

ECUADOR: MULTI-AMENAZAS, Y SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

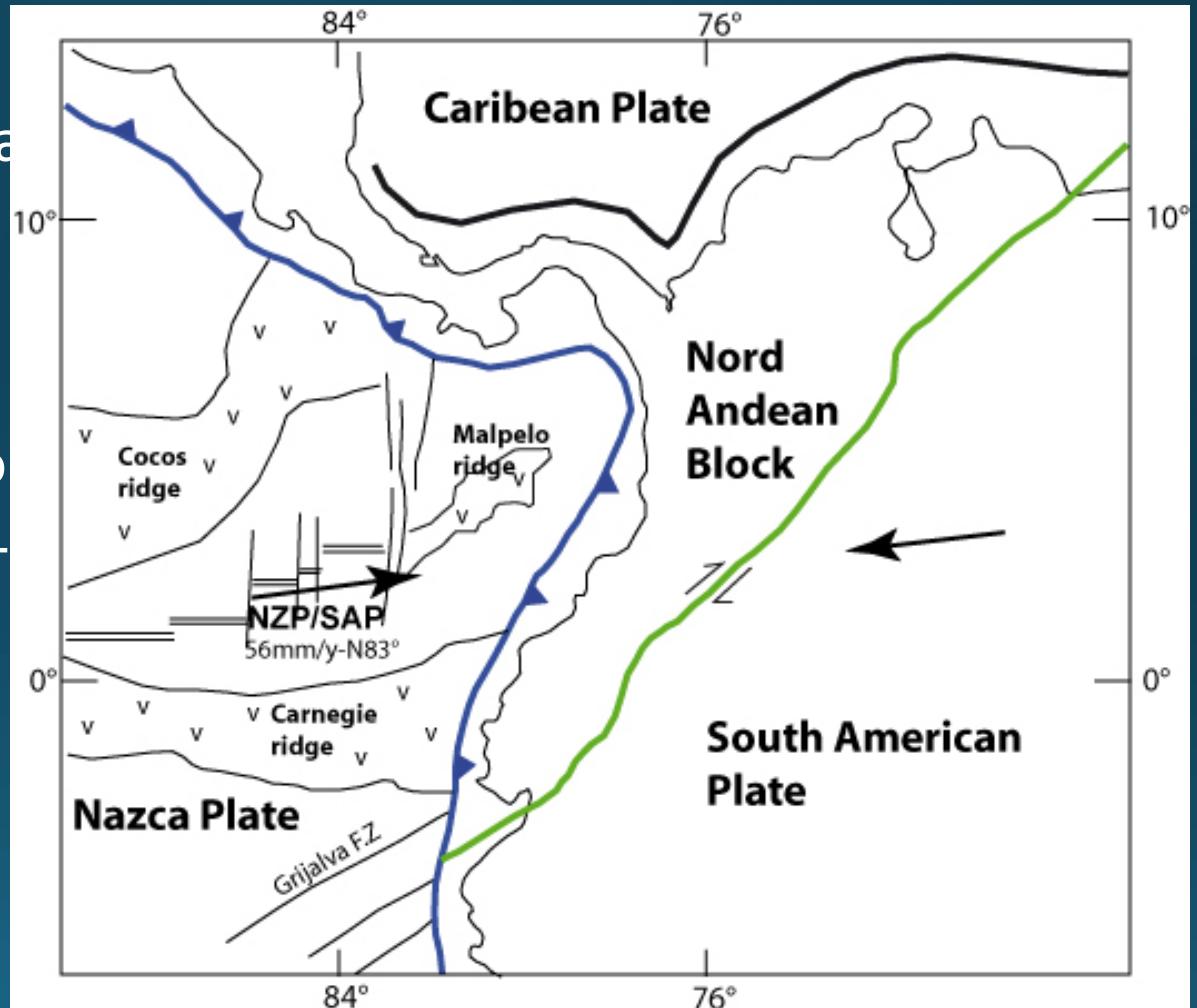
SECRETARIA DE GESTION DE RIESGOS



Secretaría de
Gestión de Riesgos

Contexto Geodinàmico

- Convergencia de las placas Nazca – Sudamericana:
5.6 cm/año- N83° E
- Placas Bloque Norandino Block – Sudamericana +/- 0.2 cm/año
- Cordillera Sumarina Carnegie



Multi-amenazas

- Sismos
- Tsunamis (SAT)
- Erupciones (SAT)
- Inundaciones (SAT)
- Deslizamientos
- Sequías
- Incendios forestales
- SAT Tsunamis: IGEPN-INOCAR-SGR
- SAT Inundaciones: INAMHI-SGR
- SAT Erupciones: IGEPN-INAMHI-SGR

Principales sismos históricos en Ecuador

Pichincha: 1587 (IX); 1755 (VIII); 1859 (VIII); 1914 (VIII); 1923 (VIII); 1929 (VIII); 1938 (VIII)

Chimborazo: 1645 (IX); 1674 (IX); 1786 (VIII); 1797 (XI); 1911 (VIII); 1961 (VIII)

Tungurahua: 1687 (VIII); 1698 (X); 1868 (VIII); 1949 (XI)

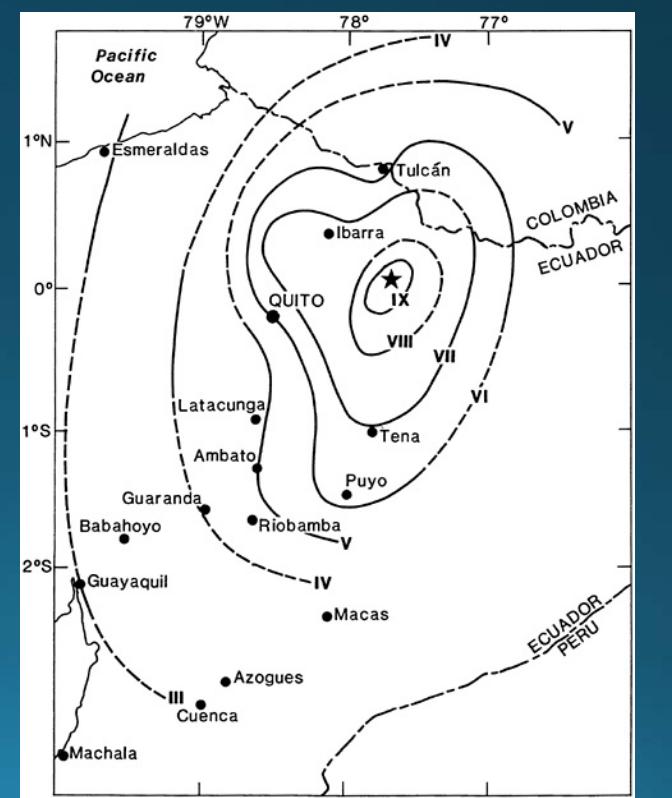
Cotopaxi: 1736 (VIII); 1757 (IX); 1962 (VIII); 1976 (VIII)

Imbabura: 1859 (VII); 1868 (X); 1955 (VIII)

Carchi: 1868 (VIII); 1922 (VIII)

Loja: 1749 (VIII); 1970 (VIII)

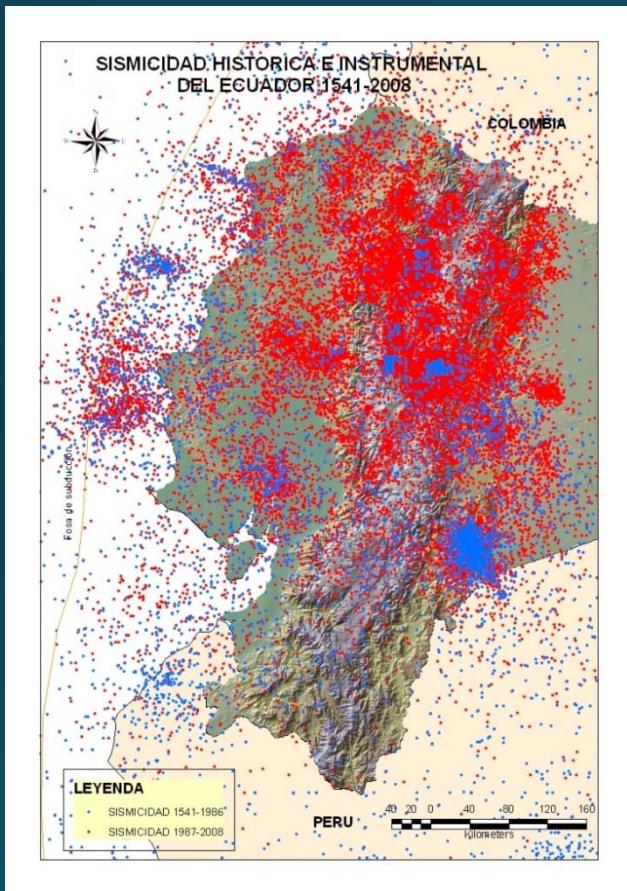
Napo-Sucumbíos: 1987 (IX)



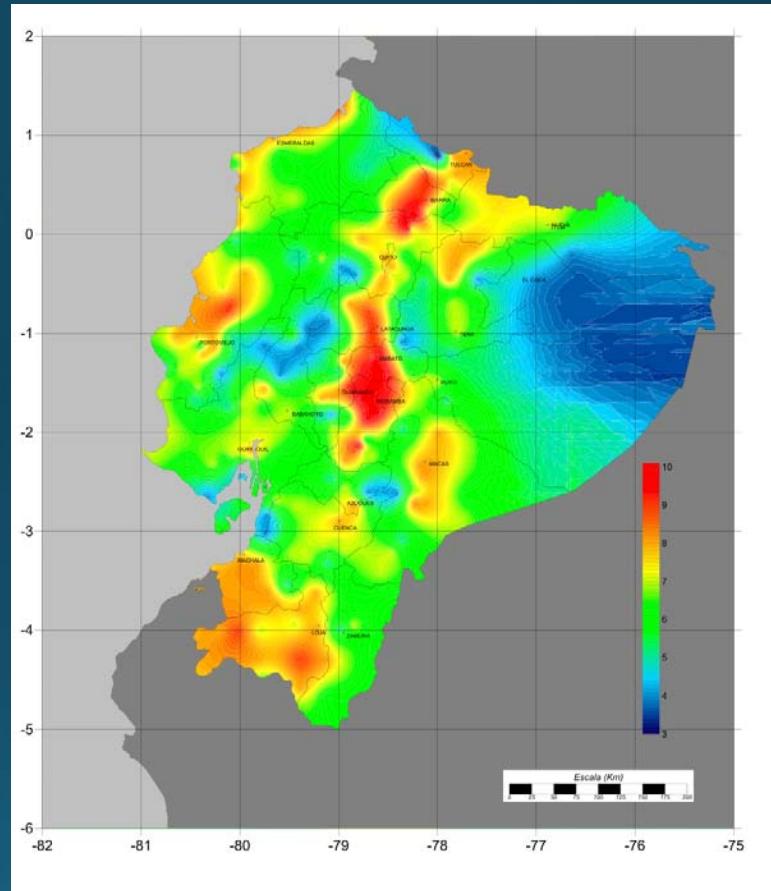
Crisis sísmicas recientes

- 1987 Sismos Nor-oriente (Reventador). 1500 fallecidos, destrucción del oleoducto y de la principal vía a la zona oriental.
- 1987 Chalupas-Pisayambo
- 1990 Pomasqui
- 1995 Cordillera de Cutucú
- 1996 Santa Rosa de Cusubamba
- 1998 Bahía de Caraquez 7.1 Mw. Daños importantes en Bahía y Canoa
- 2010 Sismo profundo en zona oriental
- 2014 Sismo 5.2 Mw con epicentro al NW de Quito
- 2016 Terremoto de Pedernales 7.8 Mw

