técnica – Instrumentación

Actividades efectuadas

Mantenimiento de las redes instrumentales

Uno de los objetivos del área es dar mantenimiento preventivo y correctivo de las redes sísmicas, acelerográficas y de repetidoras dentro de todo el territorio nacional, con el objeto de que las señales de monitoreo sean captadas por los instrumentos y sean transmitidas en tiempo real al centro de datos del Instituto Geofísico de manera continua. Este mantenimiento incluye revisión/reemplazo de componentes del sistema de alimentación, del sistema de transmisión y del sistema de adquisición de señales. Adicionalmente se realiza el mantenimiento y la recolección de datos de las estaciones de monitoreo que debido al sitio donde se encuentran instaladas no tienen transmisión en tiempo real. Durante el 2021 se han realizado 347 visitas a las diferentes estaciones de monitoreo en todo el territorio nacional, en la tabla siguiente se detallan los motivos de las comisiones realizadas:

TIPO DE TRABAJO	CANTIDAD
Agregar/Retirar equipos	111
Cambio de accesorios	53
Descarga de datos	52
Instalación/Reemplazo	30
Limpieza	1
Pruebas	45
Pruebas	3
Reparación	39
Total general	347

Como resultado de esta tarea se ha logrado mantener las diferentes redes de monitoreo operando en un 84%, en su transmisión en tiempo real, este valor mejoró respecto al año 2020, ya que se pudo dar un mantenimiento más continuo a las estaciones. Cabe resaltar que la red de monitoreo en general tiene instrumentación que está llegando al fin de su vida útil y no hay disponibilidad de repuestos inmediatos, por lo que algunas estaciones han salido de operación o su funcionamiento no es óptimo para un monitoreo eficiente.

En el año 2021, se realizó el cambio de proveedor de la red satelital, por lo que todo el personal participó en la migración de equipos en el mes de octubre, a nivel nacional, aunque eso significó la falta de servicio por algo más de un mes en toda la red con transmisión satelital.

Durante el 2021, se apoyó en el proyecto internacional HIPER (“Imagen de alta resolución de la zona de ruptura del terremoto de Pedernales”), con la descarga de datos, instalación de banda anchas y retiro de equipos temporales.

Se realizó un cambio importante en la red de transmisión de las estaciones de monitoreo del volcán Tungurahua, ya que los enlaces hacia el ex observatorio se migraron a la repetidora de Loma Grande, debido al requerimiento de los propietarios.

En la figura siguiente se observa el funcionamiento en términos de disponibilidad de las diferentes estaciones de monitoreo, según el tipo de red de transmisión.





Fig 31: Disponibilidad de estaciones en tiempo real en el año 2021, según tipo de red de transmisión



Fig 32: Instalación de sensor Terrazas



Fig 33: Mantenimiento estación Cerro Negro



Fig 34: Campaña de cambio de red satelital. Estación Lumbaqui

Generación de documentación técnica

Durante el 2021, en los períodos de teletrabajo se generó documentación técnica para mejorar el rendimiento del trabajo del área, se realizó trabajo conjunto con sistemas,

sismología y vulcanología para unificar inventarios y depurar estaciones funcionales para desarrollo de nueva aplicación. En resumen, se generó la siguiente documentación:

- Plan de mantenimiento por tipo de estación con anexo técnico de características técnicas de cables.
- Avance en los diagramas de sistemas de alimentación de todas las estaciones
- Documento con inventario de equipos en estaciones para desarrollo de la nueva aplicación.
- Documento de libretas digitales, trabajo realizado y estadística de cambios realizados para estadística de repuestos necesarios para operación y mantenimiento de la red instrumental.
- Informe de baterías necesarias para la operación de la red.
- Informe de estaciones fuera de operación parcial o definitiva.

Capacitación interna y externa del personal del área técnica

Adicionalmente el personal del área técnica asistió a los siguientes cursos de capacitación:

- Curso de Administración Linux
- Administración de contratos en el sector público
- NDG Linux Unhatched
- Redacción de informes técnicos
- Documentación y Archivo
- Informática forense.
- Diseño, formulación y evaluación de proyectos con marco lógico
- Excel 3: Gestión de datos con tablas dinámicas
- Aplicación de la norma ISO 27001 y código de prácticas ISO 27002
- Fundamentos de contratación pública
- Curso de operación de la red Satelital con el nuevo proveedor LUMEN
- Curso de "PCAP Programming Essentials in Python"
- Programación con Python aplicada a la ingeniería
- Curso de "Comunicación, redacción institucional y ortografía"

Instalación de nuevas estaciones

Durante el 2021, se instaló una nueva estación sísmica y de infrasonido, para monitoreo de volcán Sangay, junto con la repetidora para la transmisión en tiempo real en el Cerro Quilamo y la recepción en las oficinas del ECU-911 en la ciudad de Macas



Fig 35: Instalación de estación Domono



Fig 36: Repetidora en Cerro Quilamo

También se digitalizó la estación Pastocalle y se la reubicó en el sitio de GPS, para aprovechar recursos de alimentación y transmisión.



Fig 37: Estación Pastocalle

Se reubicó la estación DOAS de El Tingo al sitio de CNT en el Atillo, con transmisión a la nueva repetidora de Sindajiri y la transmisión al nodo de microondas en Igualata.



Fig 38: Estación DOAS El Atillo



Fig 39: Repetidora Sindajiri

Desarrollo tecnológico

En el 2021 en el área técnica se ha trabajado en 3 proyectos:

Desarrollo de un recolector de ceniza automático

El objetivo es facilitar la recolección de ceniza, que hasta la actualidad es totalmente manual y con sus múltiples limitaciones, para lo cual se está diseñando un recolector con 32 depósitos de 250 cm³, con GPS para registro de tiempo de muestreo, conectividad Ethernet y memoria para los registros de muestreo. La tecnología que se está utilizando es en base a Arduino. Las actividades realizadas del proyecto durante el 2021 son las siguientes:

1. Diseño e impresión de partes que conforman la caja de protección de equipos y de partes a ser utilizados para el almacenaje de muestras de ceniza
2. Diseño de segundo disco a ser utilizado para la protección de las muestras mediante el software Autodesk Inventor y posterior corte mediante cortadora LASER
3. Depuración y pruebas de funcionamiento del cenizómetro mediante la incorporación de todos los elementos electrónicos en un único archivo de programación:
 - a. Control de los motores.
 - b. Control de calendario.
 - c. Registro de eventos en memoria SD.
 - d. Captura de imágenes, guardado en memoria SD y envío de las mismas hacia servidor FTP.
 - e. Reconocimiento de posición de muestreo mediante sensores infrarrojos.
 - f. Programación de página web para control y visualización del estado actual del sistema.

4. Pruebas de funcionamiento del equipo para la recolección de agua lluvia
5. Pruebas de funcionamiento para definir efectos de temperatura en el sensor de peso
6. Pruebas de funcionamiento para constatar el correcto funcionamiento del muestreo de acuerdo con las fechas seleccionadas.
7. Pruebas de captura de imágenes en ambientes oscuros



Fig 40: Pruebas de funcionamiento para recolección de lluvia.

Se presentaron ciertos inconvenientes para los cuales se debieron hacer múltiples pruebas y la continua depuración de la programación implementada, se aprovechó para colocar los respectivos comentarios con respecto a las respectivas líneas de programación.

A estas pruebas se sumó la programación para permitir el control y visualización del estado de funcionamiento mediante una página web (Estado: Permite una visualización básica del estado del equipo, se tiene botones para poder enviar el archivo de información de muestreo actual, así como también imágenes del estado actual hacia servidor FTP).

Desarrollo de la plataforma para administración y control de calidad de las redes de transmisión.

Durante el año 2021 se continuó trabajando en el ingreso y modificaciones de las estaciones remotas. Además, en la implementación y refactorización de scripts desarrollados en lenguaje Python. A continuación, se da una descripción general de los avances del sistema de monitoreo.

Se tiene implementado en el sistema Zabbix un total de 737 host, 13629 números de items, 3159 triggers y 13 usuarios con una disponibilidad de Zabbix Server del 99%.

En este último año se ha implementado los siguientes ítems para monitorizar el estado de salud de nuevos equipos incorporados al Zabbix:

GPS	Alloy	3	ICMP response time, ICMP ping, ICMP loss
Arduino	UNO, MEGA	3	arduino.temperature, arduino.voltaje.cc, arduino.voltaje.ac

Equipo	Modelo	# de ítems	Items
Radio FreeWave	Z9-PE	18	VSWR, TX Success, Transmit Power, Temperature, SN Delta, Signal, Serial Number, RX Success, RF Data Rate, Noise, Node ID, Network ID, Modem Mode, Model, ICMP response time, ICMP ping, ICMP loss, Frequency Key
	FGRPlus	11	Voltage, Vendor, Temperature, SN Delta, Signal, RX Success Rate, Reflected Power, Noise, ICMP response time, ICMP ping, ICMP loss
Cámara	Axis	4	Temperature, ICMP response time, ICMP ping, ICMP loss

Fig 41: Tabla de ítems

Se implementación en el servidor principal 40 mapas de visualización completando un total de 53 mapas de 49 nodos y 4 mapas que corresponde a red de Cámaras, red GPS, Red Satelital, Red SW Capa 2, con funcionalidades tales como: reinicio de equipos, ingreso al equipo por su dirección IP. Se tiene un avance entre el 98% en este módulo de monitoreo. Además, se han realizado actualizaciones de los mapas de acuerdo con los cambios realizados en las comisiones de servicios.

Actualmente la base de datos de Zabbix esta alimentado con alrededor de 632 host de las diferentes redes hibridas que tiene el IG EPN, como GPS, equipos sísmicos, cámaras, equipos de telecomunicaciones, DOAS, etc.

El trabajo pendiente por realizarse es la actualización y migración a la versión 6.0 LTS de Zabbix con la finalidad de obtener mayores prestaciones.

