

**INFORME DE GESTION**  
**INSTITUTO GEOFISICO / DEPARTAMENTO DE GEOFISICA**  
**2015**

El Instituto Geofísico/Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional es el organismo que por Decreto Ejecutivo 2593 del 2003, tiene a su cargo el monitoreo instrumental, permanente y en tiempo real de la actividad de los volcanes activos y potencialmente activos, así como de las fallas tectónicas en el territorio nacional, la evaluación correspondiente de estas amenazas y su comunicación. A través del Convenio con la Secretaría de Gestión de Riesgos firmado en Julio del 2013, el Instituto se compromete a operar las redes de monitoreo, procesar los datos y emitir la información del monitoreo sísmico y volcánico.

En el 2015, la reactivación del volcán Cotopaxi es el acontecimiento más importante para el Instituto Geofísico, y dado las posibles implicaciones de un evento eruptivo mayor, fue objeto de un denodado esfuerzo de la mayoría de los miembros del IG-EPN

**1.- LA ACTIVIDAD ERUPTIVA DEL VOLCAN COTOPAXI**

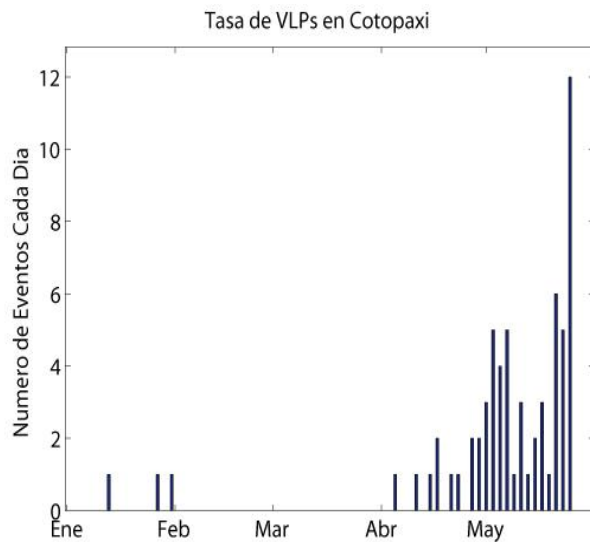
Es importante señalar que las anomalías en el volcán Cotopaxi fueron detectadas cuatro meses antes de las primeras erupciones gracias a la existencia de una moderna red de monitoreo y de personal con experiencia en el reconocimiento de señales volcánicas. Esta red fue formada por un continuo proceso de fortalecimiento del monitoreo que inicia con una estación permanente en 1988, se continua con la instalación de una red de periodo corto en 1992 y se consolida con la instalación de estaciones de banda ancha e infrasonido en el 2006, gracias al proyecto Mejoramiento de la Capacidad de Monitoreo volcánico en Ecuador, financiado por JICA – Japón.

La preparación ante una reactivación del volcán Cotopaxi fue parte de los esfuerzos del Instituto Geofísico. Así en el 2013, se participa en el proyecto Reactivaciones Volcánicas en Europa, América Latina y el Caribe (VUELCO). Como parte de este proyecto se dieron cita en el país el 13 y 14 de Noviembre del 2014, alrededor de 40 científicos en un ejercicio de simulación de una erupción de este volcán. Como parte de este ejercicio se revisaron los posibles fenómenos que podrían preceder una erupción de este volcán y se contactó a las autoridades nacionales y seccionales.

Los antecedentes recientes que se tenían sobre reactivaciones de este volcán son el incremento de la actividad fumarólica en 1975 y el incremento de la sismicidad registrado por el Instituto Geofísico entre fines del 2001 y mediados del 2002.

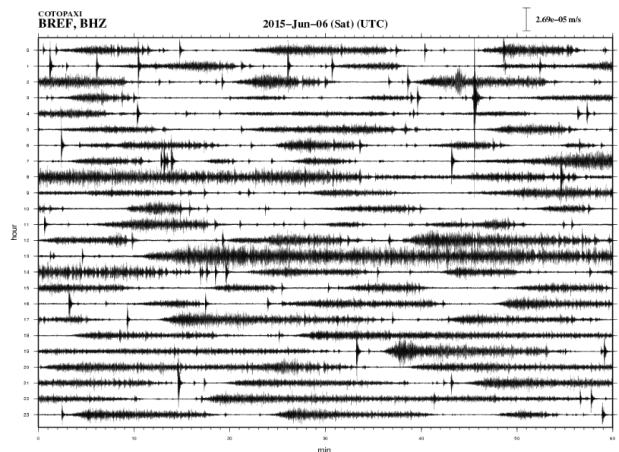
**1.1 Detección del inicio de la intrusión magmática.-** A mediados de abril, la red de monitoreo del Instituto Geofísico detectó un sostenido incremento del número de sismos locales. En mayo, se registraron alrededor de 3.000 sismos en contraste con los 628 sismos registrados en abril. A partir de mayo se produjo un incremento en el número y

en la amplitud de los sismos de muy largo periodo (VLP por sus iniciales en inglés). Al mismo tiempo se detectó un incremento en las concentraciones de dióxido de azufre, medidas con sensores DOAS (iniciales en inglés de Espectrómetro de Absorción Óptica Diferencial). El primer reporte especial a las autoridades fue emitido el 27 de Mayo.



*Número de sismos por día (VLPs) en el volcán Cotopaxi desde enero a mayo 2015. Tomado del Informe Especial n.- 1 del 27 de mayo del 2005.*

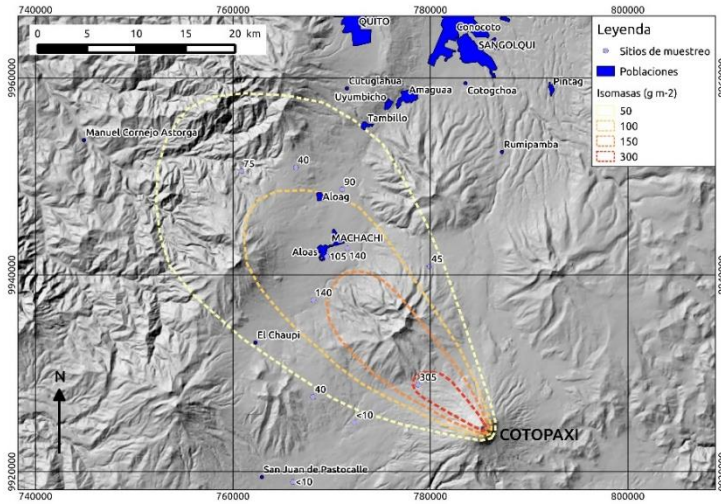
**1.2 La intrusión afecta al sistema hidrotermal.-** A fines de mayo se empezaron a detectar episodios de tremor que sugieren un origen en el sistema hidrotermal al interior del volcán. A inicios de junio se detectan sismos de muy largo periodo y los tremores pasan a dominar los registros sísmicos. Se llegaron a detectar hasta 150 episodios tremóricos por día. En estas semanas, los datos sugieren que las presiones al interior del sistema hidrotermal estaban en continuo crecimiento. A fines de julio, aparece una laguna al interior del cráter debido al deshielo del glaciario al interior del cráter y del incremento de presiones en el interior del volcán. Sin embargo, en estos días se aprecia un descenso de la energía sísmica y en las cantidades de SO<sub>2</sub> que fueron liberadas, llegando a tener niveles apenas superiores a los normales.



*Sismograma de la estación BREF del 6 de Junio, mostrando una gran cantidad de tremores.*

**1.3 Explosiones del Agosto y emisiones de ceniza.-** El 13 de agosto se detectó un enjambre de sismos volcánico- tectónicos, éste fue el premonitor de las explosiones que ocurrieron en la madrugada del 14 de agosto (04h02 y 04h07 tiempo local) y posteriormente en la mañana se registraron nuevas explosiones a las 10h25, 13h45 y 14h29. En los días posteriores se detectó un incremento de la señal de tremor y se produjeron copiosas caídas de ceniza con pequeñas y pocas pausas que dejaron depósitos de espesor de varios milímetros en la zona cercana al volcán. Estas explosiones arrojaron un volumen apreciable de ceniza (56,000 m<sup>3</sup> el 14 de agosto) que se depositaron al occidente y nor-occidente del volcán, llegando incluso a notarse en el sur de Quito. Las emisiones de ceniza entre el 15 y el 21 de agosto fueron frecuentes, pero no sobrepasaron los 500 m de altura sobre el cráter y descendían rápidamente por los flancos nor-occidental y occidental. La ceniza que alcanzó Lasso y el sur de Quito era compuesta por granos de tamaño sub-milimétrico

La ceniza de las últimas semanas de agosto se dirigió también zonas al sur-occidente del volcán y llegaron a afectar también localidades al occidente de la provincia de Cotopaxi (cantón Sigchos).



*Mapa preliminar del depósito de caída de ceniza asociado a la actividad eruptiva del volcán Cotopaxi del 14 de agosto de 2015. La cantidad de ceniza se presenta en gramos por metros cuadrados. En la zona roja se midió más de una libra por m<sup>2</sup>.*



*Foto tomado por la cámara de video del IG, a las 07H41TL del 22 de agosto. La columna de ceniza se dirige al nor-occidente.*

En la primera semana de septiembre, la intensidad de las emisiones de ceniza y la energía sísmica disminuyeron, aunque se continuaban observando altas temperaturas en las columnas de emisión y en los bordes externos del cráter, como se observa en la imagen térmica obtenida por los funcionarios del IG durante un sobrevuelo.



*Imagen térmica del sector SE del volcán. Con la cámara infrarroja se detectaron temperaturas (TMA) en los bordes externos del flanco sur-este con 39.5 °c. En la columna de emisión se encontró una temperatura de 200.3 °c. (Foto: P. Ramón IG/EPN).*

**1.4 Segunda intrusión magmática.-** El incremento del número de sismos volcano-tectónicos detectado desde el 10 de septiembre, anunció la ocurrencia de un segundo pulso eruptivo, más pequeño que el ocurrido en Agosto. Este periodo se caracterizó por emisiones de ceniza de 1 a 2 km de altura, observadas desde el 5 de octubre, con leves caídas de cenizas finas en la parte Occidental –Sur Occidental (sectores de San Ramón, San Agustín de Callo y Barrancas por la tarde del 16 de octubre).

Posteriormente se observó una disminución con el tamaño de las emisiones de vapor, gas y ceniza, así como de las concentraciones de dióxido de azufre. El número de sismos volcano- tectónicos permaneció con valores mucho mayores a los registrados antes de abril del 2015, hasta la finalización del año, indicando que persiste una anomalía sísmica que indica una perturbación en el estado de los esfuerzos al interior del volcán.

#### **1.5 Monitoreo de lahares secundarios.-**

El sistema de monitoreo del Instituto Geofísico está en capacidad de detectar lahares, incluso los eventos pequeños que tienen un origen superficial, es decir no se generan directamente por actividad eruptiva, como por la acción de flujos piroclásticos sobre los glaciares, sino por derretimiento de los glaciares o en respuesta a precipitaciones intensas en los flancos del volcán. En el caso del Cotopaxi, se han detectado algunos lahares secundarios, tres de los cuales a pesar de ser pequeños como para causar efectos fuera de la zona del Panque Nacional, si fueron notados por las personas que se encuentran en la zona. Los eventos de mayor volumen ocurrieron el 28 de septiembre a las 15h10, el 25 de octubre a las 15h25 y el 28 de noviembre a las 13h04.