Actividad Sísmica en Ecuador

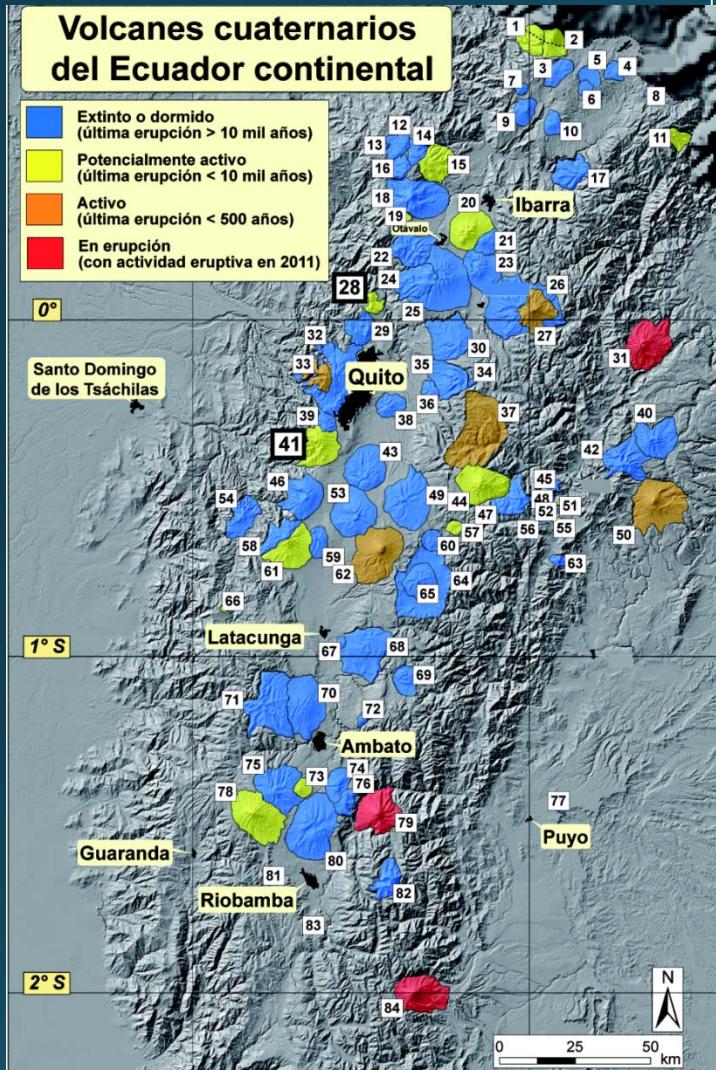


Mapa con la sismicidad histórica (1541-1986) e instrumental (1987-2008)



Distribución de intensidades sísmicas en el Ecuador

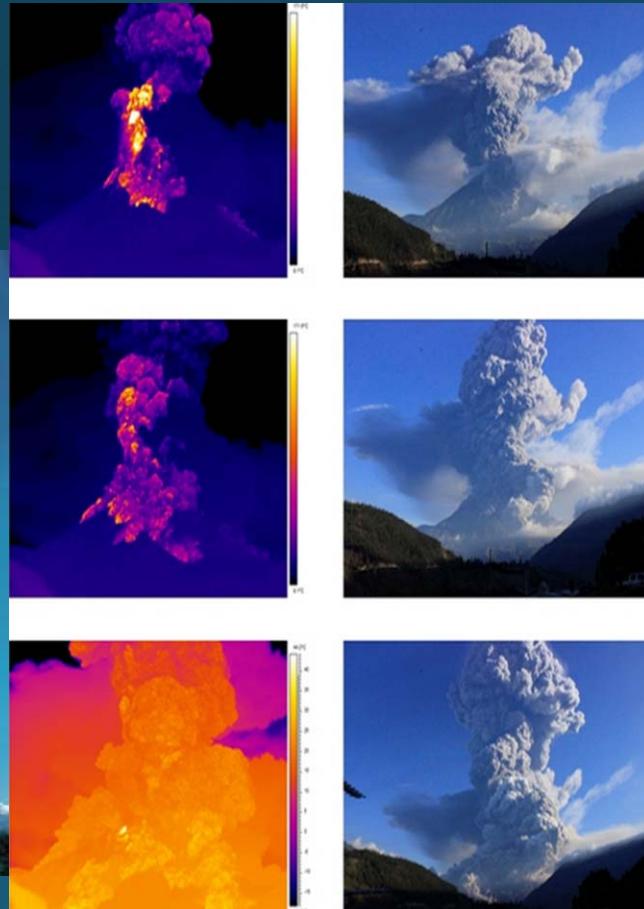
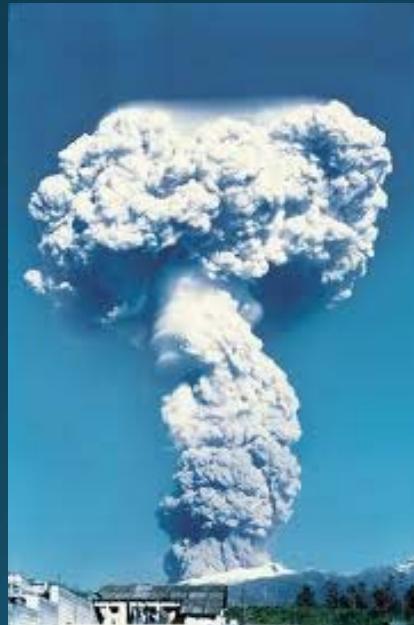
Los volcanes en el Ecuador continental



- **86 centros volcánicos.**
- **13 volcanes potencialmente activos** (con al menos una erupción durante los últimos 10 Ka).
- **8 volcanes activos** (con erupciones históricas (desde 1532)
- **3 volcanes con erupción en el 2016: Reventador, Tungurahua y Sangay**

Tungurahua

Guagua
Pichincha



Reventador



Cotopaxi



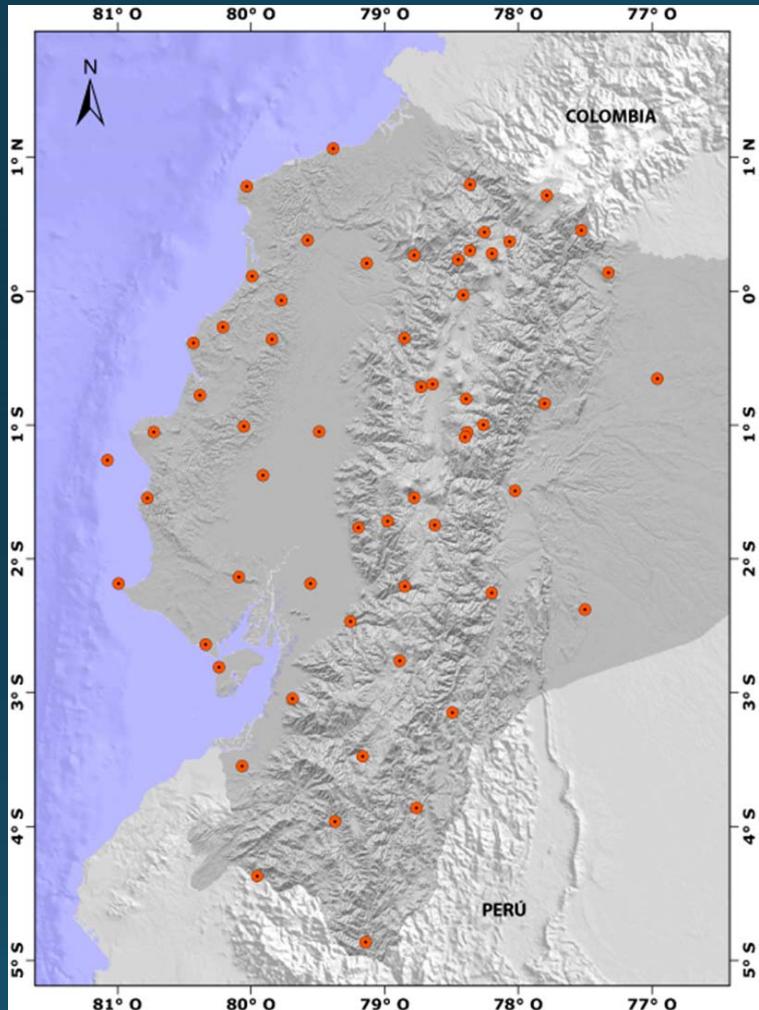
Secretaría de
Gestión de Riesgos

Redes Instrumentales

- Red Nacional de Sismógrafos RENSIG.
- Red Nacional de Observatorios Volcánicos, ROVIG
- Red Nacional de GPS RENGEO
- Red Nacional de Acelerógrafos RENAC
- Red Nacional de Repetidoras: REPET
- INOCAR Red de Estaciones Mareogràficas Costeras
- INOCAR Red de estaciones DART
- INAMHI Red Nacional de Estaciones Meteorològicas (383 convencionales y 113 automáticas)
- INAMHI Red Nacional de Estaciones Hidrològicas (183 convencionales y 65 automáticas)



RED NACIONAL SISMOGRAFOS RENSIG



135 estaciones sísmicas
105 estaciones de banda ancha
5 sismómetros de movimientos del terreno
Enlaces telemetría
Procesamiento automático y guiado por analistas