Estudio de los campos Electromagnéticos que acompañan la actividad sísmica y volcánica en los complejos volcánicos Chiles y Reventador

Durante el 2020 se ejecutó el Proyecto CEPRA XIII-2019-11 Campos electromagnéticos, en trabajo conjunto con la Universidad Politécnica Salesiana y la Universidad San Francisco, durante el 2021 se continuó con el mantenimiento y mejoras de la red y realizaron las siguientes actividades:

- Visita periódica a las estaciones para descargar los datos y realizar el mantenimiento preventivo de las mismas.
- Conforme a los resultados encontrados en cada visita se han realizado actualizaciones constantes al software de los dispositivos para corregir problemas de funcionamiento encontrados.
- Se realizó una actualización en el hardware debido a que una de las tarjetas “Arduino Uno” sufrió una avería, por lo que se mejoró la carcasa externa y el sistema de puesta a tierra para así prevenir que las condiciones climáticas y atmosféricas puedan generar nuevamente problemas o fallos a la misma.

El prototipo se mantiene instalado en campo, por lo que se continúa realizando constantes mejoras y cambios en la programación para adaptar su funcionalidad a los nuevos requerimientos, así como facilitar su uso e interpretación de los datos y eventos ocurridos mientras se encuentra en operación en campo.

En la actualidad se debe realizar una actualización de software y hardware en el nodo de “Chiles 2”, ya que los últimos cambios sólo se aplicaron al equipo ubicado en “La Esperanza” por cuestiones de tiempo.

Adicionalmente, se publicó el paper “On the Monitoring of the Electromagnetic Fields Accompanying the Seismic and Volcanic Activity of the Chiles Volcano: Preliminary Results” en Ecuador Technical Chapter Meeting (ETCMC2021)

Área de Sistemas

El Instituto Geofísico, tiene instalada varias redes de monitoreo de diversos tipos en todo el país y varios de los volcanes activos y potencialmente activos. Estas redes realizan un monitoreo constante y generan importantes volúmenes de datos que son obtenidos, analizados y almacenados con la ayuda de varios sistemas de adquisición, procesamiento y respaldo.

Infraestructura

El trabajo del área inicia con el mantenimiento de la infraestructura tecnológica: centro de datos, red de comunicación y computadores para su operatividad continua con la finalidad de brindar las facilidades para las actividades que realiza el personal del Instituto.

La actividad de mantenimiento, entre otras se la realiza en:

- ✓ Red de servidores, computadores de escritorio y portátiles
- ✓ Red de impresoras y escáner
- ✓ Bases de datos
- ✓ Sistemas operativos (Parcheo, actualización de versiones)
- ✓ Aplicaciones (mantenimiento y actualizaciones)
- ✓ Código (migración y versionado)
- ✓ Página y servicios web (creación, configuración)
- ✓ Pruebas de concepto
- ✓ Control de actividad de la red
- ✓ Respaldos, recuperación de datos
- ✓ Soporte a usuarios

En el año anterior, el personal se incorporó al trabajo presencial en horarios restringidos, no obstante, todas las operaciones se mantuvieron operativas para permitir el monitoreo de la actividad sísmica y volcánica desde fuera y el teletrabajo del personal.

Se logró instalar y poner en funcionamiento un nuevo sistema de enfriamiento para el centro de datos, actualmente este opera juntamente con el sistema anterior (de más 10 años de uso).

Se incrementó en 32TB la capacidad de almacenamiento en el sistema SAN, para los datos generados por las redes de monitoreo y trabajos de investigación llevados en el IG.

Página web y redes sociales del IGEPN

Durante el año 2021 la página web del IGEPN tuvo 1'144,529 usuarios, teniendo un total de 16'944.954 páginas vistas y una media de 9.37 páginas por visita. El pico de visitas se dio el 23 de noviembre de 2021 con 61,756 usuarios, producto de un sismo ocurrido en la provincia de Pichincha de magnitud 4.6 MLv y que fue sentido fuertemente en la ciudad de Quito.



Ilustración 42. Gráfico de conexiones a la página web del Instituto Geofísico

En nuestras redes sociales se tuvo las siguientes estadísticas: Facebook con 1'500,192 seguidores; Twitter con 1'423,115 seguidores; YouTube con 5.105 suscriptores, Instagram con 30,814 seguidores y el canal público de Telegram con 16,905 suscriptores.

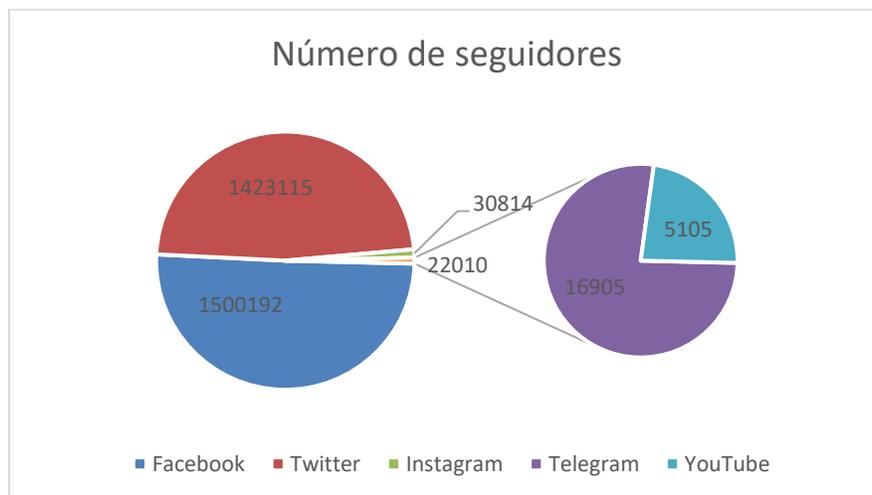


Ilustración 43. Usuarios de las redes sociales de IGEPN

Por medio del formulario de descarga de datos la comunidad realizó 729 descargas de datos sísmicos y volcánicos.

Durante este año el IG-EPN amplió su presencia en redes sociales, duplicando sus seguidores en la plataforma de Instagram y triplicando los seguidores del canal público de

Telegram. Adicionalmente se realizaron varios eventos en vivo en el canal oficial en Facebook, desde charlas sobre el estado de los volcanes, dictadas por investigadores del IG-EPN y de universidades extranjeras; pasando por el ciclo de charlas “5 lecciones, 5 años después del Terremoto” recordando los 5 años del terremoto de Pedernales de 2016; hasta la realización del curso vacacional “Planeta tierra: más allá de tus ojos”, el cual fue impartido de manera virtual más de 200 niños de todo el país.

Mapas de Peligro sísmico

De los riesgos relacionados a los fenómenos naturales que se presentan periódicamente en el Ecuador el riesgo por terremotos es el que más impacto puede causar en su población y en su economía. El País se ha visto expuesto a mega-terremotos de la zona de subducción y a terremotos de poca profundidad, de magnitud moderada a grande que ocurren en la corteza continental y que por tanto se ubican mucho más cerca de los centros poblados. En el 2021 se puso a disposición de la ciudadanía el **Mapa Digital Interactivo del Peligro Sísmico en Ecuador**, que muestra los valores esperados de aceleración sísmica en todo el territorio nacional para dos niveles de riesgo.

El riesgo aceptable establecido para edificaciones comunes en los códigos de construcción que determinan un 10% de probabilidad de excedencia del valor de aceleración dado en una ventana de tiempo de 50 años. Esto es equivalente a un período medio de retorno de 475 años de dicha aceleración.

Un riesgo menor establecido para edificaciones especiales o de importancia que determina un 2% de probabilidad de excedencia del valor de aceleración dado en una ventana de tiempo de 50 años. Esto es equivalente a un período de retorno de ~2500 años de dicha aceleración.

El territorio nacional se dividió en 3146 cuadrículas en las que se calculó el peligro sísmico para una condición genérica y uniforme de sitio catalogado como roca ($VS30=760\text{m/s}$ → velocidad de la onda de corte en los primeros 30 metros de la corteza). Los resultados de aceleración horizontal también están calculados para 7 periodos espectrales, a más del PGA: 0.07s, 0.05s, 0.1s, 0.2s , 0.5 s, 1s y 2s.

En la aplicación web se muestran también las incertidumbres relacionadas con el cálculo y que se expresan en los datos de los cuantiles 16 y 84 de los respectivos mapas.

Para muestra se colocan las siguientes gráficas:

- Ilustración 44. Página principal para el ingreso del mapa digital de peligro sísmico.
- Ilustración 45. Página que muestra los datos del peligro sísmico probabilístico para un período de retorno de 475 años.
- Ilustración 46. Página que muestra los datos de amenaza y la población a nivel de cada cabecera cantonal

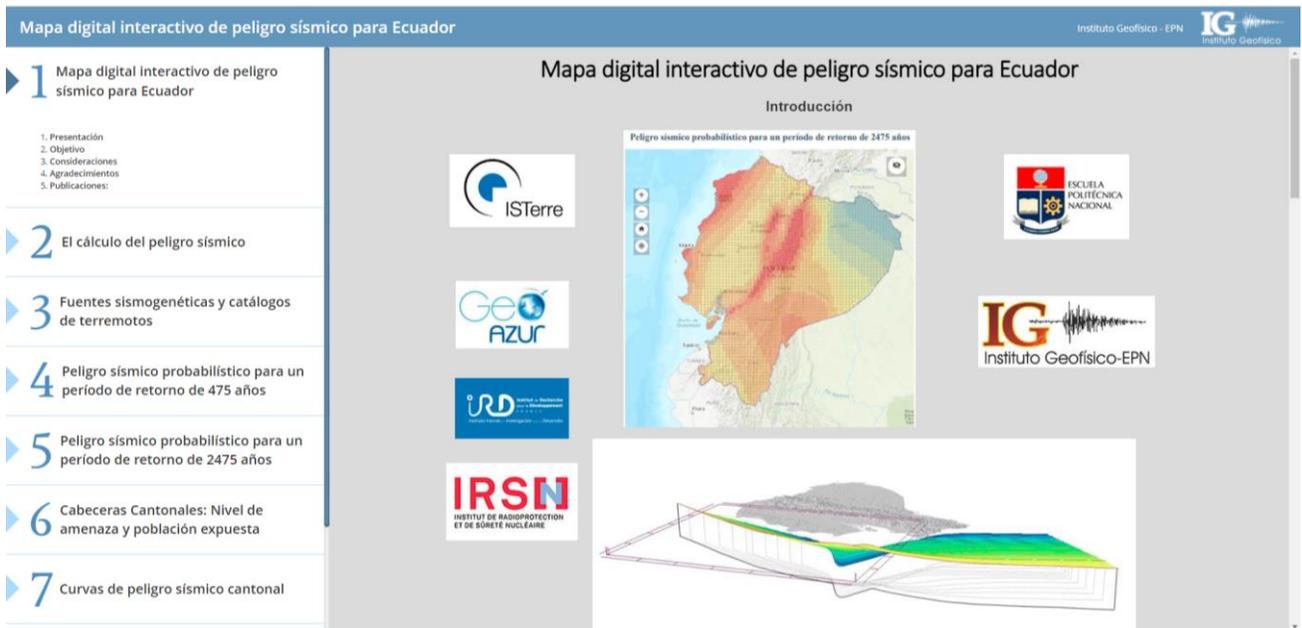


Ilustración 44. Página principal para el ingreso del mapa digital de peligro sísmico.