Aunque estos lahares secundarios no causan impacto a las zonas pobladas, es importante mantener el monitoreo de los mismos ya que pueden causar daños a las vías del acceso al Parque Nacional Cotopaxi y afectar o generar pánico entre los visitantes al mismo.

## **1.6 Diseminación de la Información sobre el estado de actividad**

El Instituto Geofísico utilizó varios canales para difundir el estado de actividad del volcán a las autoridades nacionales y locales y a la población. Los principales medios fueron:

### **1.6.1 - Emisión de informes diarios y especiales.**

Desde el 3 de Junio, el Instituto Geofísico emitió un informe diario y desde el 17 de Agosto, se emitieron tres informes diarios, a las 06h00, 14h00 y el último a las 18h00. Estos informes se publicaron a una lista de email con todas instituciones y medios de comunicación, también se publicaron en la página web del Instituto Geofísico ([www.igept.edu.ec/informes-volcanicos/cotopaxi/coto-diarios](http://www.igept.edu.ec/informes-volcanicos/cotopaxi/coto-diarios)). También se difunde a la población a través de las redes de Facebook y twitter, a la fecha se alcanzó a 150.000 seguidores de la página de Facebook del Instituto Geofísico.

- Se emitieron 22 Informes Especiales o Informes de Actualización, con un detalle del estado de los parámetros de monitoreo del volcán (sísmica, deformación, gases, observaciones termales y visuales), una conclusión sobre el nivel de actividad y la presentación de los escenarios más probables ordenados desde el más hasta el menos probable. El primer informe especial fue enviado a la Secretaria de Gestión de Riesgos el 27 de Mayo. Debido a las necesidades de información en el mes de Agosto se emitieron 11 informes especiales o de actualización.
- Realización de 84 entrevistas registradas en medios nacionales y locales, tanto impresos, radiales y televisivos como: Ecuavisa, GAMA TV, Teleamazonas, EcuadorTV, TC Televisión, RTS, Telégrafo, El Comercio, La Hora, Radio Democracia, Radio Pública, Radio América, etc.
- Presentación de 102 informes diarios en la Radio Pública en el Segmento Cotopaxi al Día.
- 187 publicaciones en los medios impresos de comunicación sobre el volcán Cotopaxi se refieren a funcionarios del Instituto Geofísico.
- Rueda de prensa en Latacunga con presencia de Ministra de Gestión de Riesgos y de Justicia, Gobernador de Cotopaxi presentando los peligros de una reactivación del volcán (Julio 2015).
- Reunión ampliada del Consejo Provincial con Prefecto, alcaldes de la provincia y pobladores de la provincia en el Coliseo de El Quinche (Julio 2015)
- Reunión con Ministra Coordinadora de la Política, SGR e INAMHI (Agosto 2015)
- Reuniones del Comité Regional de Gestión de Riesgos conformado por los Prefectos, Alcaldes y representantes de las instituciones estatales (Agosto 2015)
- Reunión del Comité de Operaciones de Emergencia Provincial (14 Agosto 2015)
- Reuniones convocadas por el Ministro y Viceministra de Seguridad (Agosto, Septiembre 2015)

- Visita con 9 medios de comunicación al Parque Nacional Cotopaxi para indicar el sistema de monitoreo que realiza el IGEPN desde hace más de 30 años (Octubre 2015).
- Conversatorio con más de 15 medios de comunicación, en el ECU 911 sobre el manejo de comunicación en crisis, con los representantes del Servicio Geológico de Estados Unidos y el Director del IG.
- Se capacitó a más de 18 empresas e instituciones sobre la actividad del volcán Cotopaxi, incidiendo en más seis mil pobladores.
- Entrega de información a la SECOM para realización de video sobre historia eruptiva del volcán Cotopaxi
- Se realizó una rueda de prensa para difundir la entrega e equipos por parte de JICA. Asistió el Sr. Rector, Director IG y representante de JICA.
- Participación y elaboración de textos por parte del IG en el folleto de la reapertura para el Parque Nacional Cotopaxi.
- En la página de facebook del Instituto Geofísico se llegó a cerca de 150 mil seguidores.

### **1.6.2.- Reuniones Técnicas de Información**

El Instituto Geofísico convocó a autoridades y sus representantes a reuniones técnicas que se llevaron a cabo semanalmente desde el 1 de Junio hasta mediados de Julio. En estas reuniones participaron delegados de la Secretaría de Gestión de Riesgos, Ministerio de Seguridad, Ministerio de Ambiente, de Agricultura, Obras Públicas, de las Alcaldías de Quito, Rumiñahui, Latacunga, de las Prefecturas de Pichincha, Cotopaxi y Napo, de la Empresa de Agua Potable, Inamhi, Parque Nacional Cotopaxi, etc.

Posteriormente se participó en reuniones del Comité de Operaciones de Emergencia, de las Mesas Técnicas a nivel nacional, de los COES provinciales de Pichincha, Cotopaxi y Napo así como de los Comités del Distrito Metropolitano de Quito y de los GAD de Latacunga y Saquisilí.

Además se realizaron reuniones técnicas con miembros de dos misiones de expertos del Programa de Atención a Desastres del Servicio Geológico de los Estados Unidos (VDAP-USGS). Una de estas misiones estuvo integrada por el Dr. Jeff Marso, subdirector del programa y la segunda por el Dr. John Pallister, Jefe del Programa. Durante estas visitas se trabajó en análisis de datos sísmicos, instalación de equipos de monitoreo de lahares, revisión de escenarios eruptivos probables, etc.

Con el Ministerio Coordinador de Seguridad y la Secretaría de Gestión de Riesgos se trabajó conjuntamente en las actividades de preparación de material, prevención y capacitación. Estas instituciones colaboraron el IG con la disposición de vehículos para el transporte del personal a la zona del volcán, sobrevuelos para observaciones visuales, térmicas y recolección de gases, etc. La Secretaría de Gestión de Riesgos entregó al Instituto Geofísico equipos como generadores eólicos, una cámara térmica, baterías selladas, etc, como parte de una solicitud de requerimientos urgentes.

## 2.- INVESTIGACION

Con el objeto de conocer mejor las fuentes sísmicas y las características de los volcanes ecuatoriano, así como por constituir un soporte importante de las actividades de monitoreo, el Instituto Geofísico desarrollo investigaciones científicas en los campos de volcanología física, estudio de fallas activas y neotectónica, geodinámica de la margen costera y peligro sísmico. Las publicaciones tuvieron la autoría y participación activa de miembros del IG.

### 2.1 Publicaciones en revistas internacionales

En este año se han publicado 9 artículos de investigación en revistas científicas del extranjero y tres capítulos de libros especializados publicados en el exterior. A continuación se presenta la lista de publicaciones relevantes del Instituto Geofísico:

Andrade Daniel; Jones Robbie; Manville Vern. 2015. Probabilistic analysis of rain-triggered lahar initiation at Tungurahua volcano, Bulletin of Volcanology, 77:68. DOI 10.1007/s00445-015-0946-7

Bernard, B., Kueppers, U.; Ortiz, Hugo. 2015. Revisiting the statistical analysis of pyroclast density and porosity data. Solid Earth 6:869–879. doi: 10.5194/se-6-869-2015.

Hall, ML, Steele, AL, Bernard, B, Mothes, PA, Vallejo, SX, Douillet, GA, Ramon PA, Aguaiza SX, Ruiz, MC. (2015) Sequential Plug Formation, disintegration by vulcanian explosions, and the generation of granular Pyroclastic Density Currents at Tungurahua Volcano, (2013-2014), Ecuador. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 306.

Hickey, J, Gottsmann J and P. Mothes. 2015. Estimating volcanic deformation source parameters with a Finite Element inversion: the 2001-2002 unrest at Cotopaxi volcano, Ecuador. Journal of Geophysical Research - Solid Earth, 120, 1473-1486. doi: 10.1002/2014JB011731.

Hidalgo S., Battaglia J., Arellano S., Steele A., Bernard B., Bourquin J., Galle B., Arrais S., Vásquez F., SO<sub>2</sub> degassing at Tungurahua volcano (Ecuador) between 2007 and 2013: Transition from continuous to episodic activity. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 298, 1-14. 10.1016/j.jvolgeores.2015.03.022.

Kumagai, H.; Mothes, P.; Ruiz, M.; Maeda, Y. 2015. An approach to source characterization of tremor signals associated with eruptions and lahars. Earth, Planets, and Space. 67:178, 67:178, DOI 10.1186/s40623-015-0349-1

Molina, Indira; Burgisserb, Alain; Oppenheimerd, Clive. 2015. A model of the geochemical and physical fluctuations of the lava lake at Erebus volcano, Antarctica. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 308,142–157. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.10.027> 0377-0273



Mothes, P., Yepes, H., Hall, ML, Ramon, P, Steele, A and Ruiz, M. 2015. The scientific-community interface over the fifteen-year eruptive episode of Tungurahua Volcano, Ecuador. *Journal of Applied Volcanology*. Dec- 2015; 4:9

Palacios, Pablo; Kendall, Michael; Mader, Heidy. 2015. Site effect determination using seismic noise from Tungurahua volcano (Ecuador): implications for seismo-acoustic analysis. *Geophysical Journal International*, 2015, vol: 201, pags: 1082-1098. doi: 10.1093/gji/ggv071

Mothes, P.; Vallance, J. 2015. Lahars at Cotopaxi and Tungurahua Volcanoes, Ecuador: Highlights from Stratigraphy and Observational Records and Related Downstream Hazards. In: *Volcanic Hazards, Risks and Disasters*. Eds. P. Papale et al., Elsevier Hazards and Disasters Book Series, Amsterdam, p. 142-167. doi:10.1186/s13617-015-0025-y (Capítulo de libro con revisión de comité)

Vallejo, S.; Kelfoun, K. 2015. VolcFlow capabilities and potential development for the simulation of lava flows. En: Harris, A. J. L., De Groeve, T., Garel, F. y Carn, S. A. (eds) *Detecting, Modelling and Responding to Effusive Eruptions*. Geological Society, London, Special Publications, 426. <http://doi.org/10.1144/SP426.8> En: Harris, A. J. L., De Groeve, T., Garel, F. y Carn, S. A. (eds) *Detecting, Modelling and Responding to Effusive Eruptions*. Geological Society, London, Special Publications, 426. <http://doi.org/10.1144/SP426.8>. (Capítulo de libro con revisión de comité)

## **2.2 Abstractos presentados en congresos internacionales**

Funcionarios del Instituto Geofísico participaron como ponentes en eventos internacionales de relevancia científica:

Taller Internacional National Geophysical Networks in Latin America\_Best Practices, Challenges and Opportunities for Collaboration, Universidad de Chile , Santiago , Santiago , Chile

26va Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) en Praga del 22 de Junio al 2 de Julio en Praga, Checoslovaquia.

Reunión Anual de la Unión Geofísica Americana (AGU) en San Francisco, California en Diciembre del 2015.

Conferencia de Ciencia y Tecnología 2015 del Tratado de No-Proliferación de Ensayos Nucleares (CTBTO) en Viena en Julio 2015.

III Taller de Geoarqueología Latinoamericana, en Quito.