Secretaría de
Gestión de Riesgos

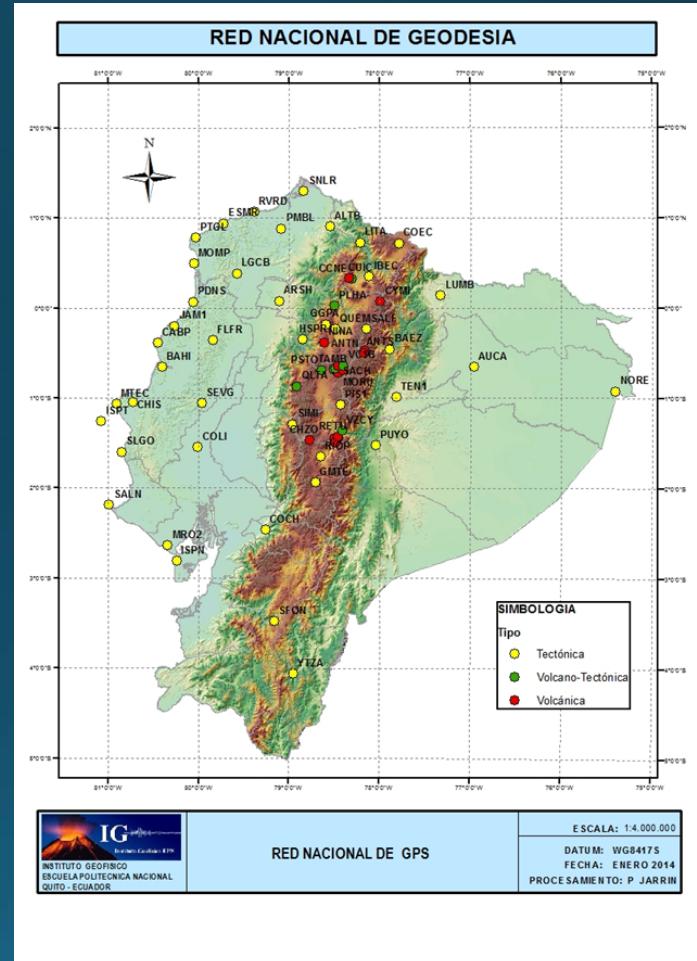
RENSIG

- Determinación de parámetros sísmicos
- Definición de esfuerzos y vectores de deslizamiento
- Caracterización de fuentes sísmicas
- Detección de sismos tsunamigénicos



RENGEO

- 64 estaciones de GPS con doble frecuencia
- Deformaciones corticales
- Determinación de zonas acopladas
- Deformación de edificios volcánicos
- Sismos lentos (2010, 2013)

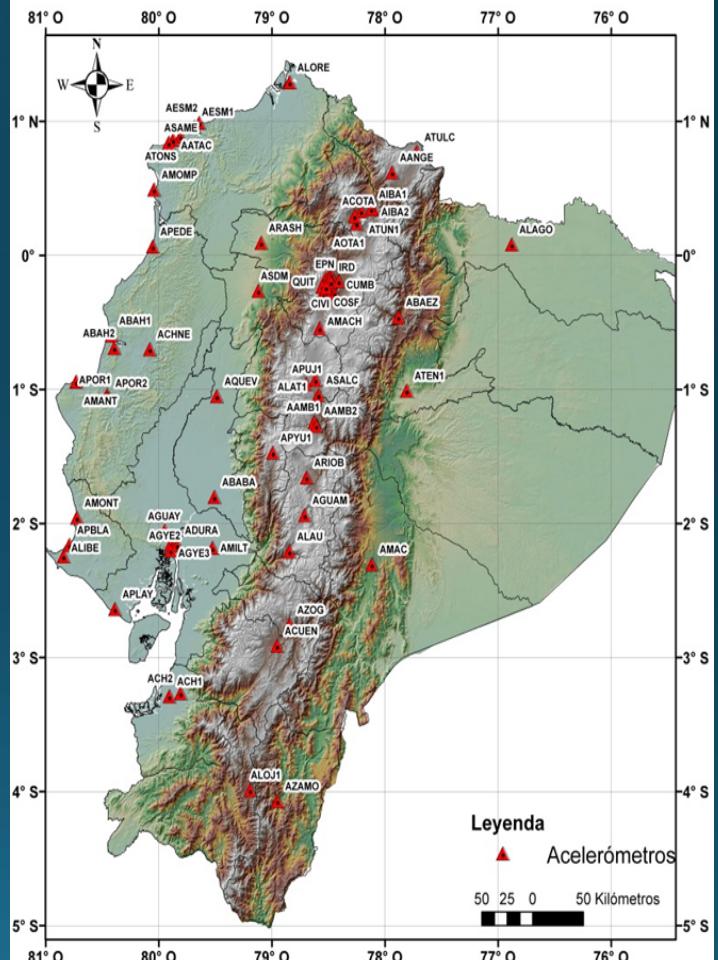


RENAC

- 100 estaciones acelerográficas
- Cuantificación de sacudimiento sísmico
- Ecuaciones de predicción de movimiento del terreno
- Acelerografo multicanal para análisis de estructuras

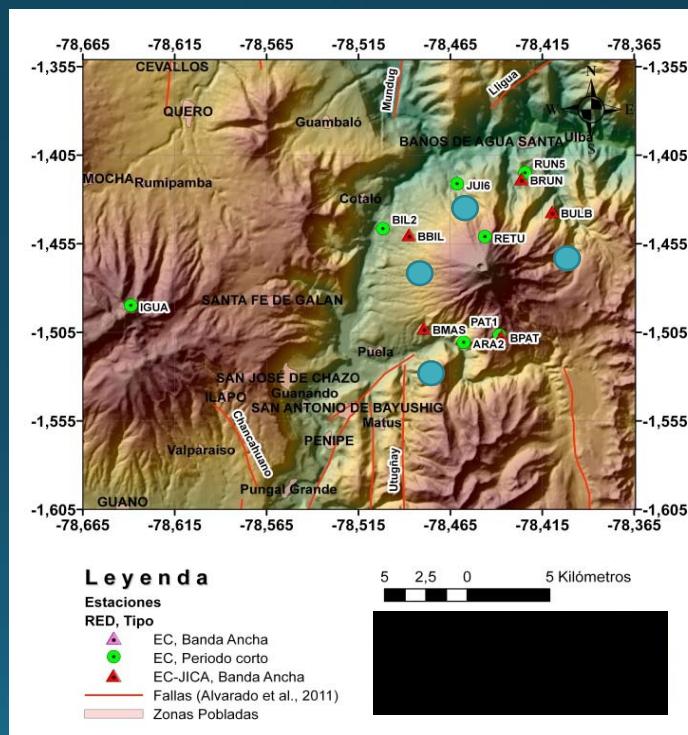


ESTACIONES ACELEROMÉTRICAS INSTALADAS PROYECTO SENACYT



ROVIG

- Observatorios de primer orden en volcanes con actividad reciente



REPET

- Data transmission network: VSAT links, microwave back bone, optic fiber link (Triselectric), digital radio, internet



Centro de Procesamiento, Información y Alerta Volcánica y Sísmica – Centro Terras

- Monitoreo permanente de la actividad sismica y volcanica (24/7)
- Diseminacion rapida de informacion por diferentes medios: email, SMS, website, twitter, facebook
- Enlace de radio con SGR e INOCAR (Near field Tsunami Warning System)
- Datos a disposicion para fines academicos y de investigacion



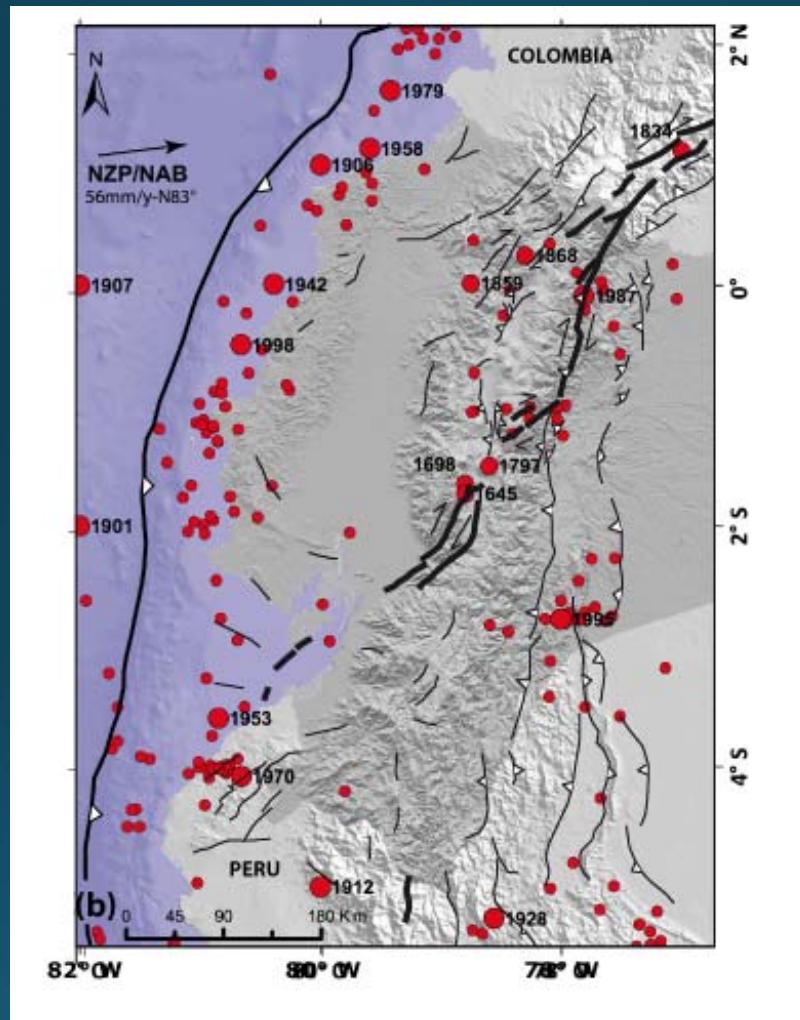
Communicaciones

- Reportes automàtics de paràmetres sìsmics preliminaries (3 – 4 min)
- Reportes sìsmics revisados por analistas (7-8 min)
- Reportes diarios de actividad distribuidos por redes sociales, correo electrònico
- Reportes semanales y mensuales de actividad volcànica
- Reportes especiales de actividad

EL SISMO DE PEDERNALES

- El terremoto del 16 de Abril confirmó la importancia de tener un sistema robusto y redundante de comunicaciones que permita obtener información de las estaciones de campo, procesarlas, distribuir información técnica a tomadores de decisión, traspasar la información y las decisiones de comando a todo el SNGR.