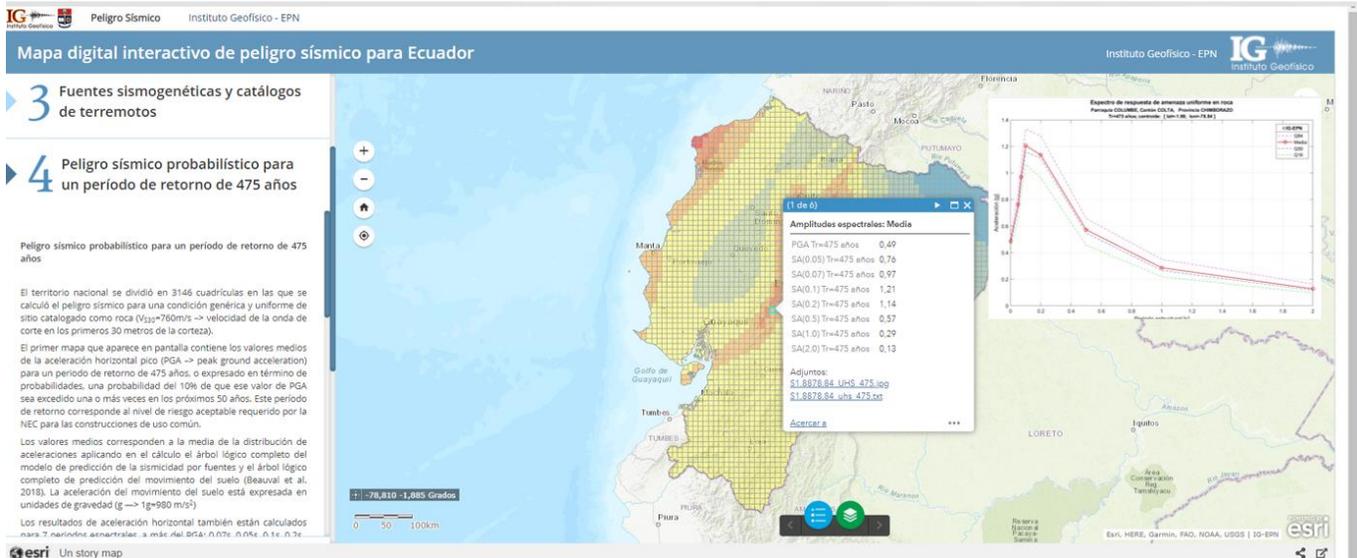


Ilustración 45. Página que muestra los datos del peligro sísmico probabilístico para un período de retorno de 475 años.

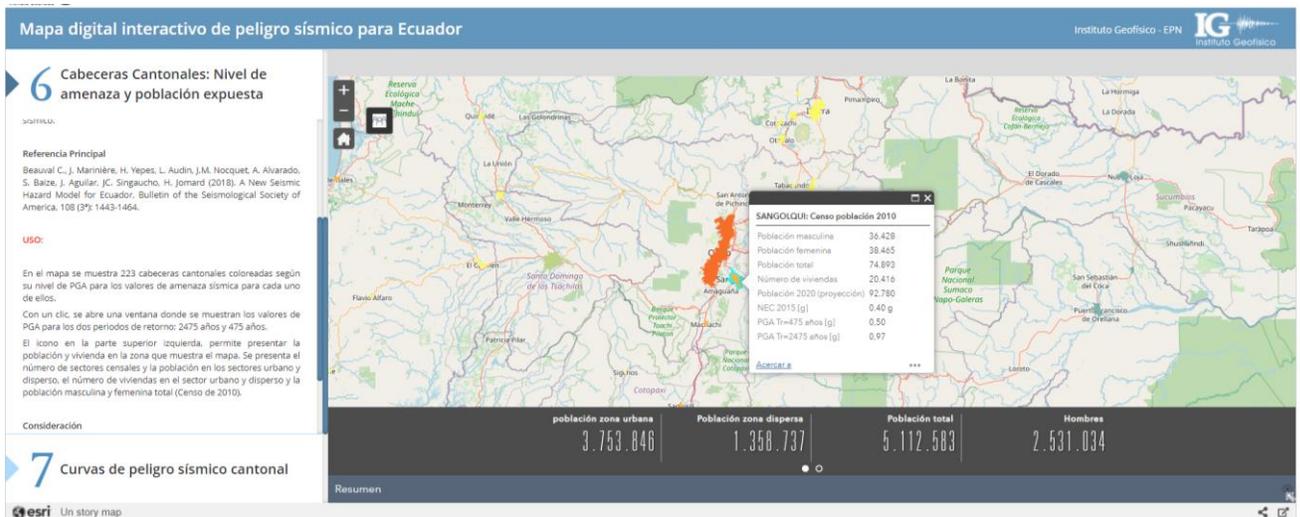


Ilustración 46. Página que muestra los datos de amenaza y la población a nivel de cada cabecera cantonal

Desarrollo de aplicaciones

El desarrollo de aplicaciones permite automatizar algunos de los procesos rutinarios que se realiza en el IGEPN. Lo siguiente se logró en el año 2021.

Sistema para difusión y monitoreo

Uno de los objetivos de la institución es brindar información oportuna y verás a la comunidad a través de los diferentes canales, como redes sociales y página web. La aplicación es pensada modularmente y en el año 2020 se avanzó con la implementación de la generación y publicación de algunos informes.

Para el año 2021 se añadió nuevas funcionalidades al aplicativo web que, para la difusión de información a la comunidad sobre eventos relevantes de las amenazas sísmicas y volcánicas en el país, como son:

Módulo de Informes

1. Publicaciones en Redes Sociales
2. Informe Volcánico Periódico Semanal
3. Informe Evento Sísmico SCP3
 - a. Evento SCP3
 - b. Consulta de Informes
4. Registro Actividad Volcánica (Bitácora)
 - a. Registro de Actividad
 - b. Reporte

5. Anulación de Informes
6. Reportes de Conteo de Informe
7. Gases SO₂ (pendiente salida a producción)
 - a. Migración de datos antiguos
 - b. Procesamiento
 - c. Reporte
 - d. Datos Procesados

Y se avanzó en un nuevo módulo relacionado a las estaciones y equipo de monitoreo.

Módulo de Estaciones (pendiente salida a producción)

- ✓ Gestión Básica de Estaciones
- ✓ Registro de salidas al campo
- ✓ Migración de datos antiguos

El desarrollo de software implica varias etapas para la gestión de las nuevas funcionalidades en el avance del proyecto.

- ✓ Levantar requerimiento
- ✓ Diseñar modelo de datos
- ✓ Desarrollo
- ✓ Pruebas
- ✓ Implementación en producción
- ✓ Migración de datos antiguos para las funcionalidades que lo requieran
- ✓ Mantenimiento

Como parte del trabajo de cada día está el mantenimiento de lo existente que entre otras actividades implica **Mantenimiento a Funcionalidades existentes:**

- ✓ Soporte de usuario
- ✓ Actualización de funcionalidad
- ✓ Análisis de factibilidad e implementación de mejoras

Resumiendo, el módulo de informes contiene las siguientes funcionalidades:

- A. Informe Estado de Turno
- B. Informe Sísmico Especial
- C. Informe Periódico Diario
- D. Informe VONA
- E. Infografía Volcánica
- F. Publicación Automática de Informes
- G. IG al Instante

A continuación, se resume las nuevas funcionalidades desarrolladas:

Módulo de Informes

Los diferentes usuarios del IG pueden ingresar a la aplicación mediante sus registros institucionales



The image shows a login interface for the 'Módulo de Informes' application. At the top, it displays the logo of the Instituto Geofísico (IG) and the text 'ESCUELA POLITECNICA NACIONAL' and 'INSTITUTO GEOFISICO'. Below the logo, there is a login form with the following elements:

- Header: **Módulo de Informes**
- Form fields:
 - Usuario: Correo institucional
 - Clave: [Empty field]
- Login button: Login

Ilustración 47. Pantalla de ingreso a la aplicación

1. Publicaciones en Redes Sociales

Las redes sociales son uno de los principales medios para comunicar a la población sobre los eventos sísmicos o volcánicos que se registran en el país. La Ilustración 48, muestra un ejemplo de una publicación que se realiza con la aplicación.



Ilustración 48. Ejemplo de un informe diario del volcán reventador, publicado en redes sociales.

2. Informe Volcánico Periódico Semanal

Con esta funcionalidad se automatiza la elaboración de los informes que se generan semanalmente, adicionalmente, este informe se publica de manera automática en las diferentes redes sociales para informar a la comunidad.

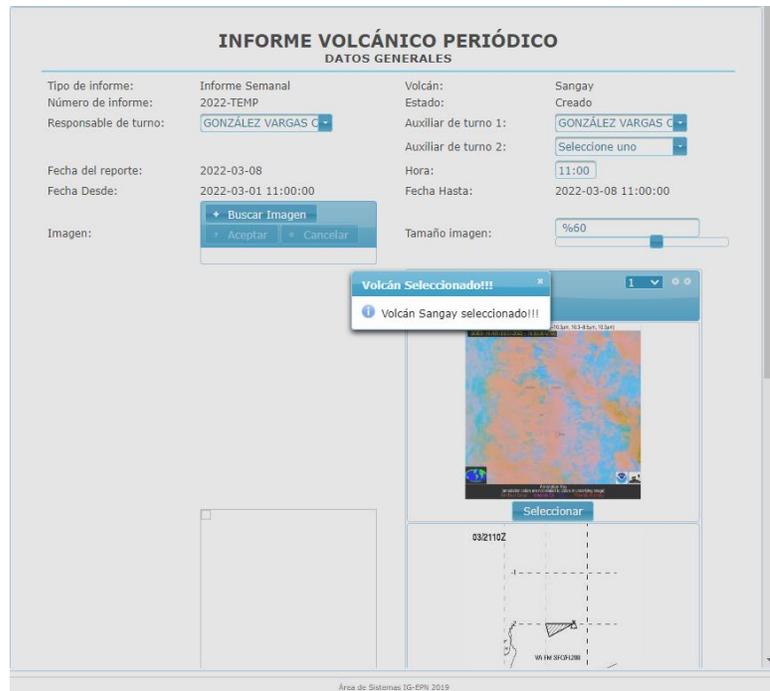


Ilustración 49. Ejemplo de la generación de un informe semanal, mediante la aplicación.