Reunión de “Redes Geofísicas Nacionales en Latinoamérica – Buenas Prácticas, Desafíos y Oportunidades de Colaboración”, en Santiago de Chile, Mayo 2015

V Reunión de los Miembros de la Red de Observación Volcánica y de Cambios Atmosféricos (NOVAC) en Costa Rica, Abril 2015

A continuación se detallan las ponencias (charlas o poster) presentadas por los investigadores del Instituto Geofísico en eventos científicos:

1.- Bernard Benjamin, Ramon Patricio , Wright Heather, Guevara Alicia, Hidalgo Silvana, Pacheco Daniel, Narváez Diego, Vásquez Francisco. *Preliminary Results on the 2015 Eruption of Wolf Volcano, Isabela Island, Galápagos: Chronology, Dispersion of the Volcanic Products, and Insight into the Eruptive Dynamics. AGU Fall Meeting V31B-3022: San Francisco, USA*

2.- Santamaría Santiago, Telenchana Edwin, Bernard Benjamin, Hidalgo Silvana, Narváez Diego, Córdova Marco, ago-15. *Registro de erupciones holocénicas en los Andes del Norte: Nuevos resultados obtenidos en la turbera de Potrerillos, Volcán Cerro Negro. III Taller de Geoarqueología Latinoamericana: Cenizas Holocénicas en los Andes Septentrionales, Quito, Ecuador*

3.- Bernard Benjamin, Robin Claude, Beate Bernardo, Hidalgo Silvana, Tefrocronología del volcán Chachimbiro: implicación en la ocupación humana en el cantón de Urcuquí. *III Taller de Geoarqueología Latinoamericana: Cenizas Holocénicas en los Andes Septentrionales, Quito, Ecuador*

4.- Vásquez Francisco, Andrade Daniel. *International Union of Geodesy and Geophysics, Prague, Czech Republic; jun-15. The deposits of Pululahua Volcanic Complex (PVC), Ecuador: estimation of the erupted magma mass/volume. 26th IUGG General Assembly 2015. VS24p-587, Praga, Republica Checa*

5.- Mothes Patricia, Alvarado Alexandra, Hall Minard, Valverde Viviana, jul-15. *Another look at the Chalupas Caldera, Ecuador—Identification of structural controls over time. 26th IUGG General Assembly 2015, IUGG-5089, Praga, Republica Checa*

6.- Mothes Patricia. *IAVCEI as a sponsor of evolution in volcanological studies. 26th IUGG General Assembly 2015, IUGG-5090, Praga, Republica Checa*

7.- Mothes Patricia, Vallance James, Hall Minard, Garrison. jul-15. *Cotopaxi's most recent rhyolitic eruptions, 2800 yBP. 26th IUGG General Assembly 2015, Praga, Republica Checa*

8.- Espin Bedón Pedro, Mothes Patricia, Hall Minard, Bernal Carolina, Valverde Viviana. jul-15 *The great lahar "Mera" in the upper Amazon Basin- formed by transformation of a volcanic avalanche in Ecuador's Sierra. 26th IUGG General Assembly 2015, VS15p-478, Praga, Republica Checa*

9.- Naranjo María Fernanda, Espín Pedro, Mothes Patricia, Jaramillo Javier, Ruiz Mario, Villarreal Edwin, Viracucha Guillermo, Ramón Patricio. jul-15, *Crisis management in Chiles- Cerro Negro Volcanic Complex: Implementation of an Early Alert System in Ecuador. 26th IUGG General Assembly 2015, IUGG-4448, Praga, Republica Checa*

10.- Gaunt Elizabeth, Mothes Patricia, Chadderton A., Lavalley Y. jul-15. *Physical characteristics of conduit plug rocks during vulcanian eruptions at Cotopaxi and Tungurahua volcanoes, Ecuador. 26th IUGG General Assembly 2015, VS23p-586, Praga, Republica Checa*

11.- Valverde Viviana, Mothes Patricia, Beate Bernardo, Andrade Daniel. jul-15, *Statistical, geochemical and petrographic study of the debris avalanches from Sangay*

volcano, Ecuador. 26th IUGG General Assembly 2015, IUGG-0412, Praga, Republica Checa

12.- Mothes Patricia, Anieri Marie Morales Rivera, Fabien Albino, Falk Amelung, Patricia M Gregg, ago-15, Volcano Deformation Sources at Tungurahua Volcano from Finite Element Methods and Multidisciplinary Data Integration. AGU Fall Meeting 2015. ID# 72627, San Francisco CA. USA

13.- Valverde Viviana, Bernard Benjamin, Mothes Patricia. ago-15, Morfología de hummocks proveniente de las Avalanchas de Escombros: su uso en la historia arqueológica en el Ecuador. III Taller de Geoarqueología Latinoamericana: Cenizas Holocénicas en los Andes Septentrionales, Quito, Ecuador

14.- Gaunt Elizabeth, A. Chadderton, P.Sammonds, P. Meredith, R. Smith, H. Tuffen, ago-15, Silicic magma degassing: A high temperature experimental insight into permeability evolution. AGU Fall Meeting 2015. San Francisco CA. USA

15.- Bernard Benjamin, Douillet GA, Küppers U, Mato C, Dingwell DB. jun-15, Revealing the fine-scale: Sedimentary peels from pyroclastic dune bedforms at Tungurahua volcano. 31st IAS Meeting of Sedimentology. Krakow, Poland

16.- José Manuel Marrero, Pastor Paz Jacob, Erazo Catalina, Marrero Mónica, Aguilar Jorge, Yopez Hugo, Estrella Carlos, Mothes Patricia. 14-18/dic/2015. Fast Risk Assessment Software For Natural Hazard Phenomena Using Georeference Population And Infrastructure Data Bases, AGU Fall Meeting 2015. NH23E-06. San Francisco CA. USA

17.- Vallejo Vargas Silvia, Arnold, D. W. D., Biggs, J., Ebmeier, K., Naranjo María, ago-15, Satellite Measurements of Lava Extrusion Rate at Volcán Reventador, Ecuador. AGU Fall Meeting 2015. G32A-07. San Francisco CA. USA

18.- Hall Minard, Steele Alexander, Bernard Benjamin, Mothes Patricia, Vallejo Silvia, Douillet GA, Ramon Patricio, Aguaiza Santiago, Ruiz Mario. jul-15, Sequential plug formation, desintegration by vulcanian explosions, and the generation of granular pyroclastic density currents. 26th IUGG General Assembly 2015, IUGG-5127, Praga, Republica Checa

19.- Naranjo María Fernanda, Ebmeier Susan, Vallejo Silvia, Ramón Patricio, Herrera Francisco, Mothes Patricia. jul-15, Topographic change at Reventador Volcano, Ecuador, 2000-2010: Comparison of field and satellite radar measurement. 26th IUGG General Assembly 2015, IUGG-0822, Praga, Republica Checa

20.- Vallejo Vargas Silvia, Kelfoun, Karim, Diefenbach, A., Ramón, P., Vásquez Freddy, Naranjo Fernanda, Pino Gerardo, jul-15. Numerical simulations of lava flows. A calibration from thermal images of lava emplacement at El Reventador volcano. 26th IUGG General Assembly 2015, VS02p-447, Praga, Republica Checa

21.- Vásquez Freddy, Vallejo Silvia, Ramón Patricio, Macías Carlos, Nazate Paola, Ramos Cristina, Enriquez Wilson. jun-15, Thermal-Image Monitoring System at El Reventador and Tungurahua Volcanoes, Ecuador. CTBT: Science and Technology. T3.1-P31, Viena-Austria

22.- Mario Ruiz y Alexander Steele. Jun22-26. USING INFRASOUND AND SEISMIC NETWORKS FOR MONITORING ECUADORIAN VOLCANOES: CASE STUDY OF

*TUNGURAHUA AND REVENTADOR VOLCANOES. CTBT: Science and Technology. Viena-Austria*

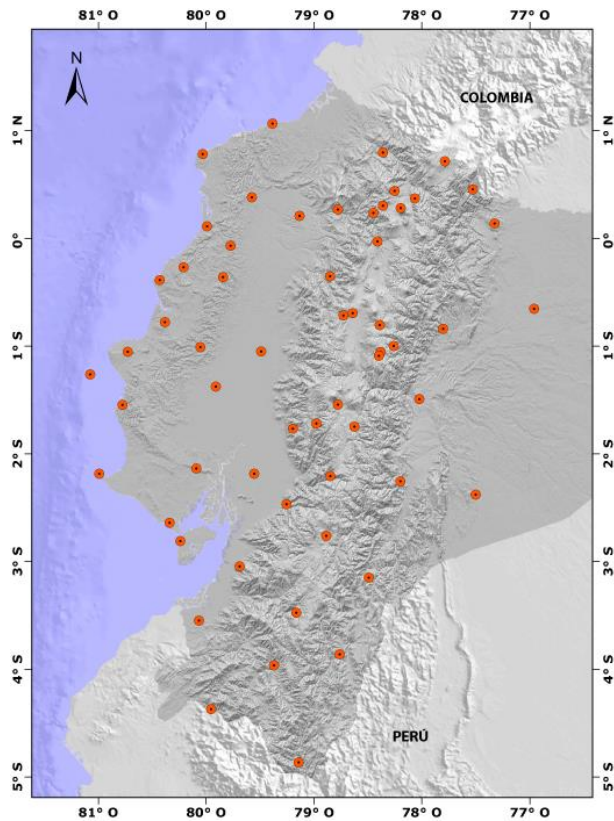
23.- *H. Kumagai, J.M. Londono, C.M. Lopez, M. Ruiz, P. Mothes, and Y. Maeda. Dic 2015. Characterization of source and wave propagation effects of volcano-seismic events and tremor using the amplitude source location method. Reunión Anual de la Unión Geofísica Americana (AGU), San Francisco, USA.*

24.- *Arias G, Molina I, Ruiz M., Hernandez S, Alvarado A, Plain M, Mothes P, Yépez M, Hildalgo S, Rowe C. Dic 2015. Very long period seismicity accompanying increasing shallower activity at Cotopaxi volcano. Reunión Anual de la Unión Geofísica Americana (AGU), San Francisco, USA.*

### **3.- VINCULACION CON LA COMUNIDAD**

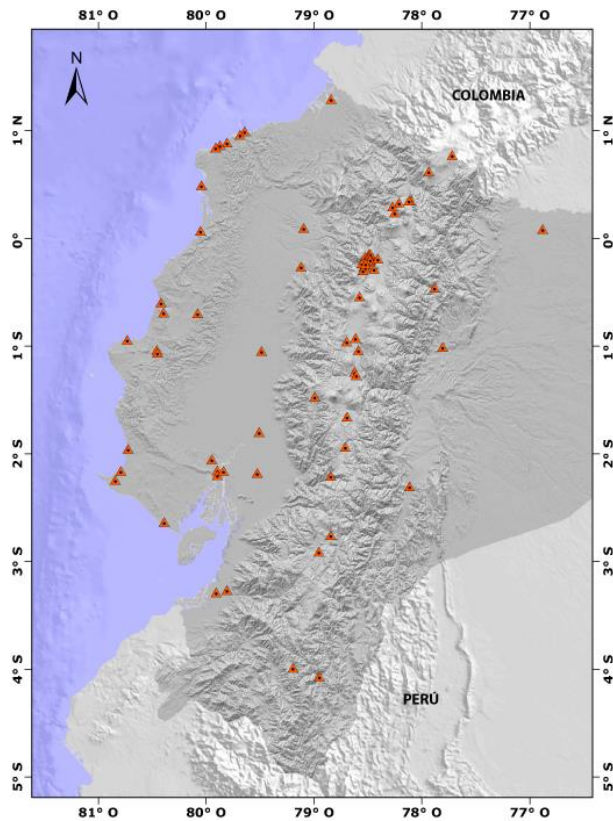
#### **3.1.- Monitoreo de la Actividad Sísmica**

Red Sísmica Nacional RENSIG.- Esta red de instrumentos de cobertura nacional, permite determinar en tiempo casi-real los epicentros, magnitudes y tipo de movimiento de los sismos con magnitudes mayores a 3 en el territorio nacional y sus alrededores. Esta red está constituida por 69 estaciones sísmicas de última tecnología instaladas a lo largo y ancho del país. Con esta red se localizan alrededor de 3000 sismos por año, con un promedio de 200 sismos anuales con magnitudes mayores a 4.0. En caso de ocurrencia de un sismo con afectación importante se tiene una red sísmica de emergencia destinada a ser instalada rápidamente en la zona epicentral. Esta red también tiene el objetivo de detectar sismos tsunamigénicos y enviar la información a la Secretaría de Gestión de Riesgos y al INOCAR para que inicien los procesos correspondientes de alerta de tsunamis.