Sismicidad de Ecuador



Esquema de principales sistemas de fallas Ecuador

Sismos subducción

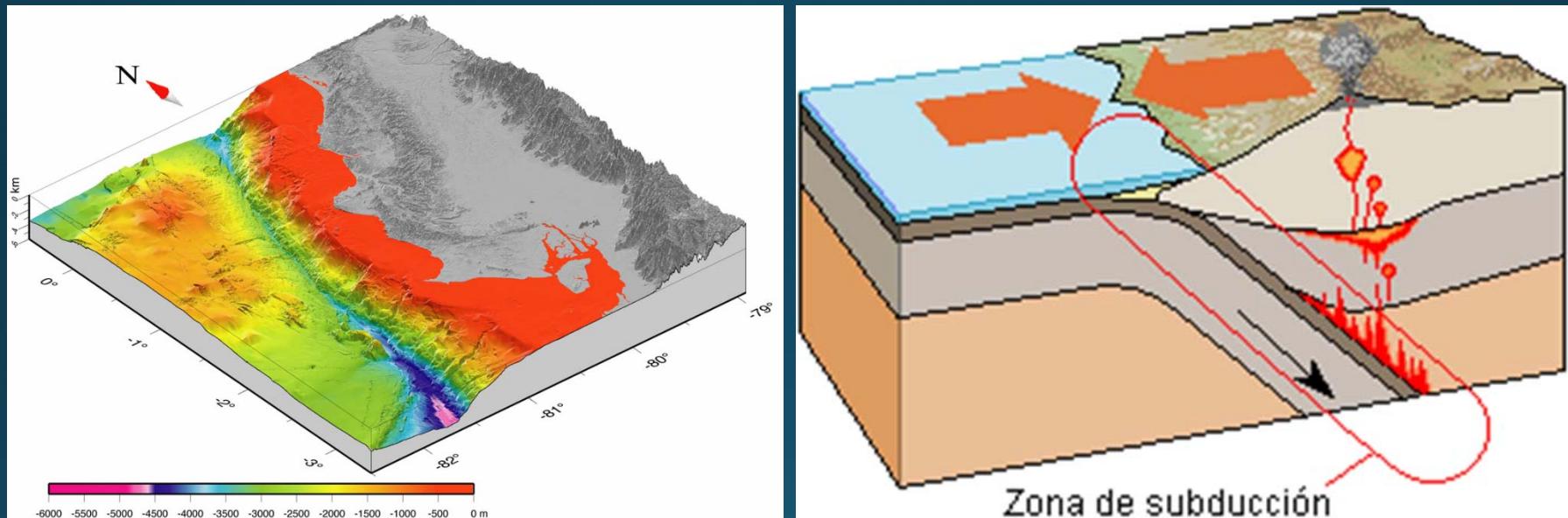
1906 Mw 8,8
1942 Mw 7,8
1958 Mw 7,8
1979 Mw 8,1

Sismos corteza continental

1797 Mw 7,6
1868 Mw 7,2
1906 Mw 7,5
1949 Mw 6,8
1987 Mw 7,1
1995 Mw 7,0

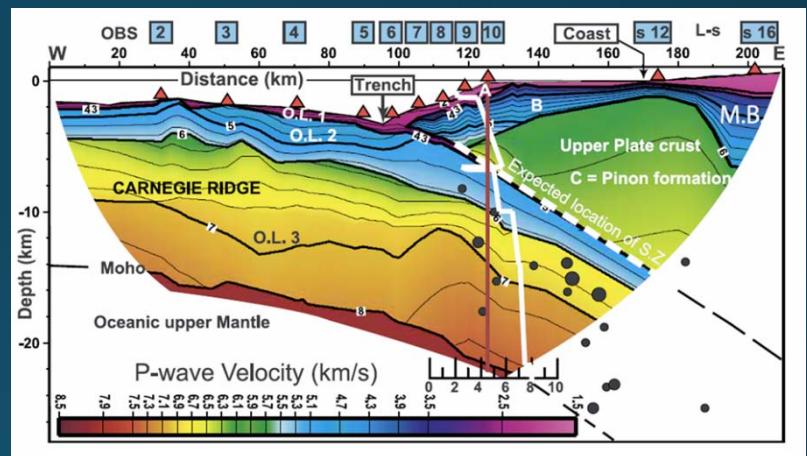
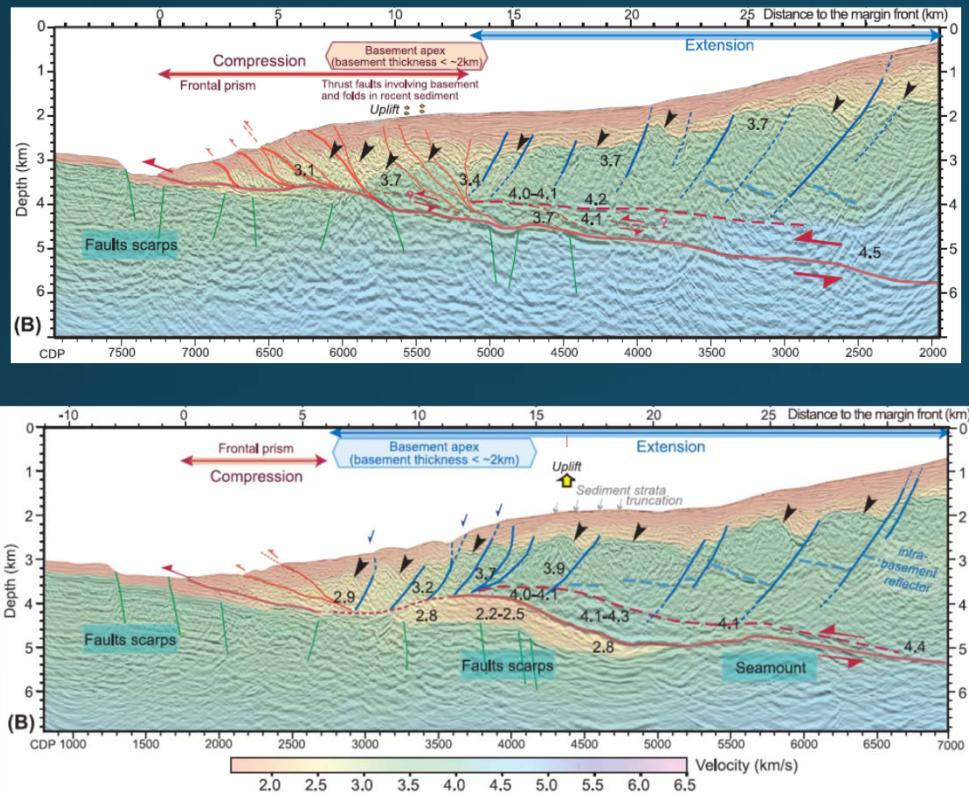