3. Informe Evento Sísmico Sesicomp3

El sistema Seiscomp3 es el encargado de la adquisición y procesamiento de los datos sísmicos, generando y publicando localizaciones automáticas. Con este informe se integra en el aplicativo web, la funcionalidad que permite publicar los eventos rectificados en las redes sociales.

EVENTOS SÍSMICOS											
Código	Tiempo origen UCL	Tiempo origen TL	Magnitud	Tipo magnitud	Región/País	Latitud	Longitud	Profundidad km	Estado	Acción	
igepn2022epbu	2022-03-07 04:04:51	2022-03-06 23:04:51	3.5	MLv	Ecuador - Guayas	-2.936	-80.122	38.4	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación
igepn2022eksv	2022-03-04 19:00:59	2022-03-04 14:00:59	3.7	MLv	Ecuador - Morona Santiago	-2.509	-77.806	2.8	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación
igepn2022efvb	2022-03-02 02:27:34	2022-03-01 21:27:34	3.8	MLv	Off Coast of Ecuador	-1.923	-81.548	14.2	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación
igepn2022eave	2022-02-27 08:50:06	2022-02-27 03:50:06	2.8	MLv	Ecuador - Napo	-0.257	-77.773	3.1	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación
igepn2022eaud	2022-02-27 08:18:51	2022-02-27 03:18:51	3.4	MLv	Ecuador - Napo	-0.260	-77.773	2.9	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación
igepn2022dysn	2022-02-26 05:16:36	2022-02-26 00:16:36	3.8	MLv	Off Coast of Ecuador	0.156	-82.539	10.0	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación
igepn2022dwks	2022-02-24 23:00:25	2022-02-24 18:00:25	3.8	MLv	Ecuador - Pastaza	-2.029	-76.520	10.0	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación
igepn2022dscp	2022-02-22 14:23:07	2022-02-22 09:23:07	3.5	M	Ecuador - Manabí	0.240	-79.931	4.9	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación
igepn2022dqjr	2022-02-21 16:40:33	2022-02-21 11:40:33	3.7	MLv	Ecuador - Morona Santiago	-2.327	-77.162	130.0	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación
igepn2022djdd	2022-02-17 16:24:42	2022-02-17 11:24:42	3.9	MLv	Ecuador - Morona Santiago	-1.569	-78.125	165.1	Confirmado	Publicar Evento	Rectificación

Ilustración 50. Ejemplo de la pantalla de los eventos sísmicos localizados con el sistema Seiscomp

○ Consulta de Informes

INFORMES EVENTOS SÍSMICOS

Código	Tiempo origen UCL	Tiempo origen TL	Magnitud	Tipo magnitud	Región/País	Latitud	Longitud	Profundidad km	Estado	Acción
igepn2022epbu	2022-03-07 04:04:51	2022-03-06 23:04:51	3.5	MLv	Ecuador - Guayas	-2.936	-80.122	38.4	Confirmado	Editar Ver
igepn2022eksv	2022-03-04 19:00:59	2022-03-04 14:00:59	3.7	MLv	Ecuador - Morona Santiago	-2.509	-77.806	2.8	Confirmado	Editar Ver
igepn2022efvb	2022-03-02 02:27:31	2022-03-01 21:27:31	3.9	MLv	Off Coast of Ecuador	-1.964	-81.756	10.0	Confirmado	Editar Ver
igepn2022eave	2022-02-27 08:50:06	2022-02-27 03:50:06	2.8	MLv	Ecuador - Napo	-0.2573	-77.7733	3.0	Confirmado	Editar Ver
igepn2022eaud	2022-02-27 08:18:51	2022-02-27 03:18:51	3.4	MLv	Ecuador - Napo	-0.2597	-77.773	3.0	Confirmado	Editar Ver
igepn2022eahz	2022-02-27 02:10:08	2022-02-26 21:10:08	3.7	M	Ecuador - Napo	-0.2432	-77.7697	5.0	Rectificado	Editar Ver
igepn2022dysn	2022-02-26 05:16:36	2022-02-26 00:16:36	3.8	MLv	Off Coast of Ecuador	0.156	-82.539	10.0	Confirmado	Editar Ver
igepn2022dybu	2022-02-25 20:47:01	2022-02-25 15:47:01	3.6	M	Ecuador - Napo	-1.0229	-77.8223	10.0	Rectificado	Editar Ver
igepn2022dwks	2022-02-24 23:00:27	2022-02-24 18:00:27	3.9	MLv	Ecuador - Pastaza	-2.121	-76.58	10.0	Confirmado	Editar Ver
igepn2022dscp	2022-02-22 14:23:07	2022-02-22 09:23:07	3.5	M	Ecuador - Manabí	0.24	-79.931	4.9	Confirmado	Editar Ver

Búsqueda por Fecha del evento(TL)

Código	Tiempo origen UCL	Tiempo origen TL	Magnitud	Tipo magnitud	Región/País	Latitud	Longitud	Profundidad km	Estado	Acción
No hay registros										

Ilustración 51. Ejemplo de la opción de búsqueda de los eventos sísmicos publicados.

4. Registro Actividad Volcánica (Bitácora)

El personal de turno lleva una bitácora de la actividad sísmica y volcánica. Con este informe se integra la funcionalidad al aplicativo web para proporcionar la información para la elaboración de los informes periódicos, La bitácora es alimentada de forma automática por los informes VONA e IG al Instante y de forma manual por parte del usuario.

ACTIVIDADES VOLCÁNICAS

Fecha actividad:

No. Actividad	Fecha de actividad	Volcán/Parámetros	Auxiliar de turno	Acción
2022-TEMP	2022-03-08 14:45:21	Reventador:Control Goes16&Sismica Sangay:Control Goes16&Sismica	OJEDA LÓPEZ ANDRÉS ESTEBAN	Editar Eliminar Ver
2022-209	2022-03-08 08:03:24	Reventador:Columna de emisión / ceniza Guagua Pichincha:Gases Sangay:Observación	AGUAIZA TASHINCHANA SANTIAGO XAVIER	Editar Eliminar Ver
2022-208	2022-03-08 06:53:39	Chiles:Observación Reventador:Observación Colopaki:Observación Tungurahua:Observación	SANTO CELA NELSON JAVIER	Editar Eliminar Ver
2022-207	2022-03-07 22:59:10	Chiles:Observación Reventador:Columna de emisión / ceniza,Control Goes16&Sismica,Observación Guagua Pichincha:Observación Colopaki:Observación Tungurahua:Observación Sangay:Columna de emisión / ceniza,Control Goes16&Sismica,Otro parámetro de monitoreo Wolf:Control Goes16&Sismica,Otro parámetro de monitoreo	MEJÍA SÁENZ MARTHA CECILIA	Editar Eliminar Ver
2022-206	2022-03-07 14:48:15	Reventador:Control Goes16&Sismica,Lluvias / Lahares,Observación Sangay:Columna de emisión / ceniza,Control Goes16&Sismica,Lluvias / Lahares Wolf:Control Goes16&Sismica,Lluvias / Lahares	ACOSTA REYES EMILIO ANDRÉS	Editar Eliminar Ver

Ilustración 52. Pantalla para el registro de la actividad volcánica.

ACTIVIDADES VOLCÁNICAS

Búsqueda por Fecha de actividad: Fecha Inicio: Fecha Fin:

Volcán:

No. Actividad	Fecha de parametro	Volcán	Parámetros	Descripción	Auxiliar de turno
2022-001	2022-01-01 09:46:22	Cotopaxi	Observación	sector despejado sin emisiones	CRUZ FIALLO PABLO DAVID
2022-002	2022-01-01 17:50:17	Cotopaxi	Observación	Volcán despejado no se observa actividad superficial.	SANTO CELA NELSON JAVIER
2022-003	2022-01-01 23:00:00	Cotopaxi	Observación	volcán nublado No se registran novedades en el sector.	ORTIZ ZAMBRANO MARIO MARCELO
2022-003	2022-01-02 07:00:00	Cotopaxi	Observación	En el transcurso de la noche el volcán se despejó y se mantiene así hasta el momento, sin registros de lluvias en el sector.	ORTIZ ZAMBRANO MARIO MARCELO
2022-004	2022-01-02 13:54:06	Cotopaxi	Observación	Mayormente despejado durante la mañana, en la tarde se nubló.	GUSQUI LLIVICOTA LENÍN JAVIER
2022-004	2022-01-02 13:54:47	Cotopaxi	Columna de emisión / ceniza	Se observaron leves emisiones de gases y vapor de agua a nivel del cráter.	GUSQUI LLIVICOTA LENÍN JAVIER
2022-004	2022-01-02 13:55:31	Cotopaxi	Lluvias / Lahares	No se registraron lluvias.	GUSQUI LLIVICOTA LENÍN JAVIER
2022-005	2022-01-02 22:39:32	Cotopaxi	Observación	Despejado, pero no se observó actividad a nivel superficial	LEMA ZAPATA VERÓNICA EDELINA
2022-006	2022-01-03 01:44:26	Cotopaxi	Observación	Despejado, sin actividad superficial.	VILLARREAL TARAGUAY EDWIN JAVIER
2022-006	2022-01-03 06:12:17	Cotopaxi	Observación	Despejado, sin actividad superficial.	VILLARREAL TARAGUAY EDWIN JAVIER

Ilustración 53. Pantalla para el reporte de la actividad volcánica.

5. Anulación de Informes

Esta funcionalidad permite la anulación de informes generados en el aplicativo web, cuando se cometió algún error que no puede ser modificado mediante la funcionalidad de actualización de informes.