*Distribución de las estaciones sísmicas de la RENSIG. La red actualmente cubre la mayor parte del territorio nacional, aunque hay zonas con mayor número de estaciones y otras con una menor cobertura (zona oriental, cuencas o zonas bajas y el extremo sur y nor-occidental).*

Red Nacional de Acelerógrafos RENAC.- Está compuesta de 85 estaciones principalmente instaladas en centros urbanos. El objetivo de esta red es registrar los sacudimientos sísmicos fuertes y tener estimaciones de las intensidades sísmicas a los pocos minutos.



*Distribución de los acelerógrafos de la RENAC. La red actualmente cubre la mayor parte de los centros urbanos. Esto permitirá conocer el tamaño de la sacudida sísmica y estimar sus posibles efectos. Tiene importantes aplicaciones en respuesta a emergencias y en diseño sismo-resistente.*

### **3.2 Eventos sísmicos relevantes del 2016**

Se registraron 23 sismos con magnitudes iguales o superiores a 5.0.

El sismo de mayor magnitud ocurrió el 31 de octubre con epicentro al norte de la provincia de Guayas. Este sismo fue de profundidad de 39 km, por lo que no tuvo efectos importantes en las edificaciones ni causó grandes daños.

De manera interesante, en el Golfo o en sus alrededores incluyendo la cuenca de los ríos Daule y Babohoyo fue la zona más activa ya que se registraron 8 sismos de magnitud igual o superior a 5.0. Estos sismos tuvieron profundadas intermedias y someras.

A continuación se presenta un resumen de los diez sismos más significativos:

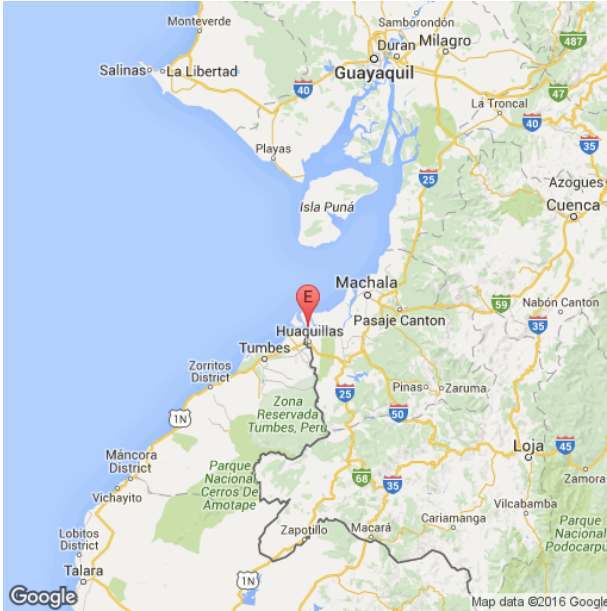
**2015/01/16 11:39:21** provincia de El Oro – Sur del Golfo de Guayaquil

Magnitud 5.6

Epicentro 3.41°S 80.23°W Profundidad 39 km

Numero de arribos utilizados: 99 Gap acimutal: 179 °

Estación sísmica más cercana a 20 km



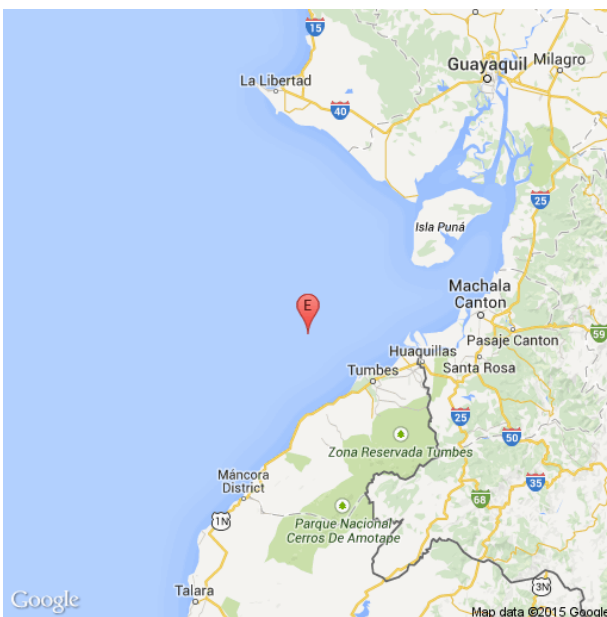
**2015/03/19 11:51:55** provincia de El Oro – Golfo de Guayaquil

Magnitud 5.2

Epicentro 3.35°S 80.75°W Profundidad 9 km

Numero de arribos utilizados: 83 Gap acimutal: 206 °

Estación sísmica más cercana a 10 km



**2015/04/28 11:19:52 Cerca de Guayaquil - provincia de Guayas**

Magnitud 5.8

Epicentro 2.14°S 79.86°W Profundidad 71 km

Numero de arribos utilizados: 80 Gap acimutal: 40 °

Estación sísmica más cercana a 10 km



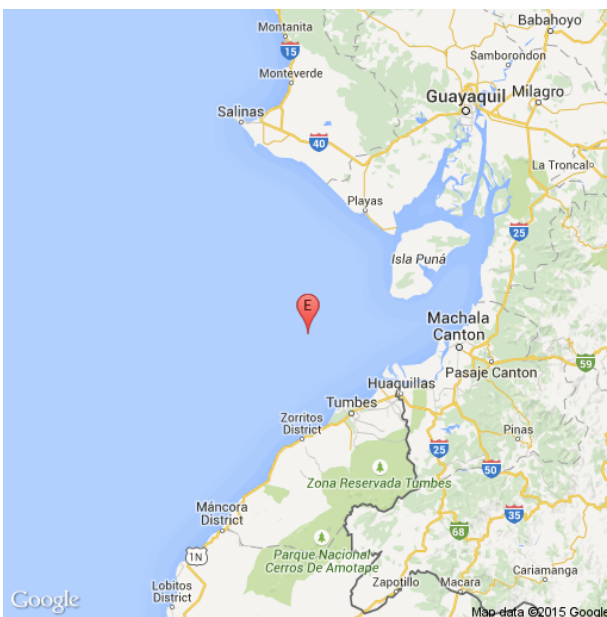
**2015/05/01 07:42:34 Golfo de Guayaquil**

Magnitud 5.2

Epicentro 3.20°S 80.65°W Profundidad 8 km

Numero de arribos utilizados: 80 Gap acimutal: 212 °

Estación sísmica más cercana a 50 km





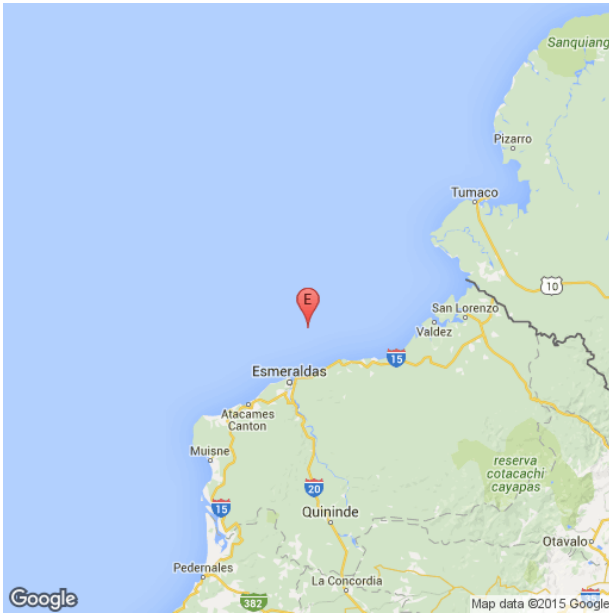
**2015/05/30 06:26:05 provincia de Esmeraldas**

Magnitud 5.9

Epicentro 1.22°N 79.57°W Profundidad 13 km

Numero de arribos utilizados: 102 Gap acimutal: 97 °

Estación sísmica más cercana a 30 km



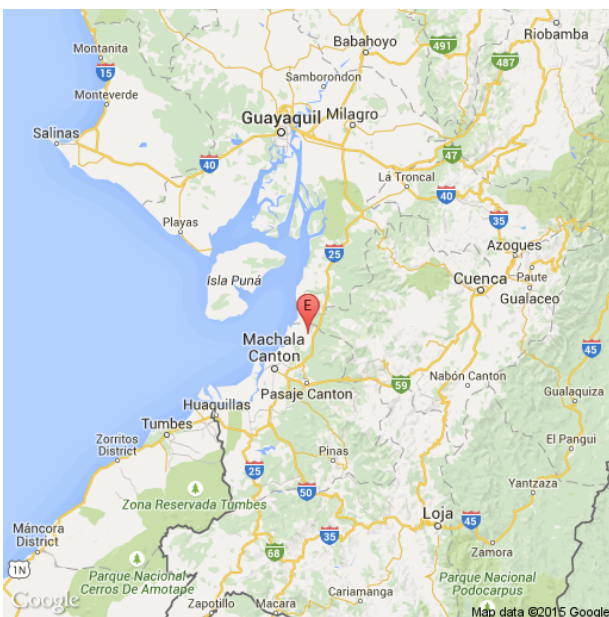
**2015/07/04 11:29:24 provincia de El Oro**