Esquema geo-dinámico



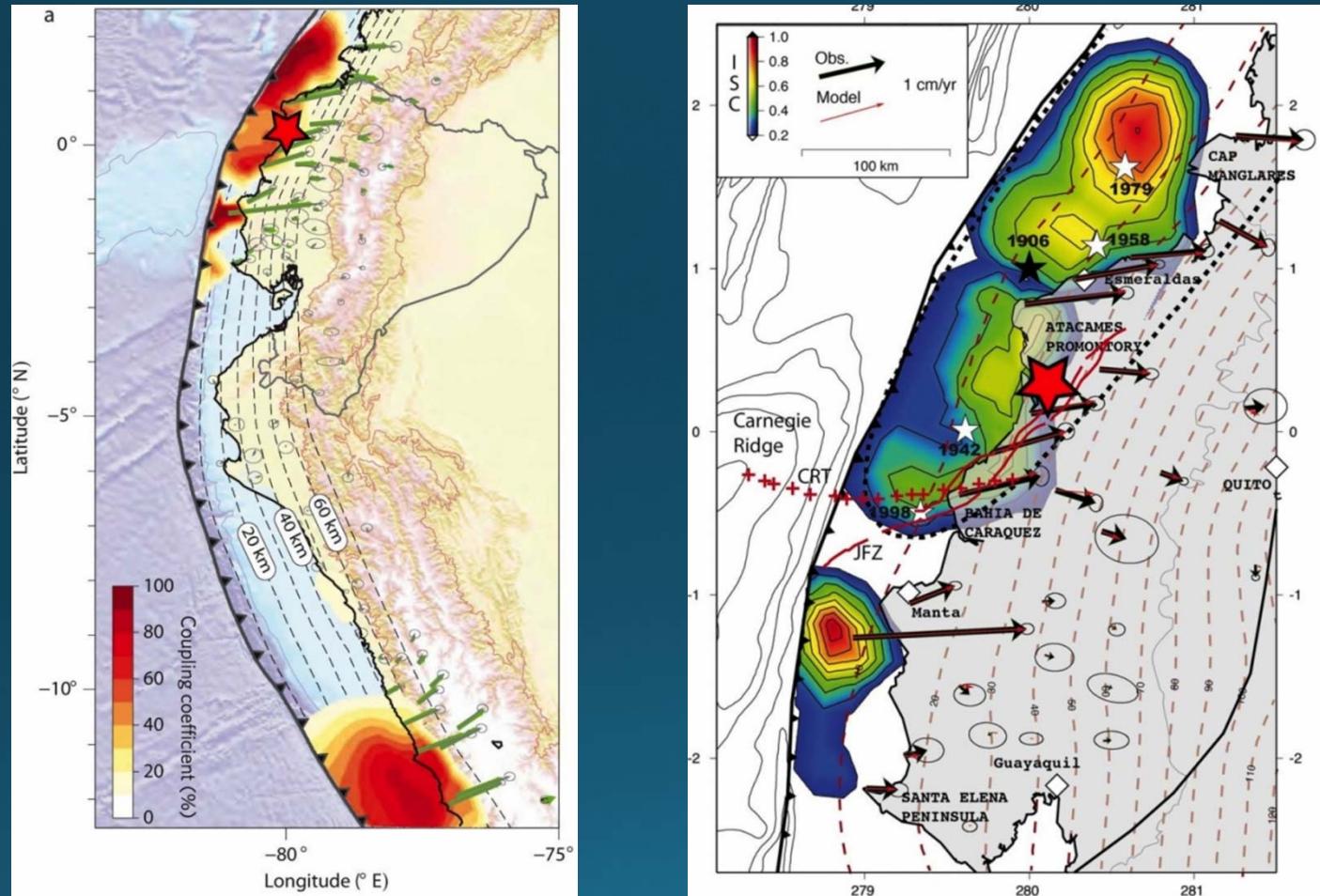
Graindorge et al., 2004

La subducción ecuatoriana: zona central

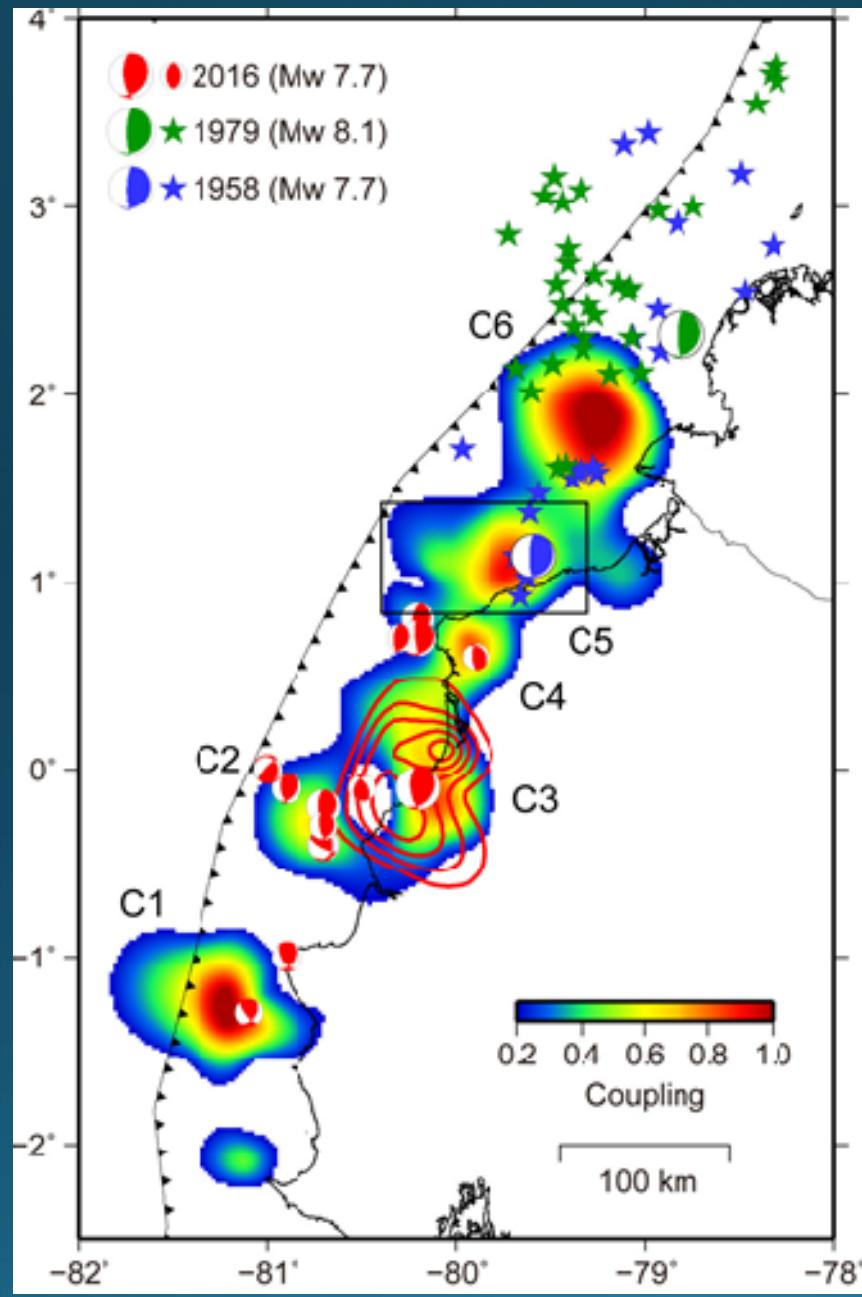


Sage et al.,
2006

EL SISMO DE PEDERNALES

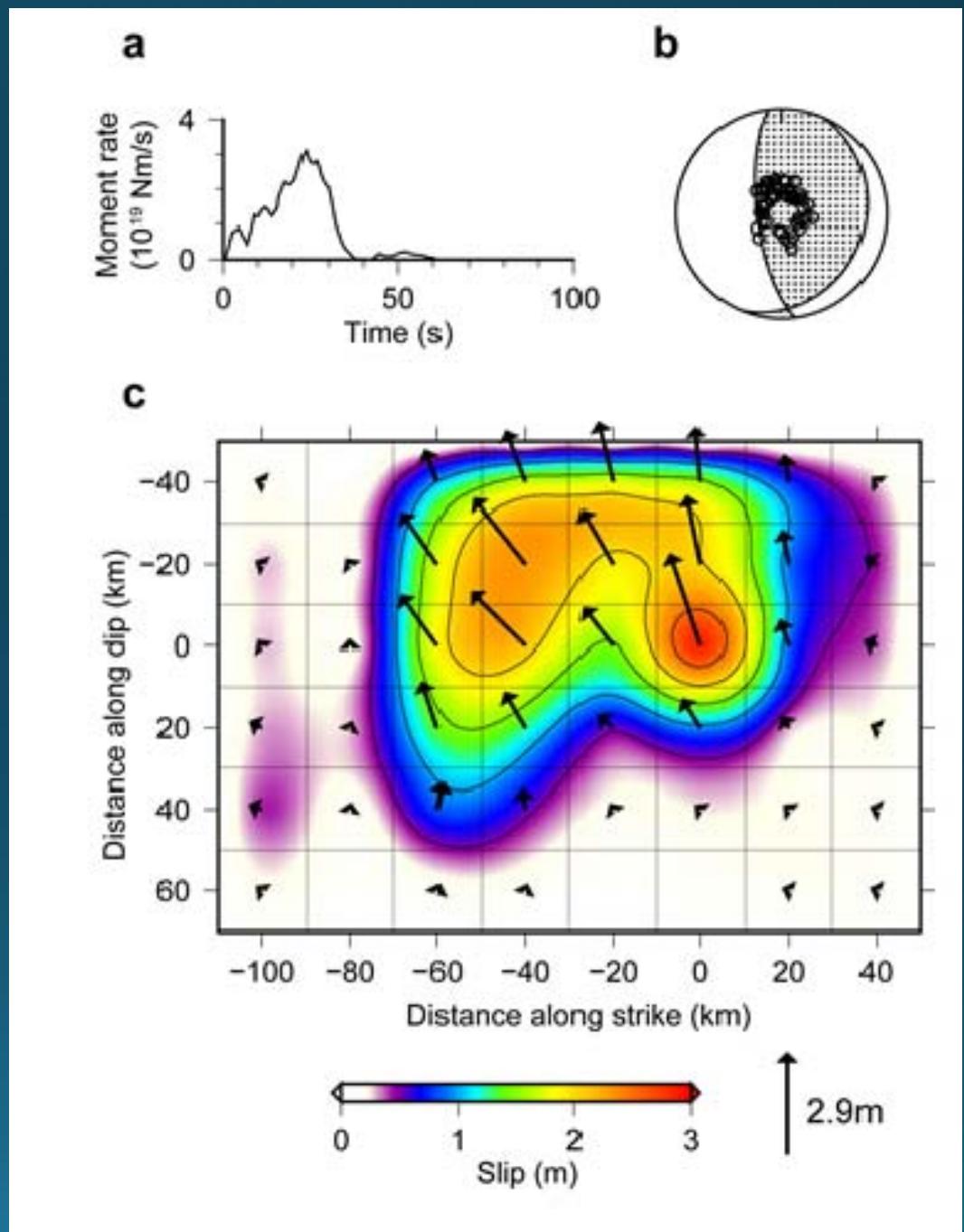


Distribucion del acoplamiento inter-sismico a lo largo de la interface de subduccion. Nocquet et al., 2014 Chlieh et al., 2014.