ANULACIÓN DE INFORMES

Tipo:

Tipo de informe:

Volcán:

NÚMERO INFORME **RANGO DE FECHAS**

Fecha Inicio:

Fecha Fin:

Número informe	Tipo de informe	Volcán	Fecha de informe(TL)	Es automático?	Acción
2022-009	Informe Evento Sísmico		2022-01-24 07:17:52	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-008	Informe Evento Sísmico		2022-01-24 02:33:39	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-007	Informe Evento Sísmico		2022-01-24 00:10:05	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-006	Informe Evento Sísmico		2022-01-20 07:57:24	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-005	Informe Evento Sísmico		2022-01-18 16:56:51	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-004	Informe Evento Sísmico		2022-01-13 05:22:13	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-002	IG Al Instante		2022-01-07 05:44:47	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-003	Informe Evento Sísmico		2022-01-06 07:08:24	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-001	IG Al Instante		2022-01-05 10:54:54	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-002	Informe Evento Sísmico		2022-01-04 02:16:53	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular
2022-001	Informe Evento Sísmico		2022-01-02 21:32:03	<input checked="" type="checkbox"/>	Anular

Ilustración 54. Pantalla para la anulación de informes.

6. Reportes de Conteo de Informe

Son reportes que muestran el conteo de número de informes, tanto los generados por el aplicativo como los cargados de forma manual, con varios filtros en diferentes periodos de tiempo.

BÚSQUEDA DE INFORMES

Tipo:

Tipo de informe:

- Informe Periódico Anual Sísmico
- Informe Sísmico Especial
- Informativo IG al Instante Sísmico
- Informe Sísmico sobre hechos particulares en la salida a campo
- Informe Evento Sísmico
- Informe Periódico Diario Volcánico
- Informe Periódico Semanal Volcánico
- Informe Periódico Mensual Volcánico
- Informe Periódico Trimestral Volcánico
- Informe Periódico Anual Volcánico
- Informe Volcánico Especial
- Informe Aviso del Observatorio de Volcanes para la Aviación Civil - VONA
- Informativo IG al Instante Volcánico
- Informe Volcánico sobre hechos particulares en la salida a campo
- Informe Infografía
- Informe sobre la observación de volcanes en los sobrevuelos

Año:

Volcán:

Fecha	Volcán	Informe Periódico Anual Sísmico	Informe Sísmico Especial	Informativo IG al Instante Sísmico	Informe Sísmico sobre hechos particulares en la salida a campo	Informe Evento Sísmico	Informe Periódico Diario Volcánico	Informe Periódico Semanal Volcánico	Informe Periódico Mensual Volcánico	Informe Periódico Trimestral Volcánico	Informe Periódico Anual Volcánico	Informe Volcánico Especial	Informe Aviso del Observatorio de Volcanes para la Aviación Civil - VONA	Informativo IG al Instante Volcánico	Informe Volcánico sobre hechos particulares en la salida a campo	Informe Infografía	Informe sobre la observación de volcanes en los sobrevuelos
2022	Reventador	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0
2022	Sangay	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	162	22	2	1	0
2022		0	0	3	1	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	Tungurahua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2022	Chiles	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	Cotopaxi	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2022	Wolf	0	0	0	0	0	61	0	0	0	0	2	7	3	0	0	0
2022	Fernandina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
2022	Volcán por Defleco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
TOTAL		0	0	3	1	29	195	15	0	0	0	2	301	28	4	2	0

Ilustración 55. Pantalla para la generación del reporte de conteo de informes.

7. Gases SO2 (pendiente salida a producción)

Este reporte trabaja con los datos de gases, a diferencia de los anteriores que lo hace con los datos sísmicos. Esta funcionalidad permite el tratamiento de datos de gases SO2, una vez que fueron revisados en el programa NOVA, realiza informes y revisa los datos procesados.

- Migración de datos antiguos
- Procesamiento de datos

PROCESAMIENTO DE GASES SO2 DATOS GENERALES

Volcán: Cotopaxi

Fecha de toma de datos:

Fuente Viento:

Datos Satélite: Hora:

Datos por Estación
Procesamiento de Datos

Estación:

Fecha 2021-12-10

Tiene datos: **Comentario:**

Guarde los registros por cada estación antes de procesar

Selección de los datos válidos:

✓	time start	time stop	raw (µg)	raw (ppmv)	wind speed (m/s)	wind speed score	wind direction (deg)	wind direction score	complete percent (%)	temp (deg)	temp score	pressure (hPa)	pressure score	humidity (%)	humidity score	quality error	spec error	total error	wind error				
✓	2021-12-10 15:43:42	2021-12-10 15:44:04	152.10	3.28	197.36	4	180	100	233	18	96	0	2000	100	-18.12	51.4	18	96	0.43	30	15	30	30
✓	2021-12-10 20:48:03	2021-12-10 20:48:25	456.29	1.28	456.29	4	180	100	233	18	96	0	2000	100	-49.81	21.6	96	96	0.43	30	15	30	30
✓	2021-12-10 21:18:18	2021-12-10 21:18:40	152.10	3.28	197.36	4	180	100	233	18	96	0	2000	100	-13.76	47.4	96	96	0.43	30	15	30	30

Ilustración 56. Pantalla para el procesamiento de gases.

INFORME DE GASES DATOS GENERALES

Elaborado por:

Volcán:

Fecha Inicio:

Fecha Fin:

Ver gráfico media móvil 7d:

Ver gráfico acumulado:

(1 of 10)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
10

Fecha	Código	Estación	# Medicas	Valor Máx(t/d)	Desviación Estandar	Completeness	Velocidad del viento(m/s)	Condiciones del viento	Dirección del viento
2021-01-06	D-SANI	1234969	14	383	75	2	104		
2021-01-07	D-SANI	1234969	12	636	222	4	231		
2021-01-08	D-SANI	1234969	8	1139	522	7	266		
2021-01-09	D-SANI	1234969	13	1602	432	9	278		
2021-01-10	D-SANI	1234969	11	2051	553	11	271		
2021-01-11	D-SANI	1234969	10	1981	577	12	275		
2021-01-12	D-SANI	1234969	12	2080	552	11	270		
2021-01-13	D-SANI	1234969	11	2458	999	11	274		
2021-01-14	D-SANI	1234969	14	1904	557	10	276		
2021-01-15	D-SANI	1234969	11	1432	398	8	257		

(1 of 10)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
10

Número de medicas vs Tiempo

Valor Medio Máximo vs Tiempo

Velocidad del viento vs Tiempo

Ilustración 57. Reporte de informe de gases.

DATOS PROCESADOS DE GASES SO2

Volcán:

Fecha Inicio:

Fecha Fin:

Flujo de SO2: promedio diario(t/d)						Condiciones del Viento		
Fecha	Código	Estación	# Medidas	Valor Máx(t/d)	Desviación Estandar	Completeness	Velocidad del viento(m/s)	Dirección del viento
2021/05/01	D-SANJ	I2J4969	2	933	76		5	291
2021/05/02	D-REFS	D2J2815	1	1599	0		8	262
2021/05/03	D-SANJ	I2J4969	4	1286	274		6	248
2021/05/04	D-REFS	D2J2815	1	519	0		2	223
2021/05/05	D-SANJ	I2J4969	3	1264	408		7	307
2021/05/06	D-SANJ	I2J4969	3	853	66		5	302
2021/05/07	D-REFS	D2J2815	1	1148	0		5	272
2021/05/08	D-SANJ	I2J4969	4	818	135		4	280
2021/05/09	D-SANJ	I2J4969	4	1357	396		6	249
2021/05/10	D-SANJ	I2J4969	3	1386	102		6	258
2021/05/11	D-SANJ	I2J4969	7	1418	372		8	285
2021/05/12	D-SANJ	I2J4969	5	1990	419		9	284
2021/05/13	D-SANJ	I2J4969	4	1969	404		10	275
2021/05/14	D-SANJ	I2J4969	4	1583	297		9	281
2021/05/15	D-SANJ	I2J4969	3	1498	218		8	259
2021/05/16	D-SANJ	I2J4969	4	1078	223		6	256
2021/05/17	D-SANJ	I2J4969	4	1272	283		6	259
2021/05/18	D-SANJ	I2J4969	5	1369	369		6	272
2021/05/19	D-SANJ	I2J4969	2	806	144		7	153
2021/05/20	D-REFS	D2J2815	11	181	69		2	184
2021/05/21	D-SANJ	I2J4969	7	1066	196		5	286
2021/05/22	D-SANJ	I2J4969	4	1975	474		8	262
2021/05/23	D-SANJ	I2J4969	3	1139	328		6	256

Ilustración 58. Pantalla que muestra los datos procesados de los gases.

8. Módulo de Estaciones (pendiente salida a producción)

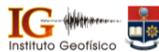
Las estaciones, compuesta de varios equipos, recopila, graba y transmite los datos para el monitoreo y estudio de la tectónica y volcanismo en el Ecuador.

En el año 2021 se avanzó con la implementación de la funcionalidad para la gestión básica de las estaciones y para consulta y el acceso a la información.

- ✓ Gestión Básica de Estaciones
- ✓ Registro de salidas al campo
- ✓ Migración de datos antiguos

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

INSTITUTO GEOFISICO



Módulo Estación

Usuario:
 Clave:

AMBIENTE DE DESARROLLO

Ilustración 59. Pantalla de ingreso al módulo de estación

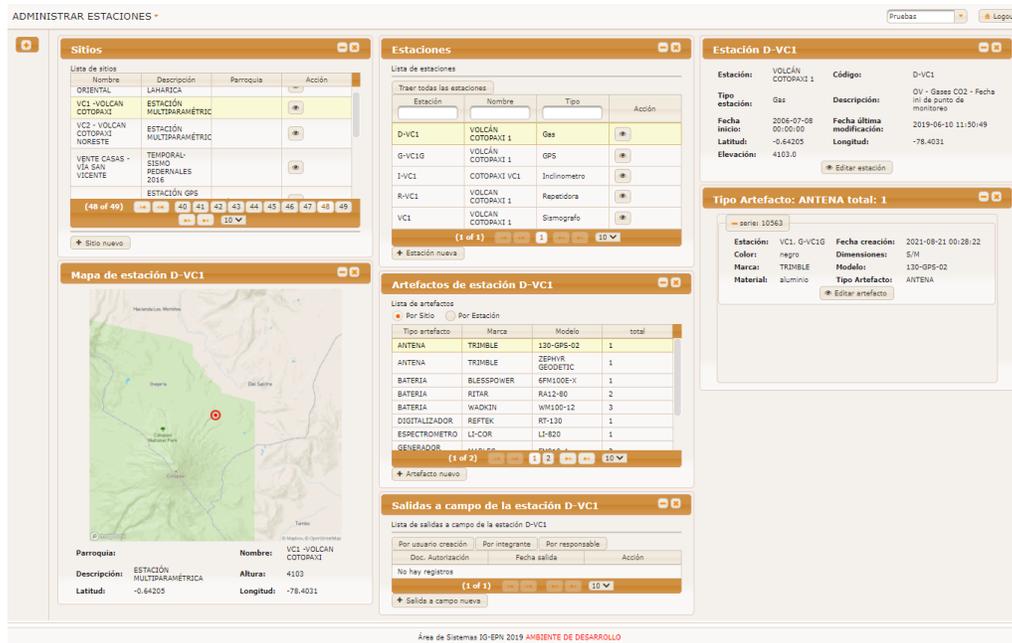


Ilustración 60. Pantalla que muestra los datos y equipos de la estación.