Magnitud 5.0

Epicentro 3.10°S 79.80°W Profundidad 41 km

Numero de arribos utilizados: 83 Gap acimutal: 125 °

Estación sísmica más cercana a 20 km



**2015/10/09 11:47:00 Provincia de Guayas**

Magnitud 5.3

Epicentro 2.36°S 79.96°W Profundidad 29 km

Numero de arribos utilizados: 70 Gap acimutal: 183 °

Estación sísmica más cercana a 50 km



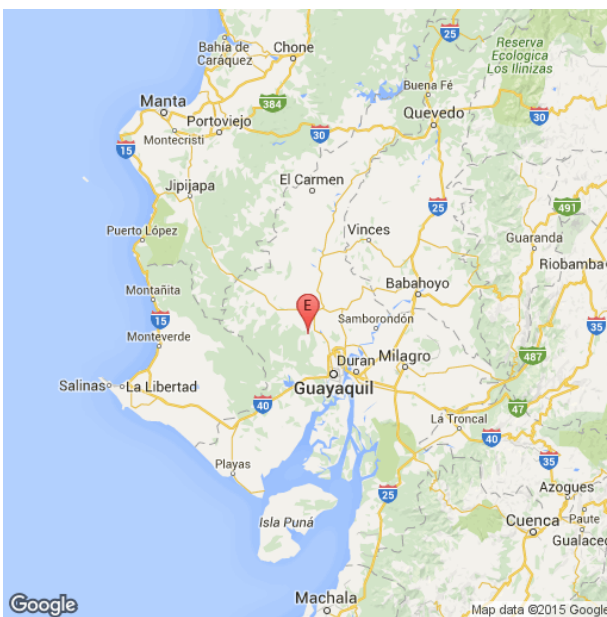
**2015/10/31 20:32:17 Ecuador – Guayas**

Magnitud 6.0

Epicentro 1.99°S 80.04°W Profundidad 40 km

Numero de arribos utilizados: 89 Gap acimutal: 165 °

Estación sísmica más cercana a 70 km



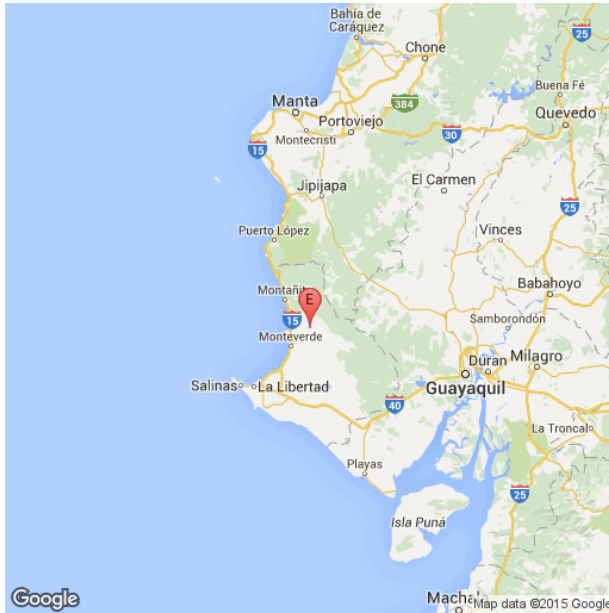
**2015/11/03 16:55:04 Ecuador - Santa Elena**

Magnitud 5.1

Epicentro 1.96°S 80.64°W      Profundidad focal: 33 km

Numero de arribos utilizados: 93    Gap acimutal: 208 °

Estación sísmica más cercana a 80 km



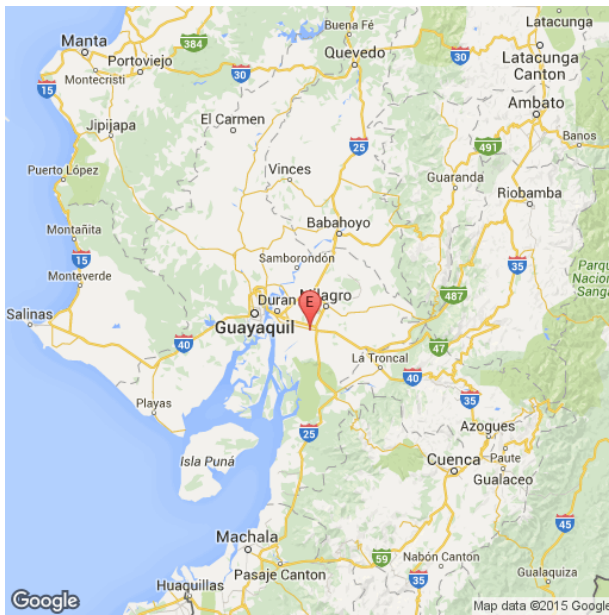
**2015/11/17 06:16:27 Ecuador - Guayas.**

Magnitud 5.1

Epicentro 2.25°S 79.67°W      Profundidad focal: 52 km

Numero de arribos utilizados: 83    Gap acimutal: 141 °

Estación sísmica más cercana a 20 km



### **3.3.- Monitoreo de la actividad volcánica**

El Instituto Geofísico realiza el monitoreo de la actividad volcánica a través de la Red de Observatorios Volcánicos (ROVIG) que vigila los volcanes del país (Cotopaxi, Tungurahua, Reventador, Cayambe, Antisana, Guagua Pichicha, Pululahua, Cuicocha, Chimborazo, Sangay, Atacazo-Ninahuilca, Imbabura, Cerro Negro - Chiles, Chachimbiro, Quilotoa, Sierra Negra, Cerro Azul, Alcedo y Fernandina). Es una red multi paramétrica con varios nodos que incluye estaciones sísmicas, sensores de infrasonido, GPS de alta precisión, inclinómetros electrónicos, detectores de gases volcánicos, cámaras de espectro visual, cámaras de espectro infrarrojo y sensores para detectar el paso de crecientes y flujos de lodo.

#### **3.3.1 Observatorios Vulcanológicos Virtuales**

A fin de divulgar el conocimiento del estado de los volcanes y los resultados del monitoreo, en la página web del Instituto Geofísico se mantiene un componente denominado observatorio volcánico virtual (<http://www.igepn.edu.ec/index.php/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig>). Se presenta información de los volcanes Cotopaxi, Tungurahua, Reventador, Guagua Pichincha, Chiles y Cerro Negro, Antisana, Cayambe, Chimborazo, Cuicocha, Imbabura, Pululagua, Ninahuilca y Galápagos.

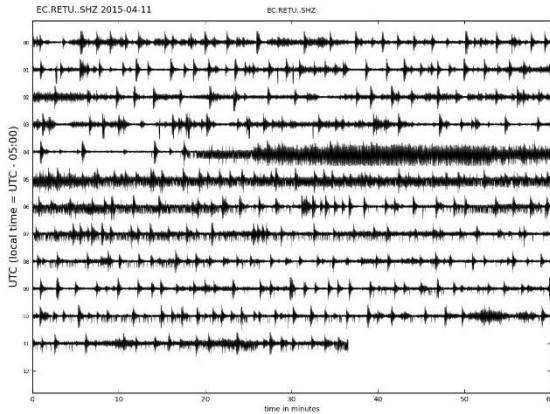
Estos observatorios contienen información general del volcán y adicionalmente el mapa de la red de monitoreo, los informes (diarios, semanales, mensuales y/o anuales), el mapa de peligros, las imágenes de las cámaras en tiempo real, señales sísmicas diarias (Helicorder) de las estaciones de monitoreo, gráficos de la deformación, informes de las emisiones de gases, galerías de fotos, Audio y Video. Parte de esta información se actualiza en tiempo casi real, en periodos de 2 a 5 minutos. Los datos disponibles, depende del nivel de monitoreo de cada volcán, dado por su actividad y/o peligrosidad como son los volcanes y Sumaco.

#### **3.2.2 Actividad del volcán Tungurahua**

Durante el 2015, el Tungurahua presentó cuatro fases de actividad:

Febrero.- A finales de febrero de 2015 el volcán mostró un incremento de la sismicidad, registrándose un aumento en los eventos tipo LP, VT y explosiones. Además, las emisiones de SO<sub>2</sub> fueron mayores en comparación con los valores base.

Abril.- El 10 de abril, después de registrarse tres sismos LP, se registró un muy inusual enjambre de sismos repetitivos, conocidos como drumbeats. Esta actividad fue decayendo en los días subsiguientes, mostrando menor regularidad en el espaciamiento de los eventos sísmicos. A fines de mes, se observaron emisiones de gases, con un nivel moderado; a nivel superficial, se registró emisiones de ceniza que afectaron a los poblados de la provincia de Chimborazo localizado al occidente del Tungurahua.



*Sismograma de 12 horas de duración de la estación sísmica RETU localizada en el flanco norte del volcán a 4000 m de altura. Se aprecia la ocurrencia de un enjambre de sismos repetitivos.*

Julio.- En el mes de julio inicia una nueva fase eruptiva con un aumento importante en la actividad interna del coloso. Dicha actividad provocó varias emisiones de ceniza y SO<sub>2</sub>, este comportamiento fue decayendo hasta el mes de agosto, donde nuevamente se incrementó la actividad sísmica y superficial.

Octubre.- A continuación en octubre de 2015 el Tungurahua empieza la fase eruptiva más intensa de 2015, octubre se caracteriza por emisiones variadas de ceniza y actividad estromboliana donde los bloques incandescentes descienden hasta 500 m bajo del nivel del cráter. Esta fase se acentúa más en el mes de noviembre, desde el día 10 el volcán mantuvo una emisión de ceniza por más de 10 días consecutivos. Las caídas de ceniza afectaron a las provincias de Tungurahua y Chimborazo, acumulándose hasta 1 cm de material volcánico en algunos sectores como Choglontus, Quero, Mocha, entre otros. Asimismo, la actividad estromboliana fue constante durante varios días, cuyos bloques incandescentes llegaron hasta a 1 km de distancia bajo la cumbre del volcán.



*Actividad estromboliana registrada en noviembre de 2015. (Foto: V. Valverde IG/EPN)*

Durante el 2015, el IG un informe diario durante todo el año con las actualizaciones sobre la actividad interna y superficial del volcán Tungurahua. Además se emitieron 22 informes especiales. Todos los informes fueron entregados a autoridades, medios de comunicación y a la población a través de las redes sociales.

Por otro lado, como parte de integración entre el ente técnico con la comunidad, el Instituto Geofísico continuó apoyando al grupo de voluntarios “vigías del volcán Tungurahua”. Como parte de este apoyo, el Gobierno Autónomo Descentralizado de Baños y el Instituto Geofísico, realizaron una reunión para todos los vigías que participan activamente en los volcanes Tungurahua y Cotopaxi. Al mismo tiempo, los vigías del Tungurahua compartieron su experiencia de convivir 15 años con el coloso en erupción. Se reforzaron además los conocimientos sobre la comunicación entre: vigías, comunidad, técnicos y autoridades.