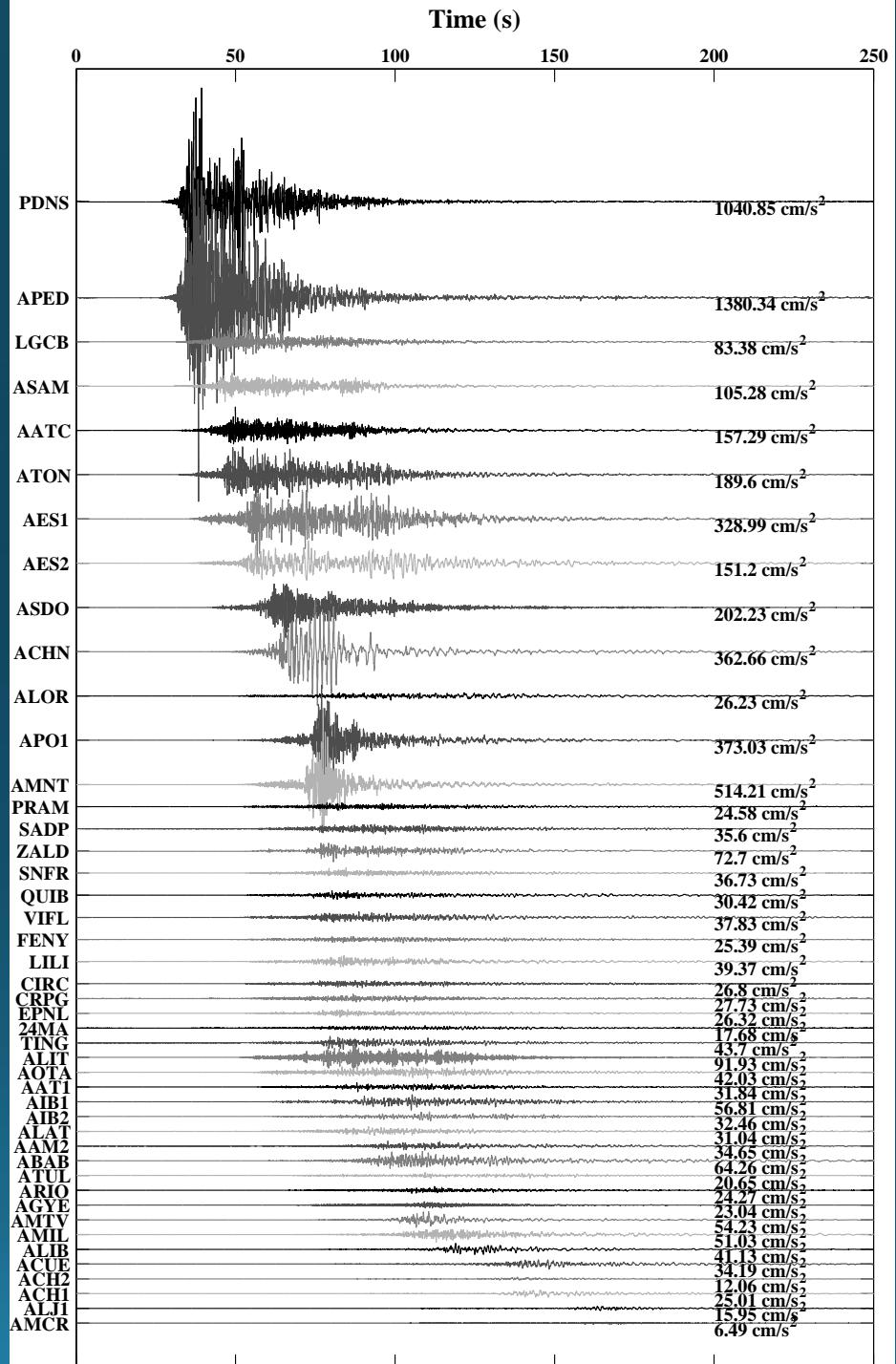
Secretaría de
Gestión de Riesgos

Proceso de ruptura sísmica 16 abril 18h58

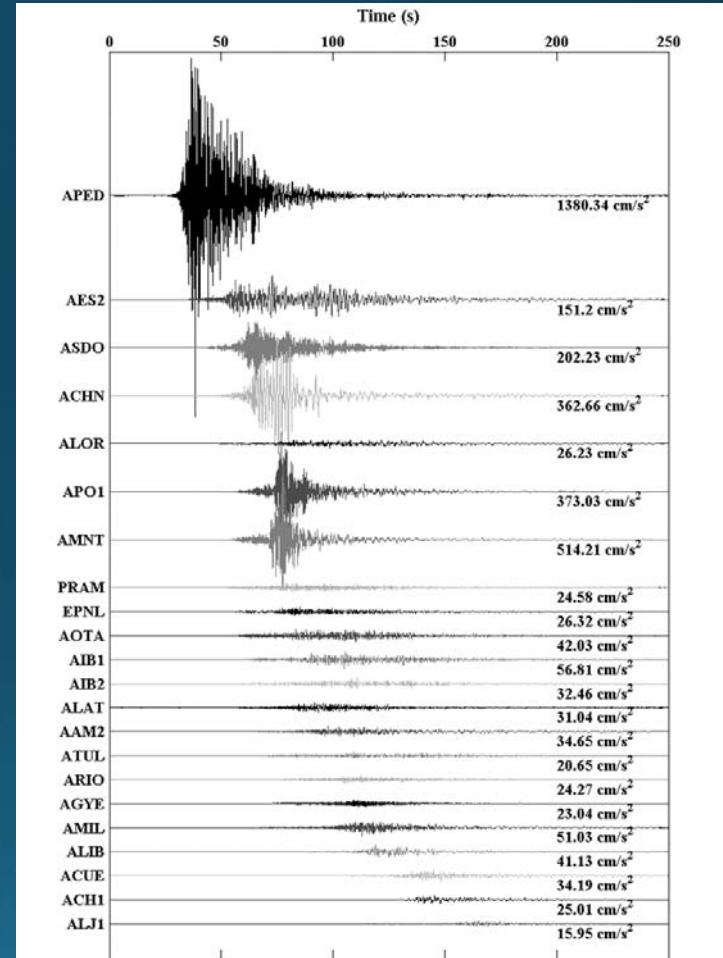
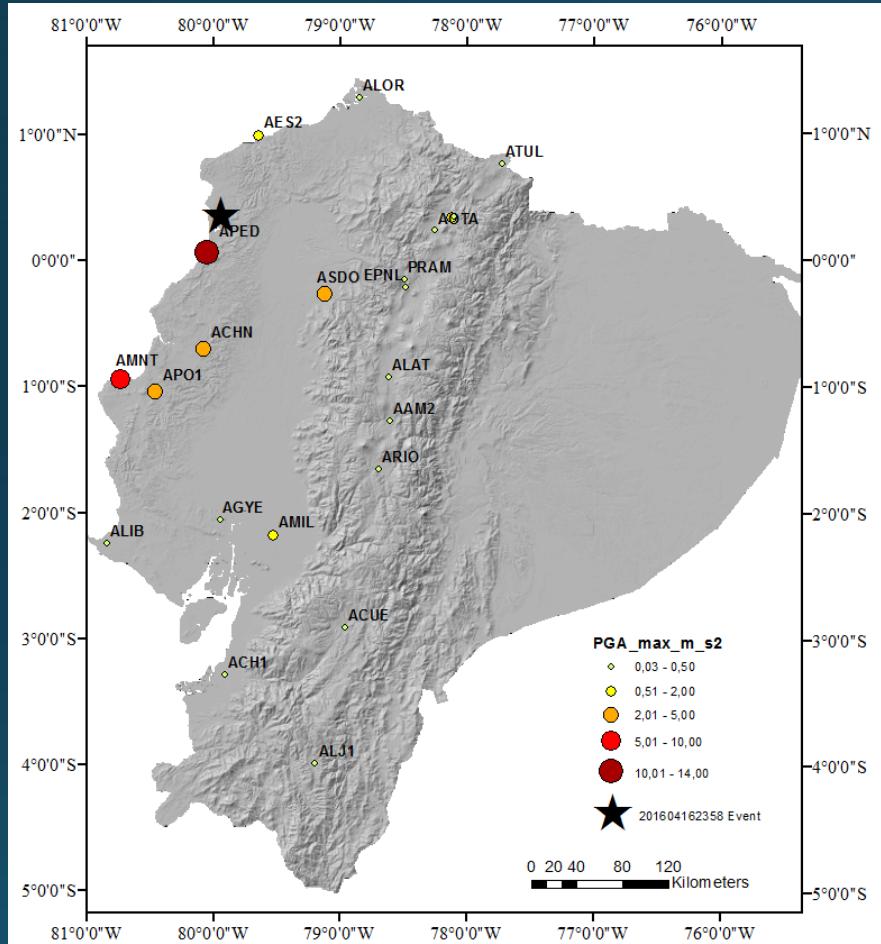


Observaciones de las señales

- Registro de la aceleración máxima a Pedernales con un valor de 1.38 g
- Observación de formas de ondas muy diferentes entre el norte y el sur con aceleraciones mas grandes en el sur (Manta, Portoviejo, ...) : compatible con las observaciones de daños

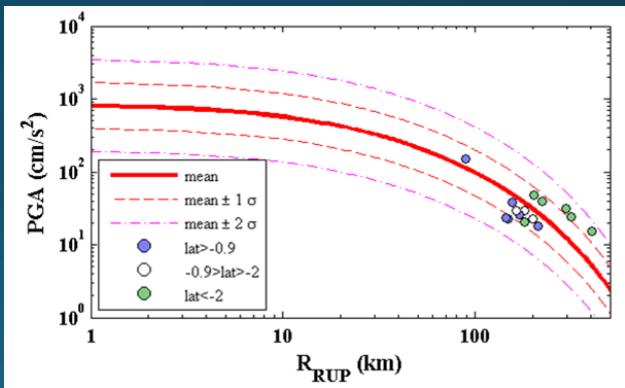
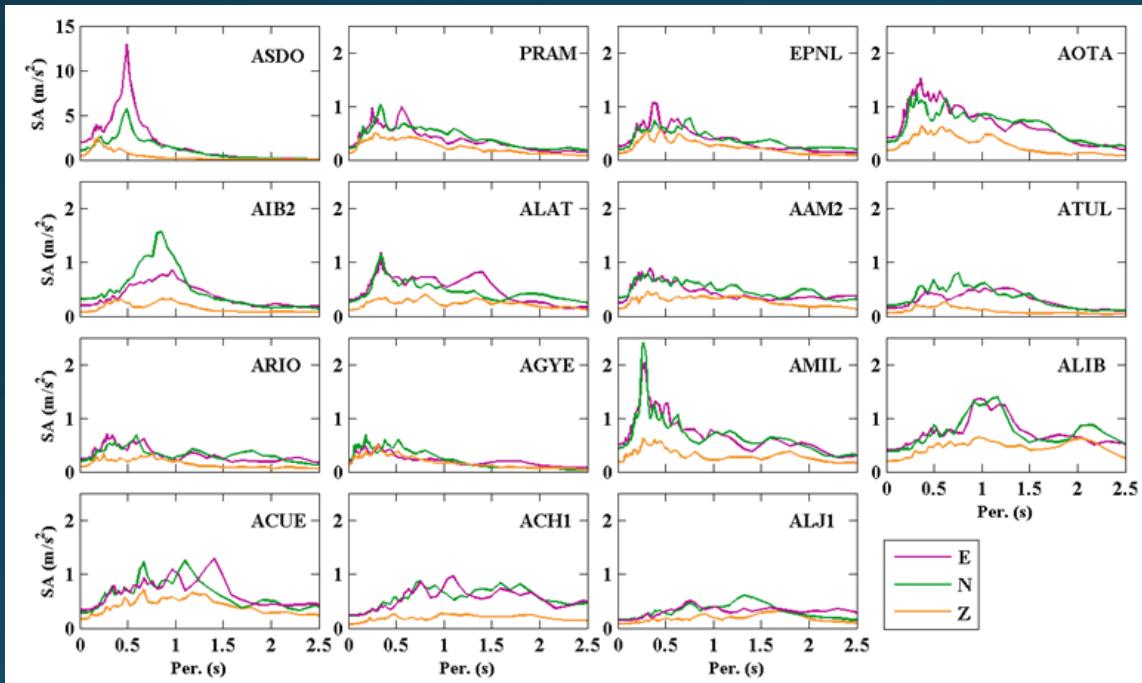