Instalación y configuración de Pensive en Grafana.

Pensive es una aplicación Java diseñada por el USGS, que permite visualizar, casi en tiempo real, el contenido espectral de las formas de onda sísmicas continuas de una serie de sensores desplegados en los volcanes. El código es abierto, disponible gratuitamente y de dominio público. Se adaptó este código para la monitorización de los volcanes monitoreados en Ecuador y se hicieron modificaciones para visualizar los datos en Grafana (aplicación de visualización) de una forma interactiva y configurar alarmas.



Ilustración 61. Pantalla que muestra los datos MCCM y presión



Ilustración 62. Pantalla que muestra los datos trace velocity y Back azimuth

Desarrollo implementación del programa XAAP

Los volcanes activos registran muchos más eventos sísmicos que la tectónica regional, la mayoría son muy pequeños, pero deben ser clasificados correctamente para un buen monitoreo de la actividad volcánica. Usando Python se creó un programa que ayudará al personal de registradores a procesar los eventos volcánicos y clasificarlos usando algoritmos de aprendizaje automático.

El programa cuenta con una interfaz gráfica sencilla de usar y permite consultar las formas de onda MSEED desde el archive de Seiscomp.

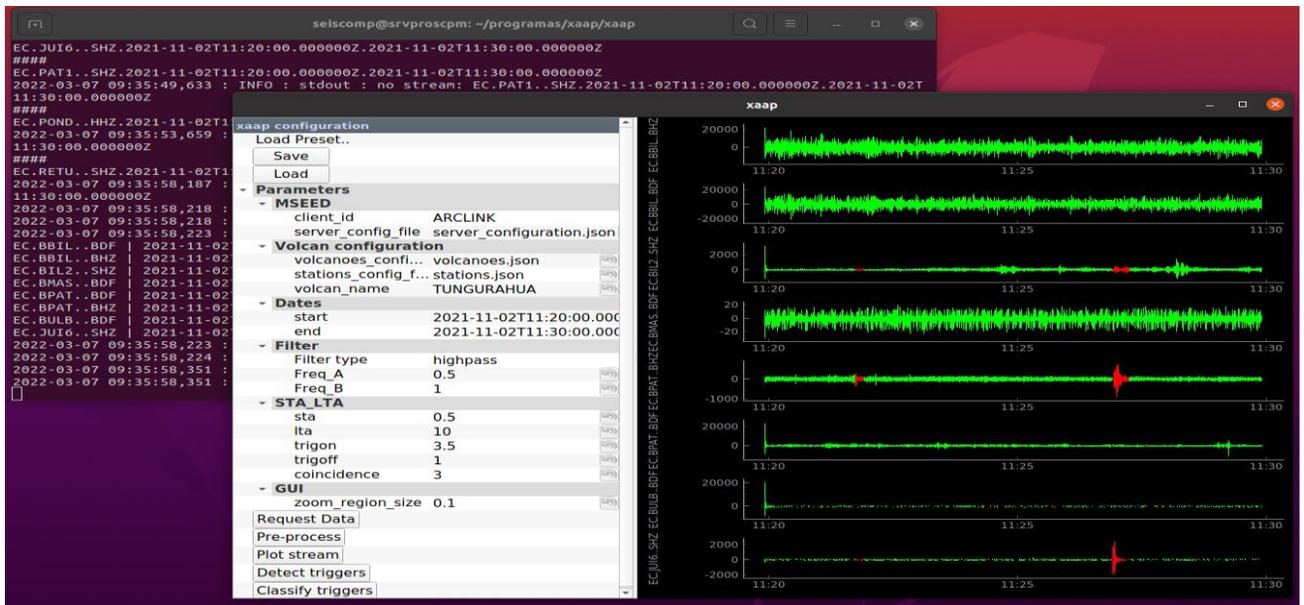


Ilustración 63. Pantalla para la carga de las formas de onda de los sismos

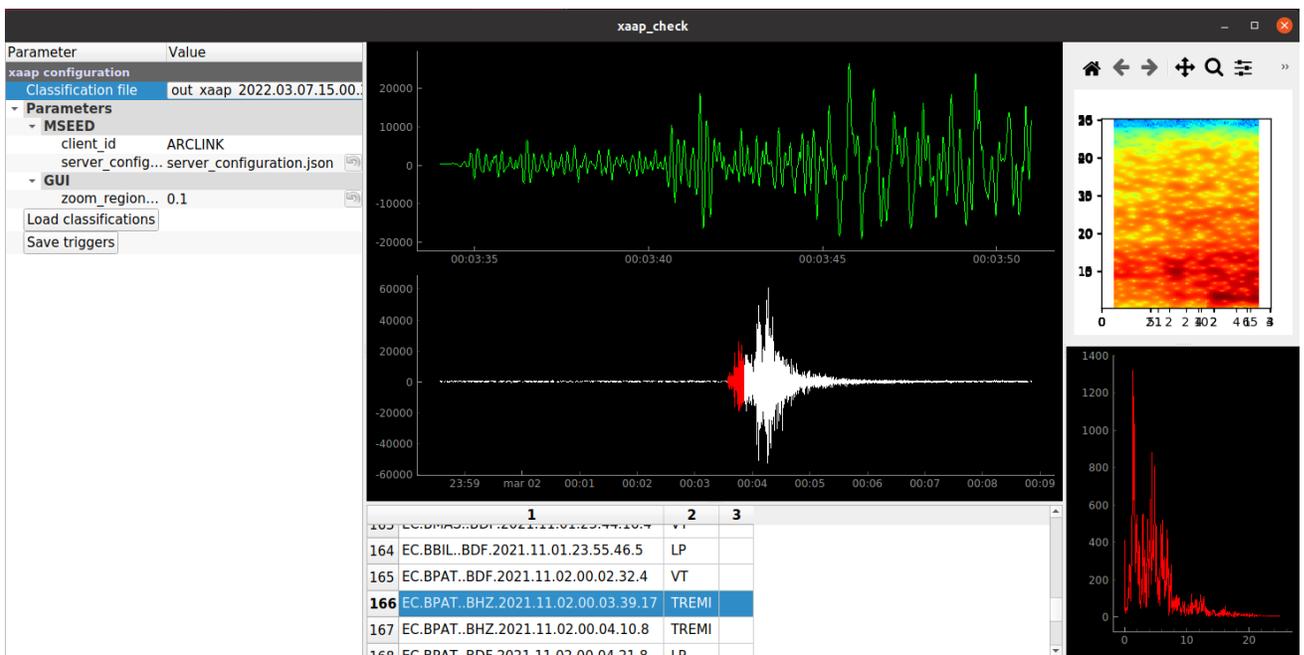


Ilustración 64. Pantalla para la clasificación de eventos

Aplicación Móvil “Observadores Volcánicos”

El instituto Geofísico cuenta con una Red de Observadores Volcánicos del Ecuador (ROVE) que reportan sobre el estado y actividad observada en los volcanes, con la finalidad de

organizar el envío de reportes, se inició en el 2021 con el desarrollo de una aplicación para celular que facilita la comunicación de las observaciones y permite cargar evidencias de la actividad volcánica.

La primera versión ALPHA, contempla la funcionalidad STAND-ALONE para dispositivos móviles con sistema operativo Android se liberó a finales del 2021 luego de una capacitación virtual y abierta al personal de observadores. <https://youtu.be/EJz5c0QYyYI>

El aplicativo consta de la siguiente funcionalidad, que se encuentra en su menú de opciones.

Pantallas / Opciones de menú

Dentro de las opciones de menú implementadas en el año 2021 están:

- Sistema de autenticación de usuario
- Menús de navegación
 - Tipo Hamburguesa
 - Barra de Navegación
- Mapas
 - Ubicación de volcanes
 - Ubicación de cenizómetros
- Perfil
- Cenizómetros
 - Instalación
 - Mantenimiento
 - Reportes
- Observaciones
 - Columna de emisión
 - Caída de ceniza
 - Niebla de ceniza – Visibilidad
 - Lluvia
 - Ruido
 - Olor
 - Sin Novedad
 - Reportes
- Recompensas
- Contáctenos
- Perfil de usuario
- Login

Algunas de las pantallas del aplicativo:

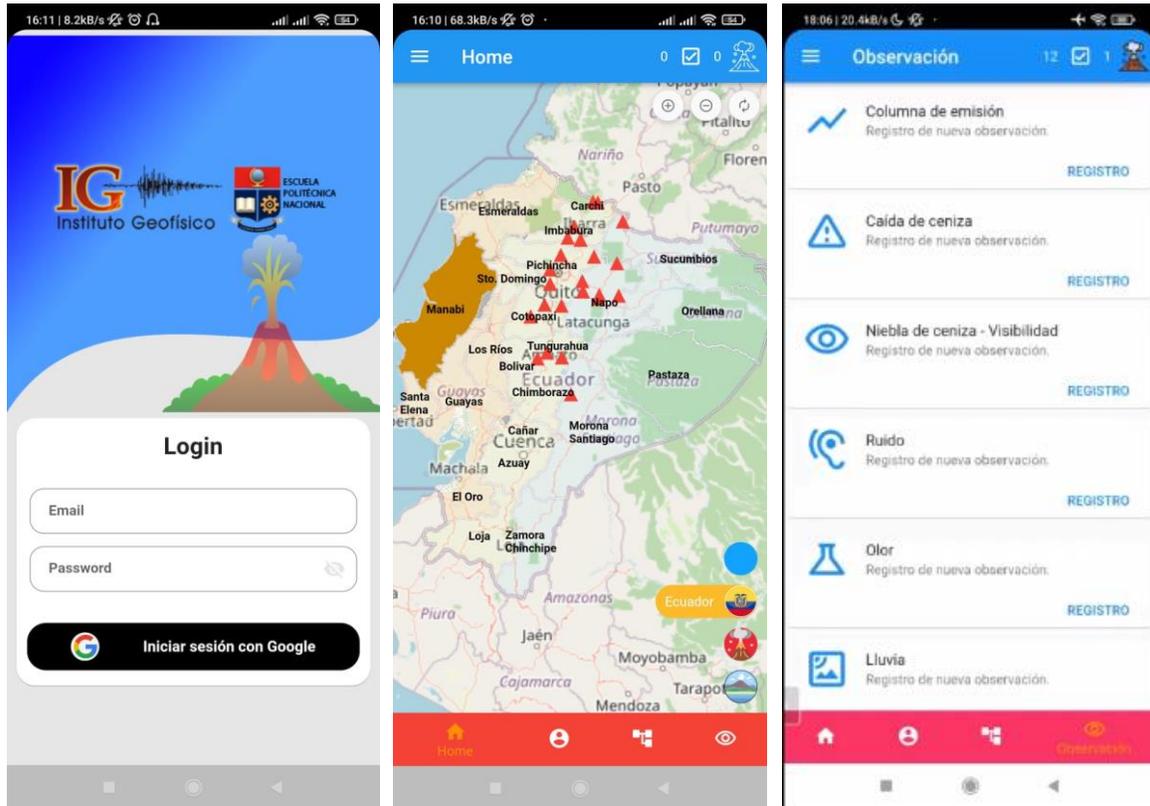


Ilustración 65. Pantalla para autenticación, mapa de volcanes y observaciones del aplicativo Android

Área Administrativa Financiera

EJECUCION PRESUPUESTARIA 2021

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional para el cumplimiento de su misión institucional y los objetivos estratégicos señalados en la Planificación operativa, en el ejercicio económico 2021 dispuso de un presupuesto que alcanzó el valor de \$ 730.114,65 dólares, el mismo que se encuentra registrado en el Programa 83 GESTION DE LA INVESTIGACION.

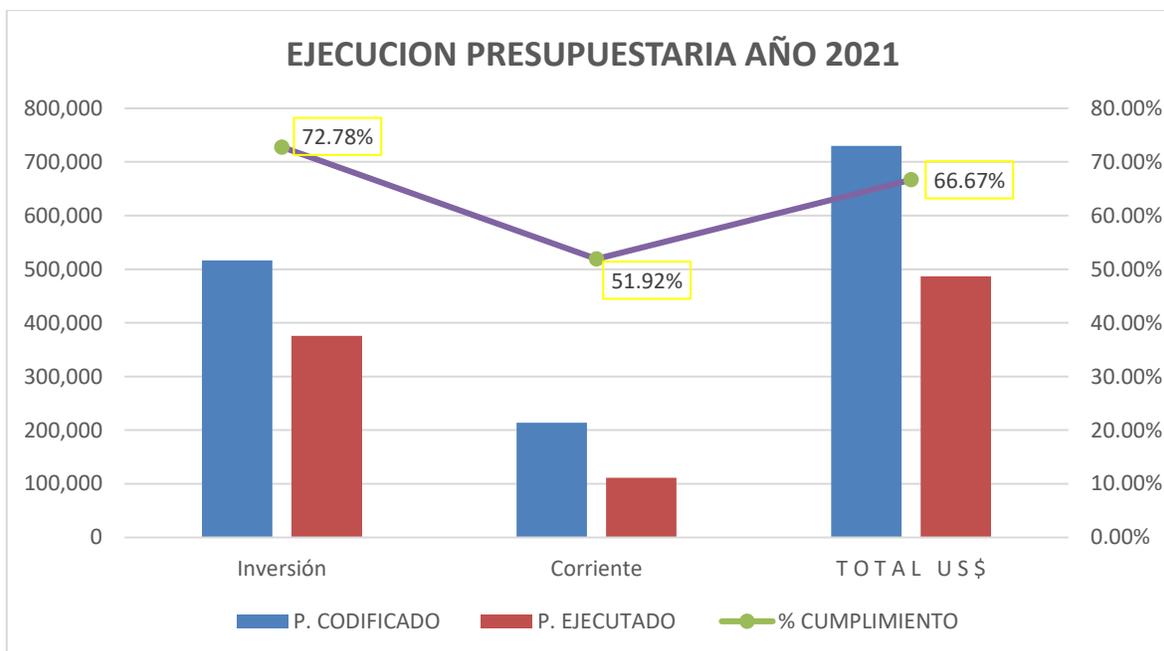
El presupuesto señalado se encuentra descompuesto en: Proyecto de Inversión “Generación de Capacidades para la Difusión de Alertas Tempranas y para el Desarrollo de Instrumentos de Decisión Dirigidos al Sistema Nacional de Gestión de Riesgos” cuyo presupuesto codificado alcanza el valor de US\$ 516.146,51. Fondos del Decreto Ejecutivo 3593 que constituyen transferencias corrientes del Presupuesto General del Estado por el valor de \$ 20.000,00 y los Recursos de Autogestión que constituyen recaudaciones producto de la gestión del Instituto Geofísico por el valor de \$ 193.968,14.

La ejecución del presupuesto se detalla en la siguiente tabla:

MONTO CODIFICADO POR PROYECTO

AREAS PROGRAMAS Y PROYECTOS	PRESUPUESTO CODIFICADO	PRESUPUESTO EJECUTADO	% CUMPLIMIENTO
Proyecto Generación de Capacidades para la Difusión de Alertas Tempranas y para el Desarrollo de Instrumentos de Decisión Dirigidos al Sistema Nacional de Gestión de Riesgos	516.146,51	375.664,69	72.78%
Decreto Ejecutivo 3593	20.000,00	19.483,87	97,42%
Autogestión	193.968,14	91.599,07	47.22%
TOTAL US \$	730.114,65	486.747,63	66,67%

Fuente: Sistema ESIGEF



En la tabla siguiente se muestra la ejecución presupuestaria por tipo de gasto:

TOTAL PRESUPUESTO INSTITUCIONAL	GASTO CORRIENTE PLANIFICADO	GASTO CORRIENTE EJECUTADO	GASTO DE INVERSIÓN PLANIFICADO	GASTO DE INVERSIÓN EJECUTADO
Proyectos			516.146,51	375.664.69
Decreto Ejecutivo y Autogestión	213.968,14	111.082,94		

Con la finalidad de observar la orientación de la planificación del Instituto Geofísico, es necesario evidenciar hacia donde se canalizaron los recursos financieros asignados al Instituto en el ejercicio 2020, por lo cual se presenta la ejecución del presupuesto por Grupo de Gasto, en la siguiente tabla:

MONTOS CODIFICADOS, COMPROMETIDOS Y DEVENGADOS POR GRUPO DE GASTO

GRUPO DE GASTO	Monto Codificado	Monto Comprometido	Monto Devengado
53 Bienes y servicios de consumo	161.479,85	120.704,42	101.976,56
57 Otros gastos corrientes	5.485,00	3.784,78	3.864,78
73 Bienes y Servicios para Inversión	221.555,07	189.240,89	185.767,36
77 Otros Gastos de Inversión	176.360,61	123.849,17	123.849,17
84 Bienes de Larga Duración	165.234.12	136.781,19	71.289,76
TOTAL US \$	730.114,65	574.450.45	486.747.63

El cuadro corresponde a la distribución de la ejecución presupuestaria por Grupo de Gasto, en el mismo se puede observar que la mayor aplicación del gasto corresponde al grupo,

Bienes y Servicios para Inversión, tales como telecomunicaciones; mantenimiento de equipos; mantenimiento de vehículos, mantenimiento y reparaciones de edificios, locales y residencias; adquisición de repuestos, accesorios, insumos, bienes materiales y suministros, necesarios para el desarrollo de las actividades de monitoreo sísmico y volcánico, que ascienden el valor de \$ 185.767,36 y que en términos relativos es el 38.16%.

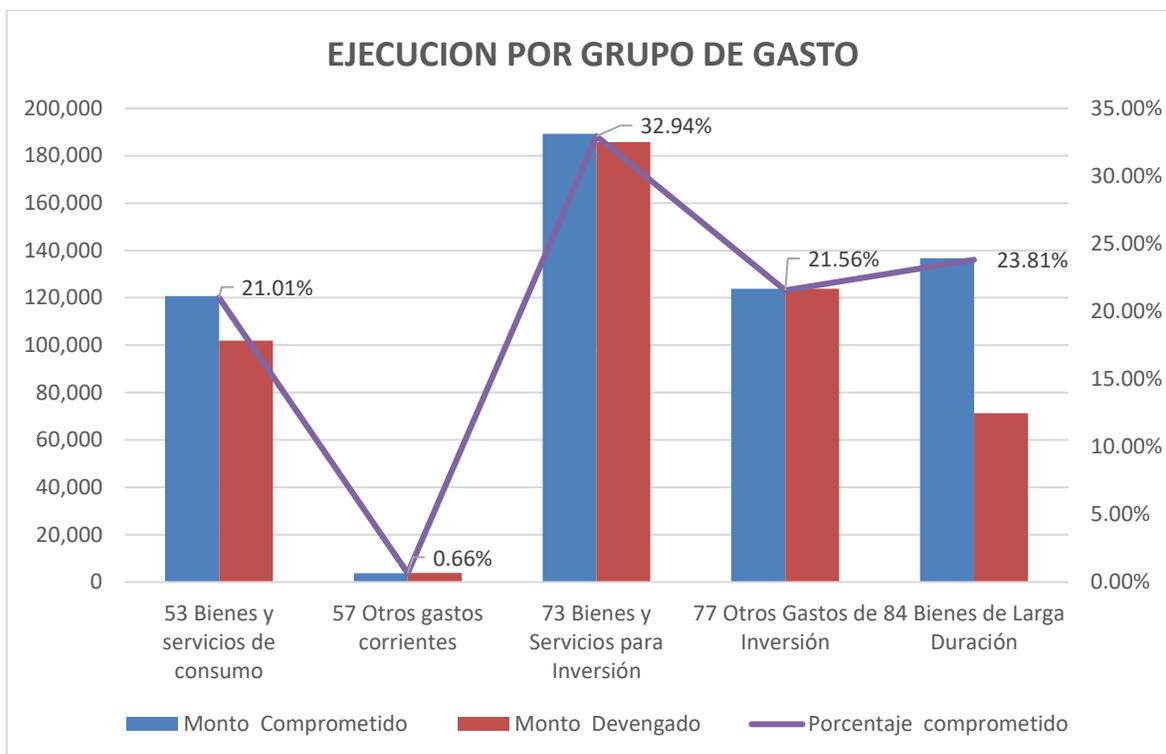
En segundo lugar, tenemos el grupo, Otros Gastos de Inversión, por tasas, comisiones y seguros de bienes, que asciende al valor de \$ 123.849,17 y que representa el 25.44%.