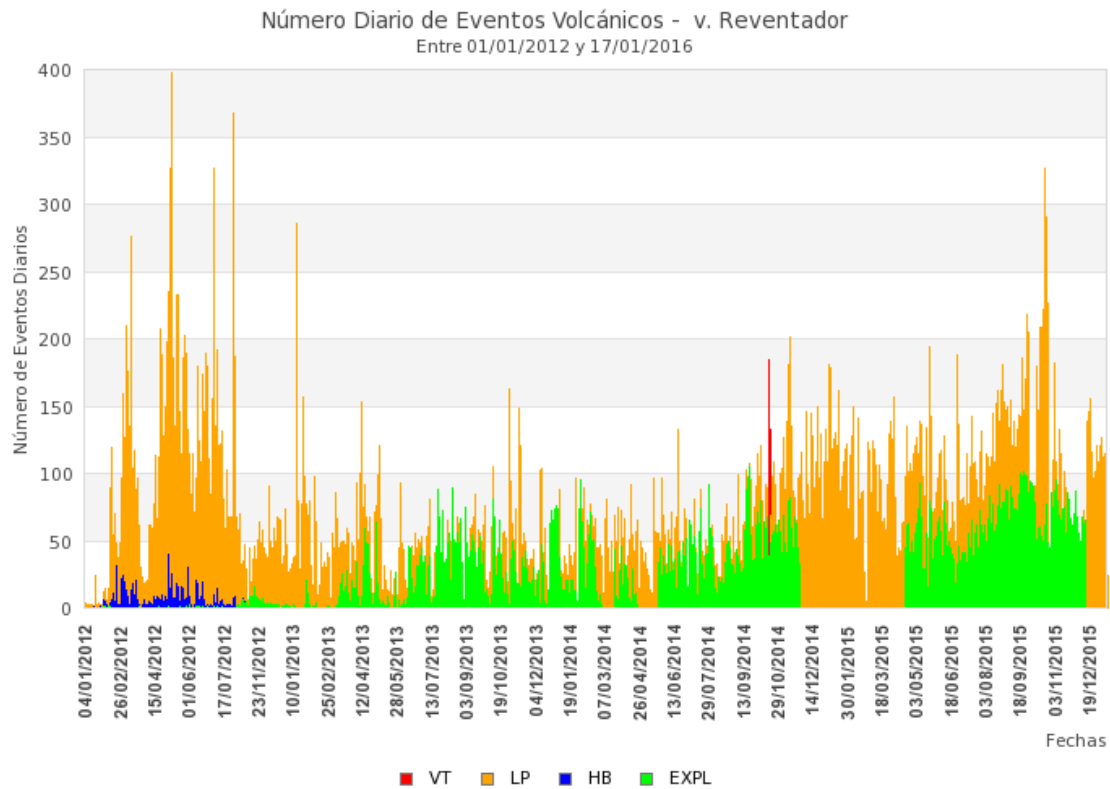


*Asistentes a la reunión de vigías de los volcanes Cotopaxi y Tungurahua.*

En abril de este año, se instaló un arreglo de micrófonos en los flancos del volcán con la finalidad de registrar con mayor ganancia las señales acústicas emitidas por el volcán y hacer un análisis automático de las mismas. Esta actividad se desarrolló gracias a la cooperación de la Universidad de Florencia, institución con la que la EPN mantiene un Convenio de Cooperación Científica.

### **3.2.3 Actividad del volcán Reventador**

Desde inicios del año 2012 el volcán Reventador presenta una intensa y continua actividad sísmica y superficial catalogada como moderada-alta entre los meses de enero a junio y alta de julio a diciembre 2015. Durante el año 2015 se han sucedido fases efusivas; con la emisión de varios flujos de lava y el continuo crecimiento del domo de lavas; y una serie de emisiones y explosiones de vapor de agua, gases y contenidos bajos a moderados de ceniza, estas emisiones generalmente no superan los 500 metros sobre el nivel del cráter, sin embargo algunas llegan a los 2 km sobre el nivel de cráter con dirección preferencial de los vientos al SW, W, y NW.

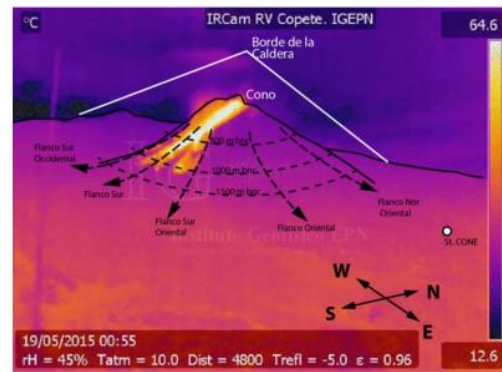


*Histograma con el número de sismos por día que se registran en el volcán Reventador desde los inicios de 2012 hasta Diciembre del 2015.*

Además se han identificado por medio de la cámara térmica instalada en Copete el descenso de varios flujos de lava por lo flancos del volcán llegando hasta 1.2 km bajo el nivel de la cumbre (figura 1):

- 30 marzo – 15 abril en el flanco SSW del volcán,
- 17 - 23 mayo en el flanco S del volcán,
- 25 de octubre en el flanco NE del volcán.

En Mayo y Junio, el Instituto Geofísico reportó la ocurrencia de un tremor sísmico muy intenso que acompañaba a flujos de lava que descendieron por los flancos Sur-Occidente, Sur y Oriente del cono.



*Volcán Reventador, A la derecha, emisión de columna de ceniza con flujos piroclásticos secundarios (por colapso de domo) en el flanco SW y NE (15/01/2015). A la izquierda, imagen térmica donde se observa el descenso de un nuevo flujo de lava por el flanco Sur-oriental del volcán (19/05/2015). Cámara RVNIR - IGEPN.*

Adicionalmente, se han registrado la ocurrencia varios flujos piroclásticos relacionados al colapso de columnas eruptivas y el colapso también de bloques en la parte superior del cráter, los cuales están relacionados con el derrumbamiento parcial del domo que se encuentra en continuo crecimiento al interior del cráter desde el año 2011

Durante este año se ha continuado elaborando informes diarios y especiales de la actividad del volcán, mismos que son publicados en la página web institucional (<http://www.igepn.edu.ec/reventador/informes-reventador/rev-diarios/rev-d-2015>) y están al alcance del público en general. En el mes de Abril, con la colaboración de un helicóptero por parte de OCP, se efectuó una campaña de campo con objeto de efectuar monitoreo térmico, visual, de gases y además se efectuó muestreo de los depósitos volcánicos más recientes.

En noviembre se realizó una campaña de campo con personal de Boise State University para la instalación de una red de infrasonido en el flanco nor-oriental del volcán. Se elaboraron dos informes especiales en los momentos de mayor intensidad de la actividad: 19 de mayo y 23 de junio 2015 debido al descenso de varios flujos de lava por los flancos del volcán. Cabe recalcar que todos estos fenómenos se restringen a los límites de la caldera vieja del volcán y por tanto no constituyen un fenómeno nocivo para la población en general.

En este año se operó también una red temporal de tres estaciones sísmicas de banda ancha de la Universidad de Miami, Estados Unidos.

Hasta fines de año se mantienen los niveles altos de actividad del volcán Reventador.

### **3.2.4 Erupción del volcán Wolf – Galápagos**

A partir de las 23:50 (tiempo local en Galápagos) del 24 de mayo del 2015, la estación sísmica del Instituto Geofísico ubicada en la isla Fernandina (FER1) Galápagos detectó inusuales señales sísmicas provenientes del volcán Wolf. La señal sísmica más importante



es una explosión que se registró a las 01:58 TL del 25 de mayo, con la cual se da inicio a una nueva actividad eruptiva en ese volcán. El volcán Wolf se ubica en la parte norte de la isla Isabela y con sus 1710 msnm, es el más alto de los volcanes de las islas Galápagos; es un volcán muy activo y su última erupción se produjo en agosto de 1982.

A partir de las 02:57 del 25 cd mayo (Tiempo local de Galápagos), el Centro de Alerta de Ceniza Volcánica (VAAC), en base a información satelital confirma la presencia de una columna de erupción proveniente del volcán, la que se elevó a unos 35.000 pies de altura y se dirigió al sur-oeste; posteriormente, a las 04:34 se reporta de una columna de 50.000 pies al NNE y otra que se mueve hacia el sur a una altura de 45.000 pies.

Desde las 04:28 (Tiempo local de Galápagos) el Instituto de Geofísica y Planetología (HIGP) de Hawaii reportó que sus sensores satelitales infrarrojos muestran puntos calientes intensos en el flanco sur-sureste del volcán Wolf.

Desde las primeras horas de la mañana, el Instituto Geofísico mantuvo contactos con el Parque Nacional Galápagos. Posteriormente un grupo de científicos del Instituto hicieron una inspección del alcance de los flujos de lava así como tomaron medidas de la cantidad de SO<sub>2</sub> en las columnas de emisión.

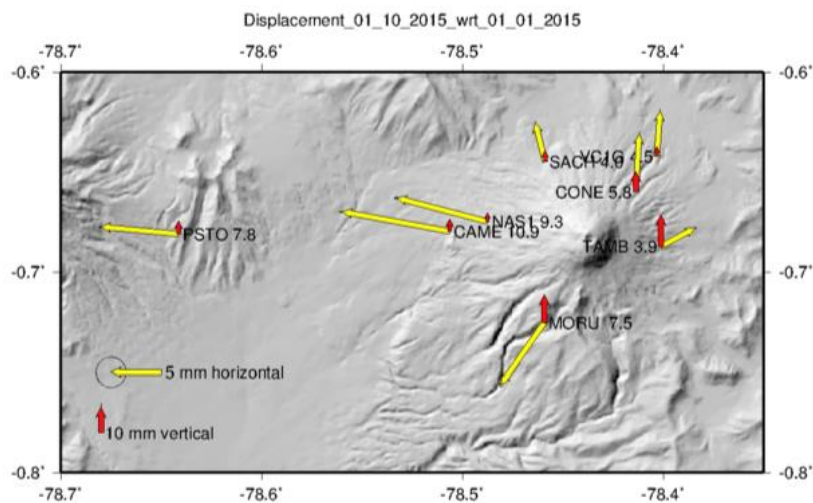


*Las primeras imágenes de esta erupción, confirman que esta se origina en una fisura del flanco SSE y que se han generado flujos de lava que avanzan en dirección SE hacia la orilla del mar. (Imágenes cortesía de Dr. Galo Quezada del PNG)*

### 3.3 Monitoreo Geodésico

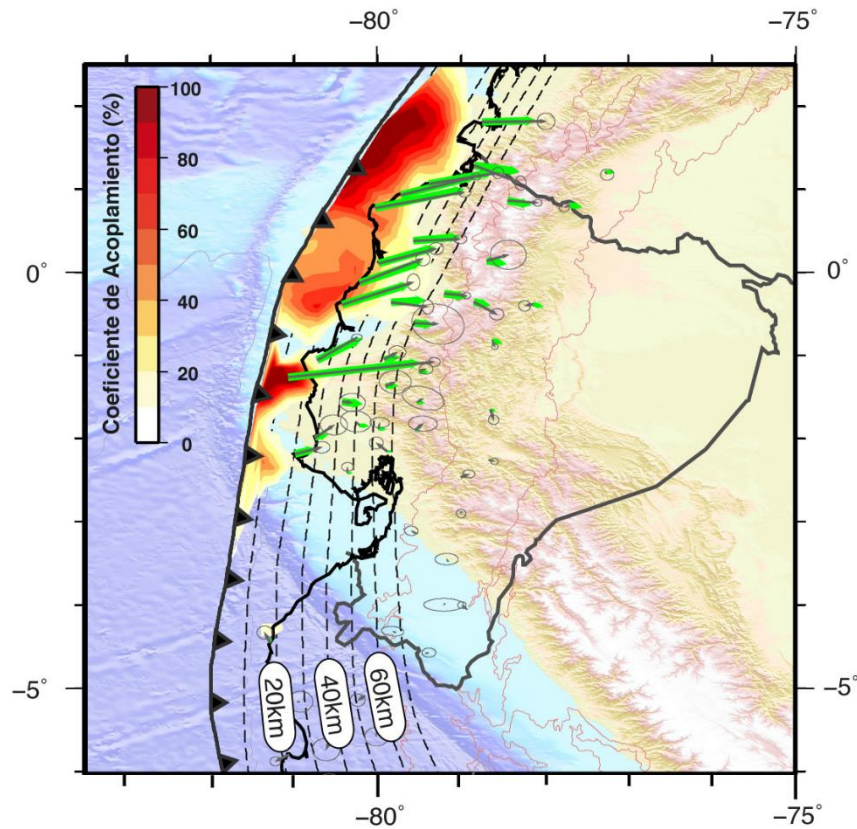
La Red Nacional de Geodesia (RENGEO) cuenta actualmente con 65 estaciones de GPS de doble frecuencia y alta precisión. Esta red tiene como objetivos el monitoreo de la deformación en los Volcanes y la Costa Ecuatoriana y la investigación científica específicamente orientada a estudios de geodinámica (ciclo sísmico en el Ecuador) y movimiento de fallas corticales. Adicionalmente permite la detección de zonas de alta acumulación de esfuerzos en zonas tectónicamente activas.