ACELERACIONES SISMICAS RENAC – IG-EPN

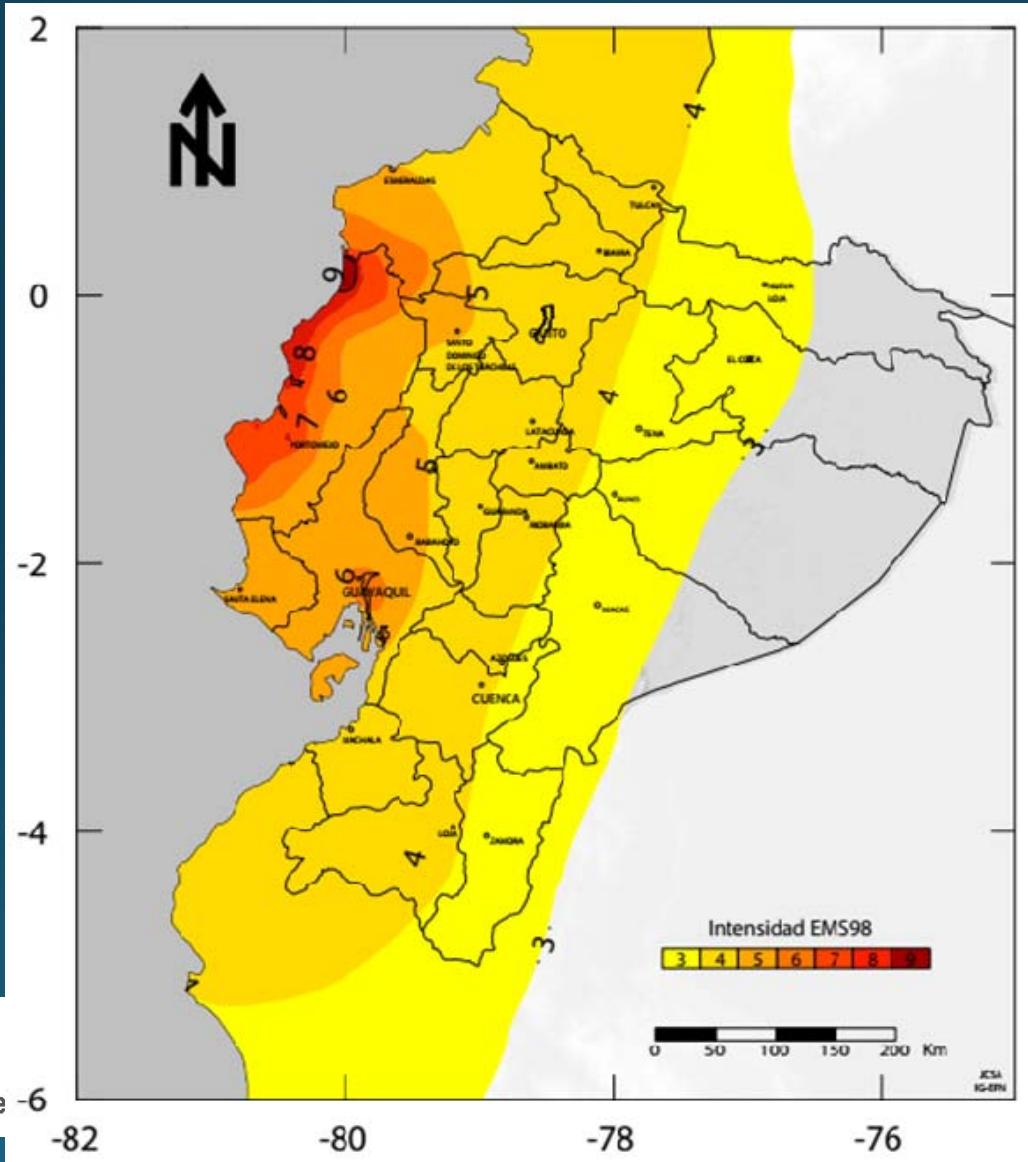


ACELERACIONES SISMICAS

RENAC – IG-EPN



Mapa de Iso-Intensidades



GRACIAS

La reactivación del volcán Cotopaxi,
sus señales y la física detrás de ellas

Erupciones Históricas

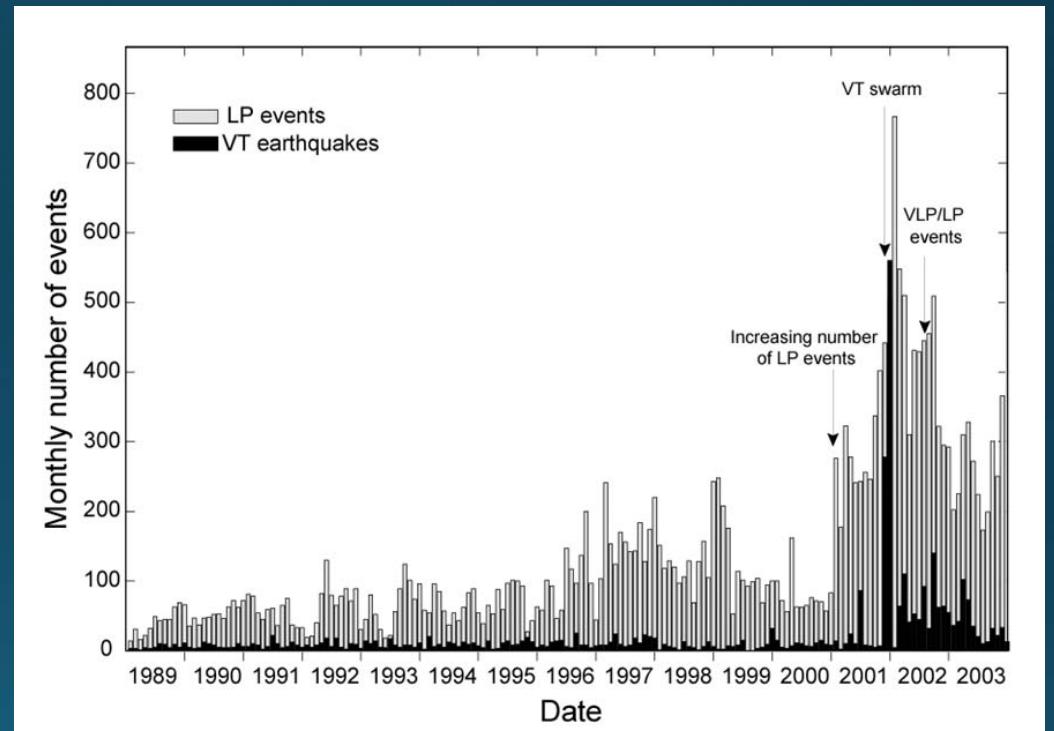
ERUPCION	PRECURSOR	DESCRIPCION
24 junio 1742	Ninguno	A la una o dos de la mañana despertaron los hijos de Latacunga aterrados por el ruido de una creciente impetuosa de agua
28 septiembre 1743	Explosiones	Empezó a hacer estruendos desde algunos días antes
30 noviembre 1744	Bramidos - Explosiones	Habíase oído los bramidos desde cuatro días antes. En la noche de la erupción apareció encendido todo el volcán. No causo ningún temblor. Se oían detonaciones espantosas
26 junio 1877	Emisión ceniza	En la tarde del 25 advertimos una muy espesa y larga manga de tierra o polvo ceniciente



Sismicidad de fondo

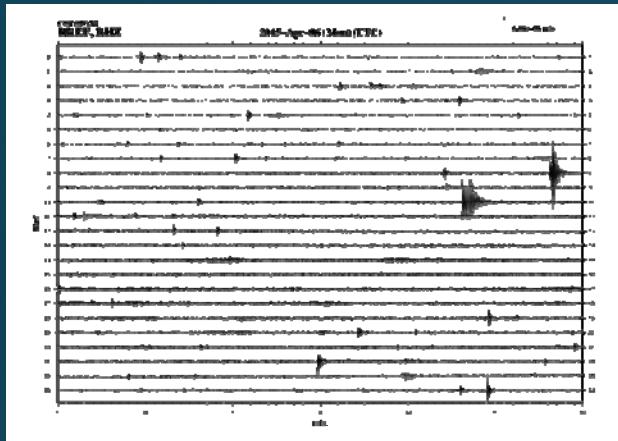
- 7.9 VT / mes (Hall y Yepes 1981)

- Ene. 1989 a Sept. 1997: 69.9 LP/mes (Ruiz et al., 1998)
- 48 LP/mes en Ene 1989 a Mar 1992,
- 125 LP/mes en Jun. 96 a Sept. 97)
- 14.2 VT / mes, principalmente en el flanco NE
- En 2001-2002 se registraron 4400 sismos en 5 meses (29 sismos/dia)

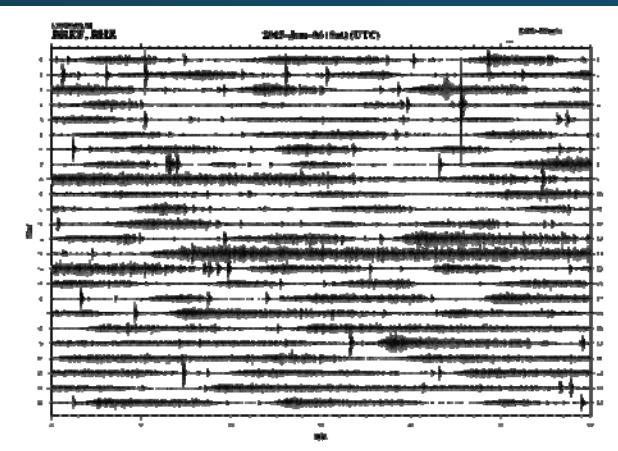


Reactivación 2015 -2016

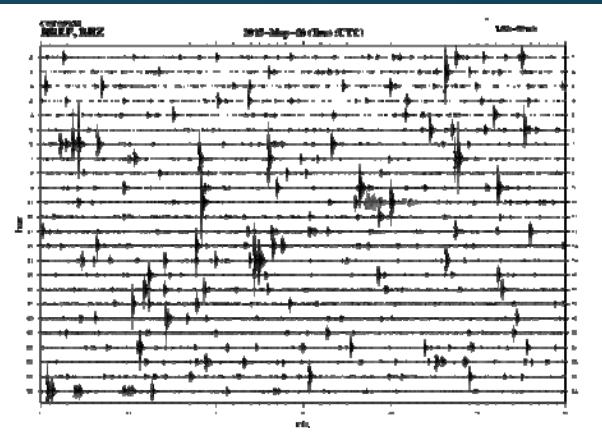
Pre anomalía
Abril 2015



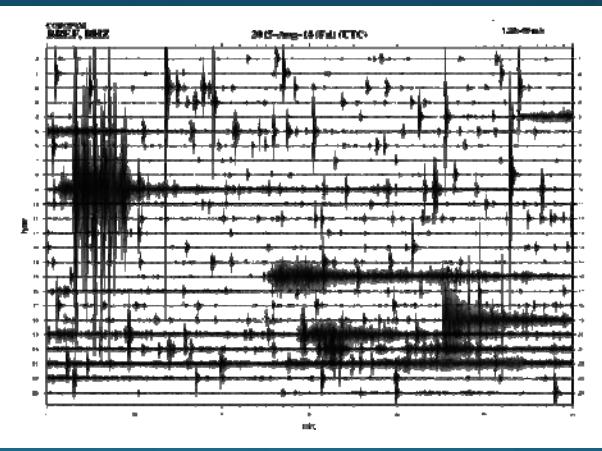
Tremores
presurización
y sismos VLP
Junio – julio
2015