En tercer lugar, se encuentra el grupo, Bienes y Servicios de Consumo, tales como servicios básicos; servicios generales; materiales de oficina y aseo; capacitación; gastos de informática; edición, impresión, reproducciones, publicaciones, suscripciones, fotocopiado, por el valor de \$ 101.976,56 que equivale al 20.95%.

A continuación, tenemos el grupo, Bienes de Larga Duración, por adquisiciones de computadoras de alto procesamiento, equipos para investigación, equipos de monitoreo y otros que ascienden al valor de \$ 71.289,76 y que en términos relativos representa el 14.65%.

Por último, el grupo, Otros Gastos Corrientes, que comprende gastos por concepto de impuestos, tasas generales, matriculación de vehículos, comisiones generadas por las actividades operacionales, por un valor de \$ 3.864,78 y que representa el 0.79 %.

En el cuadro se observa una diferencia de \$ 87.702,82 entre el total comprometido y el total devengado, lo que significa que varios procesos quedaron en estado comprometido no devengado y que serán finalizados en el ejercicio económico 2022. Por otra parte la ejecución del presupuesto de Autogestión se vio afectada porque el Ministerio de Economía y Finanzas transfirió muy tarde al Instituto Geofísico las disponibilidades correspondientes a la fuente de financiamiento 002, el 15 de diciembre de 2021, a esa fecha en el sistema ya estaba cerrado el módulo para la generación de certificaciones presupuestarias y compromisos presupuestarios como se puede verificar en el cronograma de cierre de ejercicio fiscal 2021, emitido por el mismo Ministerio de Economía y Finanzas.



COMPRAS PÚBLICAS

A continuación, se presenta un resumen de los procesos de contratación de compras públicas por tipo de contratación realizados en el año 2021.

PROCESOS DE CONTRATACIÓN Y COMPRAS PÚBLICAS DE BIENES Y SERVICIOS					
TIPO DE CONTRATACIÓN	ESTADO ACTUAL				MEDIO DE VERIFICACIÓN
	Adjudicados		Finalizados		
	Número Total	Valor Total	Número Total	Valor Total	
Ínfima Cuantía	28	33.975,30	28	33.975,30	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/IC/buscarInfima.cpe
Licitación	1	148681,68	1	96170,6	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=bq8S7DBbRQ_UhZn8n5vIEHJJaDOVCoHMckTnxAPZ98F8
Subasta Inversa Electrónica	4	105.226,00	4	71.908,00	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/buscarProceso.cpe?trx=50007
Régimen Especial	4	110.615,99	4	110.615,99	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/buscarProceso.cpe?trx=50007

Catálogo Electrónico	2	2071,81	2	2071,81	https://catalogo.compraspublicas.gob.ec/ordenes
TOTAL	\$	400.570,78	\$	314.741,70	

En la tabla anterior se puede verificar que el uso de la plataforma de compras públicas permitió un ahorro de \$85.829,08 dólares en los procesos realizados en el año 2021.

A continuación, se presenta el listado de procesos realizados en el año 2021:

(Siguiendo página...)

CÓDIGO DEL PROCESO	TIPO DEL PROCESO	OBJETO DEL PROCESO	MONTO DE LA ADJUDICACIÓN (USD)	ESTADO DE LA CONTRATACIÓN	LINK PARA DESCARGAR EL PROCESO DE CONTRATACIÓN DESDE EL PORTAL DE COMPRAS PÚBLICAS
SIE-IGEPN-001-2021	Subasta Inversa Electrónica	ADQUISICIÓN DE BATERÍAS VRLA DE 12 VDC DE 100 AH, 80 AH Y 55AH PARA MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DEL INSTITUTO GEOFÍSICO	17238,00	Finalizado	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=nOWNFFgLS9D9_ZUj88VJG1K26anTFqjOfGnybKXQrPo_
LICS-IGEPN-001-2021	Licitación de Seguros	CONTRATACIÓN DE LAS PÓLIZAS DE SEGURO MULTIRIESGOS INCENDIO, ROBO, EQUIPO ELECTRÓNICO FIJO, EQUIPO ELECTRÓNICO PORTÁTIL, ROTURA DE MAQUINARIA, TRANSPORTE DE EQUIPO Y PARQUE AUTOMOTOR PARA BIENES Y ACCIDENTES PERSONALES DEL INSTITUTO MULTIDISCIPLINARIO – INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA EPN.	96170,60	EN EJECUCION	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=rNhA6CUZ1y1d4vw8YFz2rSD1jLXLfz26Ak0PeYvqgsE_
SIE-IGEPN-002-2021	Subasta Inversa Electrónica	CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSMISIÓN SATELITAL DE DATOS PARA LA RED VSAT Y ENLACE DE INTERNET DEL INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	40770,00	EN EJECUCION	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=io_jHnbiqQtwiPk1ShYAt62E7QUswu2Y1Jjloj3WLA_

SIE-IGEPN-004-2021	Subasta Inversa Electrónica	CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE RENOVACIÓN DE LICENCIAS DE MÓDULOS DE PROCESAMIENTO Y PUBLICACIÓN DE SISMOS SCP3 A SCP4	13900,00	Finalizado	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/EC/resumenContractual1.cpe?idSoliCompra=2ZsOpTZ-SqZ4AXYaucYNkqX_Clim8Y-JeVPveLe4nbU,&cnt=Z19ajwVJL15Hrw0mn_M9Vt6OL_0WyDeHIJWjLQtM7ZQ,&contratoid=JhhUz5yiT5zVABhgj-dtNBpBRWEBYvyhZS_YTKfifvY
REG-IGEPN-002-2021		ADQUISICIÓN DE RADIOS MODEM DIGITALES DE ESPECTRO DISPERSO CON SALTO EN FRECUENCIA FHSS ETHERNET/SERIAL EN LA BANDA DE 902-928MHz, MODELO FGR2-PE-U	26.912	Finalizado	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=XNKYgWN7Ff0AYXPSKecBe2TjOTzBRoEzrOODgDyckoA
REG-IGEPN-003-2021		ADQUISICIÓN DE IMPLEMENTOS Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL CROMATÓGRAFO IÓNICO PARA ANÁLISIS DE AGUA DE VERTIENTES	9.702,00	Finalizado	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=Z-ZCevfTZUPSAtf1x0Pp2ZvIpsrNujNTpxRZlgrOKIs
REG-IGEPN-004-2021		CONTRATACIÓN DE SERVICIO DE REPARACIÓN DE 3 RECEPTORES GPS MARCA TRIMBLE MODELO NETR9 CON NÚMEROS DE SERIE: 5101K72960, 5035K69804 Y 5502R50099	11.740,00	Finalizado	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=bh1sZXuziSw4i9Gsfxo47L3dSeFa13yisTu4giKhQB8
REG-IGEPN-005-2021		ADQUISICION DE DOS CAMARAS TERMICAS FIJAS PARA EL INSTITUTO GEOFISICO	62.261,99	Finalizado	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=7W4VtABi atw6lAzs08xtCPq2AxjIKa6m_q9FCvBJ2as
CATALOGO ELECTRONICO			2.071,81	Finalizado	https://catalogo.compraspublicas.gob.ec/entrar

INFIMA CUANTIA	33.975,3	LINK PARA DESCARGAR EL LISTADO DE ÍNIFIMA CUANTÍA POR INSTITUCIÓN	https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/IC/buscarInfima.cpe
TOTAL ADQUISICIONES	314.741,7		-

CONCLUSIONES:

En el año 2021 se alcanzó una ejecución del 60,27%, debido a que un buen porcentaje de los fondos de autogestión presupuestados correspondían a la recuperación de saldos del año 2020, este presupuesto fue asignado por el Ministerio de Finanzas en el mes de noviembre 2021 y las disponibilidades el 15 de diciembre 2021.

Hitos principales del IGEPN en el año 2021

- Publicación del mapa de peligro sísmico del Ecuador y su aplicativo web interactivo
- Participación en la campaña HIPER, Instalación de más de 300 estaciones sísmicas temporales para construir una imagen de alta resolución de la zona de subducción. Esto en colaboración con el IRD, el Laboratorio Geoazur de Francia, el KIT de Alemania y las universidades de Lehigh y Arizona de Estados Unidos.
- Se ha ejecutado el proyecto Tomorrow's cities con universidades del Reino Unido con el fin de incrementar la resiliencia de la ciudad de Quito frente a las múltiples amenazas de origen geológico.
- Se ha logrado mantener en funcionamiento las redes de vigilancia sísmica y volcánica a nivel nacional y se reforzó la red de vigilancia del volcán Sangay gracias a la colaboración de VDAP
- Se ha publicado 32 artículos científicos SCOPUS, incluyendo Nature Communications, Sciences Advances, JGR, EPSL, ente otras.
- Se realizó por tercer año consecutivo el curso de verano "Tierra más allá de tus ojos" para niños de 9 a 12 años. En el 2020 y 2021 de manera virtual con alrededor de 260 asistentes cada año.
- Se ha reforzado la red de observadores volcánicos y se creó y presentó la primera versión del aplicativo móvil para comunicación de eventos asociados a la actividad volcánica en el país.
- Se mantiene relaciones y convenios con varias instituciones nacionales e internacionales con el fin de mejorar las capacidades de vigilancia sísmica y volcánica en el país.
- Se ha publicado cientos de informes diarios, semanales, mensuales, reportes rápidos, etc., informando sobre la actividad sísmica y volcánica en el país.