La red de GPS-GNSS consta de 20 estaciones para los volcanes Tungurahua, Cotopaxi, Cayambe, Antisana, Cuicocha, Chiles y Chimborazo. En el 2015 la red de GPS-GNSS del Volcán Cotopaxi detectó una pequeña deformación acumulada de (~1cm) en los flancos nor-oeste, sur-oeste asociado al proceso de activación del volcán



*Desplazamiento acumulado de las Estaciones GPS del Volcán Cotopaxi para el período de enero a octubre del 2015. Las flechas amarillas indican el desplazamiento para las componentes horizontales, las flechas rojas indican el desplazamiento para la componente vertical.*

La red GPS-GNSS consta de 45 estaciones instaladas en la zona de la Costa, Sierra y Oriente del Ecuador. Para el monitoreo de la deformación de la Corteza asociada a la falla de Subducción. La red se encuentra bien densificada a lo largo del margen costero (cada 50 km aproximadamente entre cada estación) y en la región oriental en menor densidad. Algunos de los resultados obtenidos con esta red han sido un campo de velocidades que permite cuantificar la velocidad del movimiento del Bloque Nor-andino asociado al proceso de subducción, el modelamiento de las velocidades GPS para obtener un primer mapa de acoplamiento para la fase inter-sísmica en el margen Costero de Ecuador, la detección de Eventos de deslizamiento lento (Sismos lentos) en la región de la Costa, etc.



Mapa de Acoplamiento intersísmico. Las flechas de color verde son las velocidades GPS observadas. Las flechas de color gris son las velocidades modeladas. (Modificado después de Nocquet., et al 2014).

## 4 PROYECTOS EJECUTADOS

### 4.1 Proyecto de Inversión: Generación de Capacidades para la Difusión de Alertas Tempranas y para el Desarrollo de Instrumentos de Decisión ante las Amenazas Sísmicas y Volcánicas dirigidos al Sistema Nacional de Gestión de Riesgos.

Componente 1: Capturar, transmitir y almacenar de forma continua datos provenientes del monitoreo sísmico, geodésico y volcánico e integrar dichos datos a los algoritmos y procesos para su análisis.

Componente 2: Proveer de información completa, confiable, actualizada y útil al Sistema Nacional de Gestión de Riesgos sobre la ocurrencia de terremotos de magnitud mayor a 5 grados en el territorio nacional, su potencial para producir daños y su capacidad para generar tsunamis.

Componente 3: Implementar observatorios volcánicos virtuales para poner a disposición del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y de la población amenazada, en tiempo real, información relativa al monitoreo e interpretación de la actividad de los volcanes del Ecuador, así como difundir alertas tempranas.

Componente 4: El principal objetivo de este componente es producir escenarios de afectación interactivos y en línea de los volcanes más activos y/o más peligrosos del Ecuador. Para esto se debe en primer lugar, hacer la ciencia necesaria para entender la historia geológica y las características eruptivas de tales volcanes.

Componente 5: Definir el potencial sismogénico del país y mapear la amenaza sísmica para proveer al Estado de información confiable para mitigar el riesgo sísmico.

#### **4.2 Proyecto Mejoramiento de la Capacidad de Monitoreo de Terremotos y Tsunamis para la Alerta Temprana de Tsunamis.-**

Desde el 2014, el Instituto Geofísico, la Secretaria de Gestión de Riesgos e INOCAR, con la cooperación de JICA, ejecutan este proyecto con el fin de reducir el impacto de los tsunamis a través de la instalación de un sistema de detección temprana de sismos tsunamigénicos y la emisión de alertas tempranas de estos fenómenos. En este año se realizaron las adquisiciones de los equipos necesarios, destacándose modernos sensores sísmicos capaces de detectar sin distorsiones sismos de grandes magnitudes. Se trabajó también en la elaboración del software para la detección de los sismos y en la capacitación del personal ecuatoriano a través de tres visitas de expertos japoneses al país y de un curso organizado por JICA en Japón.

#### **4.3 Proyecto Canje de Deuda Segunda Fase del Proyecto de Fortalecimiento**

Este proyecto II fase del fortalecimiento del Instituto Geofísico, ampliación y modernización del Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología (SNSV), con un monto de \$2'000.000 presentó un gran avance en el 2015. Al momento se encuentran determinados los sitios donde se instalaran las nuevas estaciones y se realizó la entrega de la mayoría de los equipos adquiridos. Se debe indicar que la implementación de las Salvaguardias a las importaciones hizo que se presenten algunas dificultades que fueron solucionadas satisfactoriamente.

#### **4.4 Laboratorio Mixto Internacional Sismos y Volcanes en los Andes del Norte.**

Este proyecto cuenta con la participación del Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia, y varias universidades de dicho país. En el área de Vulcanología, se ha avanzado en los temas relacionados a la geo-cronología de las erupciones recientes (p.e. Chiles, Cerro Negro, Pululahua, Sangay), de los edificios antiguos (p.e. Cotacachi y Rucu Pichincha) y de las formaciones volcánicas del Pleistoceno (p.e. Pisayambo, Pisque). Igualmente. Además se realizan esfuerzos por estimar la tasa de crecimiento y de los factores que controlan la erosión de los edificios volcánicos, como en el caso de los flujos piroclásticos del Tungurahua (Bernard et al., 2014). También se lleva a cabo un estudio de localización muy precisa de los sismos y explosiones del Tungurahua. En la parte sísmica se han realizado estudios de las principales fallas activas del país, así como estimaciones probabilísticas de las aceleraciones sísmicas.

#### **4.5 Proyecto Petroecuador**

En base a lo estipulado en el contrato N° 2014025, entre la EPN y Petroecuador, se ejecutó y recibió este proyecto con satisfacción. El estudio permitió cuantificar la amenaza sísmica para las refinerías de Esmeraldas y La Libertad.

#### **4.6 Proyecto Reactivación volcánica en Europa y América Latina: Fenomenología, Precursores Eruptivos, Pronóstico de Peligros y Mitigación del Riesgo (Vuelco).-**

El Instituto Geofísico es miembro de un consorcio de universidades que ejecutan un proyecto de investigación financiado por el Programa FP7 de la Comisión Europea titulado ([www.vuelco.net](http://www.vuelco.net)). El proyecto culminó en Noviembre del 2015.

### **5 CONVENIOS SUSCRITOS**

#### **5.1 Parque Nacional Galápagos**

En este año se renovó el Convenio de Cooperación Inter-institucional entre la Dirección del Parque Nacional Galápagos y la Escuela Politécnica Nacional para el monitoreo volcánico y sísmico de las Islas Galápagos. Este convenio tiene una duración de 5 años. Durante este año se ha continuado con las actividades previstas dentro de la vigencia del Convenio. Con conocimiento y autorización del PNG se efectuó mantenimiento preventivo y correctivo de la red sísmica del IG en el Archipiélago. El responsable de este proyecto es el MSc. Patricio Ramón.

#### **5.2 Consejo Provincial Pichincha**

El 15 de septiembre del 2015 se firmó un convenio entre la Escuela Politécnica Nacional y el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha. El Instituto Geofísico entregará boletines con la actividad de los volcanes de la provincia y realizará actividades de capacitación al personal del Consejo Provincial.

#### **5.3 Convenio GAD Pelileo**

El 22 de julio del 2015, en la Sesión Solemne del Gobierno Autónomo de Pelileo se firmó un Convenio Marco de Cooperación Técnica y Científica con la Escuela Politécnica Nacional, a través del cual el Instituto Geofísico realizará estudios específicos orientados a la disminución del riesgo sísmico en dicho cantón.

#### **5.4 Convenio GAD Cotacachi**

El 9 de noviembre del 2015, el Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotacachi y la Escuela Politécnica Nacional firmaron un Convenio de Cooperación técnica y científica a fin de apoyar las actividades de monitoreo que realiza el Instituto Geológico en el volcán Cuicocha. El convenio también contempla que el Instituto Geofísico colaborará en la

capacitación a los organismos locales en lo referente a la prevención de los riesgos sísmicos y volcánicos. El convenio tiene una duración de cuatro años. Mediante este convenio el GAD de Cotacachi aportará \$ 18020 dólares anuales para ser usados en los objetivos del convenio.

### **5.5 Convenio con el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Florencia.**

Este proyecto fue discutido con las autoridades del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Florencia. El 18 de Marzo del 2015 se firmó un Acto Complementario entre la EPN y la Universidad de Florencia para incluir la colaboración en monitoreo de volcanes. En abril arribó al país un grupo de investigadores de la Universidad de Florencia, quienes trajeron un sistema de detección de señales de infrasonido que se instaló en la zona de Pondoá, en el flanco norte del volcán Tungurahua. El sistema se encuentra operando y permite detectar las emisiones de ceniza y explosiones del volcán, así como localizar automáticamente las mismas.

### **5.6 Acuerdo con la CNT**

El 27 de Febrero del 2015, la Corporación nacional de Telecomunicaciones - CNT EP y Escuela Politécnica Nacional firmaron un Acuerdo Marco de Cooperación Inter-institución para el acceso y Uso Compartido de Infraestructura. Esto facilitará la operación de la Red Nacional de Repetidoras del Instituto, la cual permite que lleguen los datos sísmicos y de vigilancia volcánica en tiempo real al Instituto.

### **5.7 Memorando de Entendimiento con la Universidad de las Indias Occidentales**

El 18 de mayo del 2015, la Escuela Politécnica Nacional firmó un Memorando de Entendimiento con la Universidad Occidental de las Indias.

### **5.8 Convenio de Colaboración Mutua con la Universidad Central del Ecuador**

Motivados por la necesidad de ampliar las capacidades para informar y capacitar a la población en riesgo ante una eventual erupción del volcán Cotopaxi, la Escuela Politécnica Nacional y la Universidad Central del Ecuador firmaron este convenio de colaboración que facilitó la capacitación a los estudiantes de la Facultad de Geología, Minas y Petróleos como capacitadores. Los investigadores del Instituto Geofísico fueron los tutores de estos cursos.

### **5.9 Convenio Específico con la Empresa Eléctrica Quito**

El 13 de Octubre del 2015 se suscribió un Convenio Específico entre la Empresa Eléctrica Quito y la Escuela Politécnica Nacional a través del Instituto Geofísico

## **5.10 Otros convenios en ejecución:**

**Secretaría de Gestión de Riesgos.-** Entre las actividades adiciones al monitoreo de los volcanes del país, en este año se cumplieron las siguientes acciones en el marco del proyecto:

Crisis volcán Cotopaxi.- Desde Junio del 2015 se trabajó arduamente con la SGR en las actividades de prevención, capacitación y gestión de una crisis eruptiva. Se apoyó en la generación de mapas necesarios para la activación de preparación.

Simulacro Binacional Ecuador – Colombia de erupción de los volcanes Chiles y Cerro Negro en la zona fronteriza. El guion técnico fue elaborado conjuntamente por los técnicos del Servicio Geológico Colombiano y del Instituto Geofísico.

Simulacro Binacional Ecuador – Perú de terremoto en la zona fronteriza. El guion técnico fue elaborado conjuntamente por los técnicos del Instituto Geofísico del Perú y del Instituto Geofísico de la EPN.

Acompañamiento técnico a la delegación ecuatoriana en la Conferencia Mundial para la Reducción de Desastres en Sendai Japón.

**Convenio Hidroagoyán.-** Se realiza el monitoreo de la actividad eruptiva del volcán Tungurahua y de los lahares que se producen en dicho volcán y que pueden afectar a la Central Hidroeléctrica Agoyán.

**Convenio Oleoducto Crudos Pesados.-** Se mantiene en operación una red de acelerógrafos y una estación sísmica a través de la cual se realiza el monitoreo sísmico a lo largo de la línea del OCP.

**Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional entre la EPN y el Instituto Geográfico Militar.-** Mediante este convenio se intercambia datos de GPS de alta resolución. El Instituto Geofísico contribuye con los datos para la base de datos geodésicos del país.

**Convenio con el Servicio Geológico de Colombia.-** Este convenio permite el monitoreo conjunto de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro, así como el intercambio de datos de las estaciones de las redes sísmicas nacionales de Ecuador y Colombia.

**Convenio Dirección de Aviación Civil.-** Mediante este convenio, el Instituto Geofísico emite los boletines de alerta de cenizas necesarios para prevenir el paso de aviones por nubes de ceniza así como también la notificación de caídas de ceniza en los aeropuertos del país.

## **6.- DOCENCIA**

Los docentes del Instituto Geofísico dictaron cursos en el Departamento de Geología, Departamento de Estructuras, Facultad de Eléctrica y Electrónica, Escuela de Formación de Tecnólogos y en la Maestría en Ciencias de la Tierra y Gestión del Riesgo

## 7.- CAPACITACION

### 7.1 Formación de personal docente e investigadores

En este año, culminaron sus estudios doctorales, los docentes:

Dr. Wilson Enríquez, cumplió todos los requisitos para la graduación. Al momento pendiente la entrega del título.

Dr. Hugo Yepes, obtuvo su Doctorado en la Universidad de Grenoble, Francia.

Actualmente cuatro investigadores se encuentran realizando sus estudios de doctorado:

MSc. Monica Segovia, se encuentra realizando el Doctorado en la Universidad de Niza

Msc. Pablo Palacios, se encuentra cursando el tercer año de Doctorado en la Universidad de Bristol.

MSc. Sandro Vaca, se encuentra cursando su primer año de Doctorado en la Universidad de Paris - Diderot. Tema de investigación: *“Vínculos entre los terremotos y las deformaciones lentas en Ecuador”*

MSc. Silvia Vallejo, se encuentra cursando el primer año de Doctorado en la Universidad Blaise Pascal en Clermont Ferrand.

### 7.2 Cursos de actualización, entrenamiento y reuniones técnicas en el exterior

Dr. Hugo Yepes.- Reunión semestral del Consejo Científico y a la reunión del Consejo Directivo del Comité Científico (SB – Science Board) del Proyecto Global Earthquake Model GEM. Pavia, Italia

Ing. Viviana Valverde, Curso de Postgrado en Vulcanología, Olot, España

Ing. Wilson Acero, Programa de Capacitación de contraparte sobre "Análisis Sísmico", organizado por el centro Internacional JICA Chubu, Japón.

Dra. Alexandra Alvarado, MSc. Jorge Aguilar, Ing. Guillermo Viracucha. Programa de Capacitación de Contraparte “Protocolo de alerta de Tsunami” JICA, Tokio, Japón.

MSc. Juan Carlos Singaicho. 3er Taller del proyecto SARA, tópico 6, sobre el análisis de ecuaciones de atenuación., Chile

Dr. Benjamin Bernard. Primera reunión del proyecto VIMESA, Francia

Dra. Silvana Hidalgo. Curso en monitoreo volcánico, en el CSAV Center for the Study of Active Volcanoes de la Universidad de Hilo en Hawaii, USA

Dra. Alexandra Alvarado, Ing. Daniel Pacheco. Proyecto de Mejoramiento de la Capacidad de Monitoreo de Terremotos y Tsunamis para la Alerta Temprana de Tsunamis en la República del Ecuador" JICA, Bogotá Colombia



MSc. Freddy Vásconez. Taller de Técnicas Avanzadas de Programación Científica y Manejo de Paquetes de Software Libre, Brasil.

Dr. Mario Ruiz, III Conferencia Mundial de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, Japón

Dr. Hugo Yepes. Comité Científico (SB Science Board) del proyecto Global Earthquake Model GEM, Pavia, Italia.

## 8.- ACTIVIDADES DE DIVULGACION CIENTIFICA

Aparte de la intensa actividad de divulgación realizada con ocasión de la reactivación del Cotopaxi, el Instituto Geofísico organizó un programa de charlas científicas que se detalla a continuación:

### Charlas del 2015 – IGEPN

Estas charlas fueron planificadas y programadas por el portal web del Instituto Geofísico

<u>Título</u>	<u>Fecha</u>
<a href="#">Desarrollo de software para la elaboración y representación de mapas de amenaza y su implementación con herramientas para la evaluación de riesgo</a> Calendario: Eventos IGEPN	11.16.2015
<a href="#">WorkShop Internacional 2015 de la Comisión Conjunta de Sismología Volcánica del IAVCEI - IASPEI sobre Detección de Reactivaciones con Señales Sísmicas</a> Calendario: Eventos IGEPN	11.08.2015 - 11.13.2015
<a href="#">Programa "Viviendo con el Coloso" en Ecuador TV</a> Calendario: Eventos IGEPN	10.18.2015
<a href="#">Mediciones de emisión de gases en volcanes activos: el caso del Cotopaxi y otros ejemplos</a> . PhD Santiago Arellano, Investigador de la Universidad de Chalmers, Suecia Calendario: Eventos IGEPN	10.02.2015
<a href="#">Lecciones aprendidas en dos crisis volcánicas recientes: Merapi - Sinabung (Indonesia)</a> . Dr. John Pallister, Jefe del Programa de Atención a Desastres Volcánicos, USA Calendario: Eventos IGEPN	09.11.2015
<a href="#">III Taller sobre Geoarqueología y Cenizas Volcánicas en los Andes Septentrionales</a> Calendario: Eventos IGEPN	08.03.2015 08.07.2015
<a href="#">Feria de Prevención Cotopaxi</a> Calendario: Eventos IGEPN	08.02.2015
<a href="#">Charla sobre el volcán Cotopaxi</a> Calendario: Eventos IGEPN	08.01.2015

<u>Título</u>	<u>Fecha</u>
<a href="#">Proceso de la ruptura del terremoto de Gorkha (Nepal, 25 Abril 2015, Mw 7.8) e implicaciones</a> Calendario: Eventos IGEPN	07.13.2015
<a href="#">Patrones Sísmicos Generales Pre-Eruptivos para Volcanes con Sistemas Cerrados.</a> Dra. Wendy McCausland, Sismóloga del VDAP, USSGS, USA Calendario: Eventos IGEPN	07.10.2015
<a href="#">Monitorización Volcanica en Tiempo Real Usando Redes de Sensores Inalámbricas</a> . Dr. Román Lara, profesor de la ESPE, Ecuador Calendario: Eventos IGEPN	06.08.2015
<a href="#">Seguimiento, análisis y gestión científica de la crisis volcánica del Hierro, Islas Canarias, España</a> . Dr. José Marrero, Investigador Prometeo, España Calendario: Eventos IGEPN	05.11.2015
<a href="#">Monitoreo de volcanes usando infrasonido: estado del arte y perspectivas</a> . Dr. Maurizio Ripepe, Profesor de la Universidad de Florencia, Italia Calendario: Eventos IGEPN	04.15.2015
<a href="#">Análisis de la respuesta dinámica de sitio en suelos blandos de la Ciudad de Guayaquil utilizando la red acelerográfica del IGN</a> . Dr. Xavier Vera, profesor de la UCSG Calendario: Eventos IGEPN	04.14.2015
<a href="#">La modelización de flujos piroclásticos de la erupción del Volcán Merapi del 2010 - Indonesia</a> Calendario: Eventos IGEPN	04.13.2015
<a href="#">A statistical model for seismic event data at Tungurahua Volcano</a> . PhD. Andrew Bell, Investigador de la Escuela de Geociencias de la Universidad de Edinburgh, Escocia Calendario: Eventos IGEPN	04.10.2015
<a href="#">Rendición de cuentas 2014.</a> PhD. Mario Ruiz, Jefe del Departamento de Geofísica Calendario: Eventos IGEPN	03.30.2015
<a href="#">Misión de la NASA en Ecuador para Estudiar Volcanes y Bosques de Manglares.</a> Dr. Paul Lundgren, Investigador de la NASA, USA Calendario: Eventos IGEPN	03.17.2015
<a href="#">La erupción explosiva histórica (218 ± 14 aBP) del volcán Tutupaca (Peru)</a> . Dr. Pablo Samaniego, Investigador del IRD, Francia - Ecuador Calendario: Eventos IGEPN	03.12.2015
<a href="#">Carácter, geoquímica y petrografía de los depósitos de avalancha del Volcán Sangay</a> . Ing. Viviana Valverde, Instituto Geofísico, Ecuador Calendario: Eventos IGEPN	03.02.2015
<a href="#">Sedimentación y flujo de Corrientes de Densidad Piroclásticos diluidas desde procesos de gran escala hasta el nivel de límites de capas</a> Dr. Guilhem Amin Douillet, Universidad Ldwing Maximilian de Munich, Alemania Calendario: Eventos IGEPN	02.25.2015
<a href="#">Pruebas en tiempo real de previsiones de erupciones volcánicas basadas en datos geofísicos</a>	02.11.2015

<u>Título</u>	<u>Fecha</u>
Calendario: Eventos IGEPN	
<a href="#">Para qué es buena la Vulcanología Experimental</a> . Dr. Donald Dingwell, Director del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad Ldwing Maximilian de Munich, Alemania Calendario: Eventos IGEPN	02.09.2015
<a href="#">15 años de Convivencia: Vulnerabilidad y Resiliencia en las Poblaciones de las Faldas del Volcán Tungurahua</a> Calendario: Eventos IGEPN	02.04.2015
<a href="#">Cómo puede la geofísica apoyar los pronósticos y la mitigación del riesgo en volcanes</a> . Prof. Jurgen Neuberg, Profesor de la Universidad de Leeds, Gran Bretaña Calendario: Eventos IGEPN	01.29.2015

ELABORADO POR

Mario Ruiz Romero

Patricia Mothes

Francisco Vásconez

Viviana Valverde

Jorge Aguilar

Pedro Espín

Nancy Farías

Paul Jarrín

Sammy Manosalvas

Priscila Medina

Quito, 27 Enero 2016