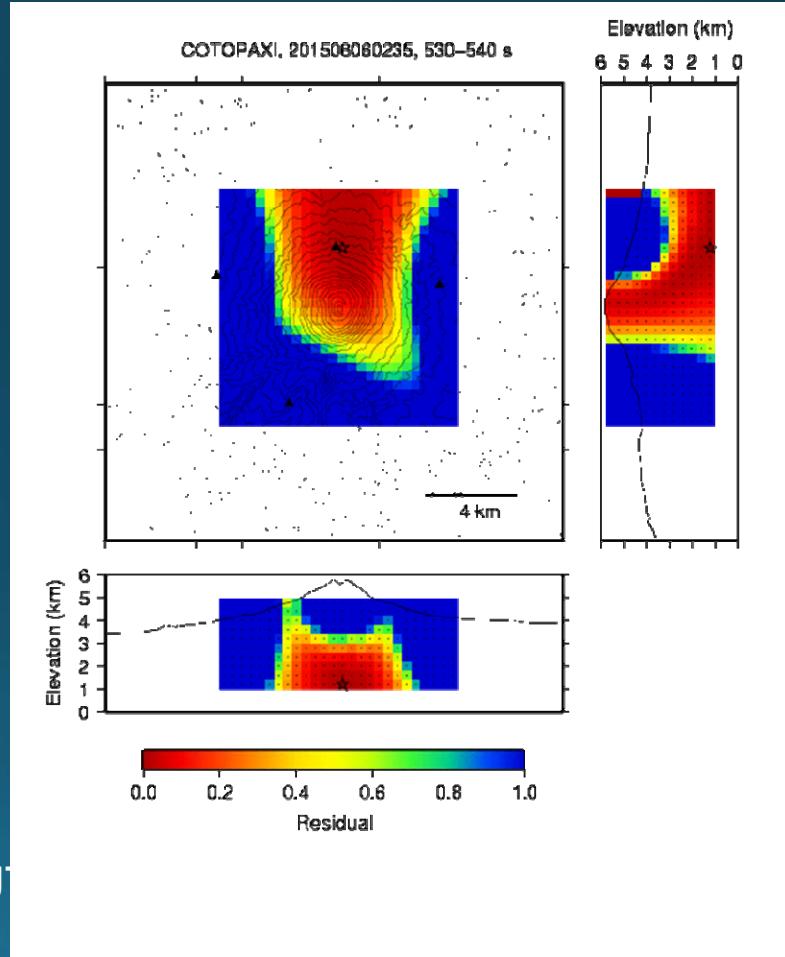
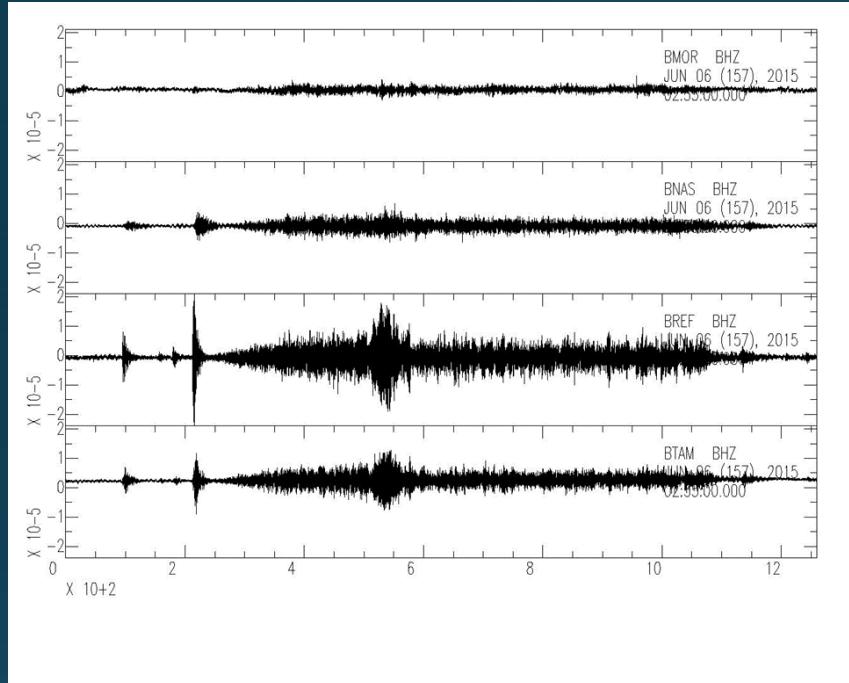
Enjambre
sismos
LP
Abril -
Mayo
2015



Enjambre
sismos
VT,
explosione
s y tremor
emisión
14 Agosto
2015



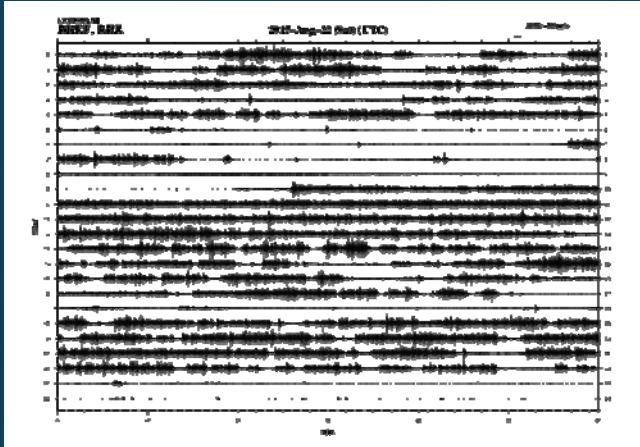
4 Junio 2015: inicio de actividad tremorica



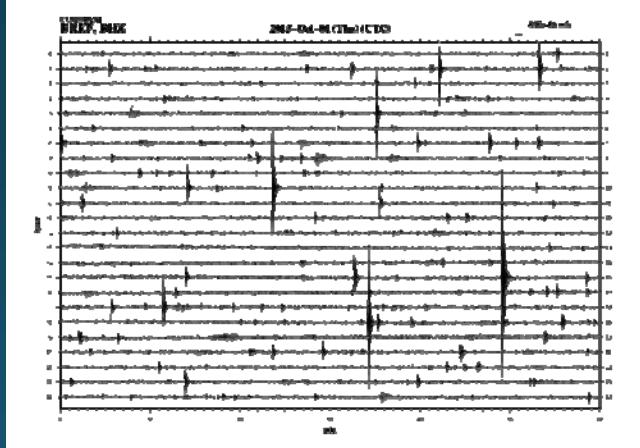
Tremor on June 6, 2015 at 02:35-02:55 UTC

Reactivación 2015 -2016

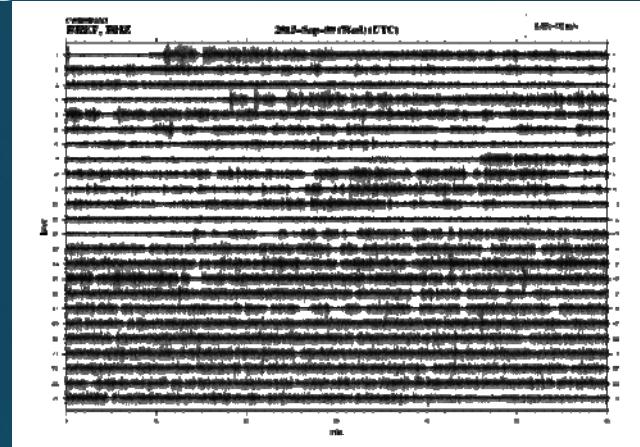
Tremor
emisión
Agosto
Septiem
bre
2015



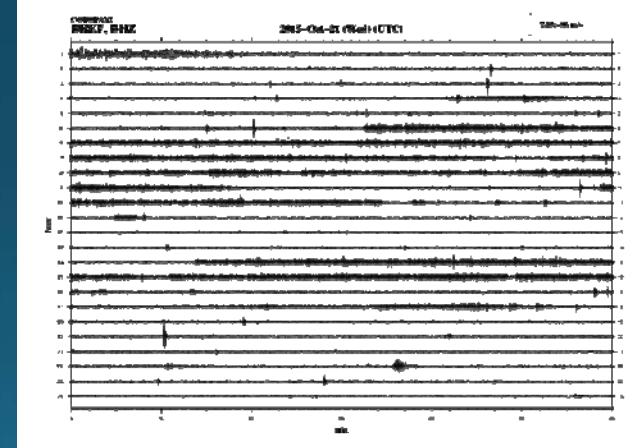
Sismos
VT
Septiem
bre –
Octubre
2015



Tremor
emisión
Agosto -
12
Septiem
bre
2015

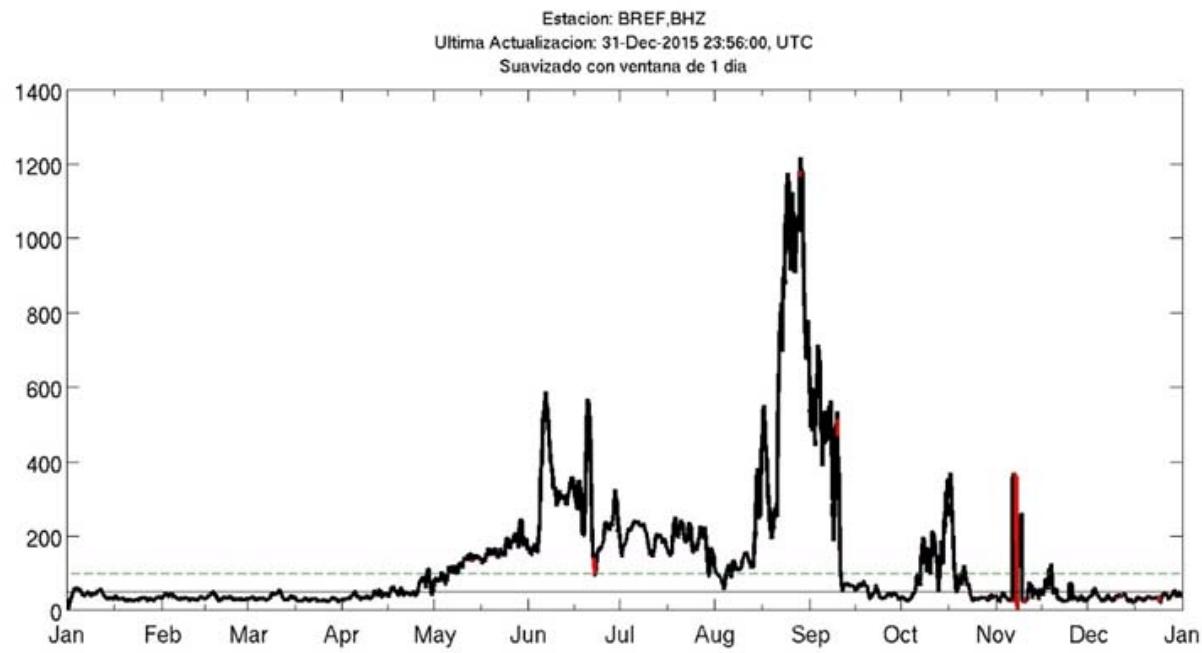


Tremor
emisión
Octubr
e 2015



Secretaría de
Gestión de Riesgos

Reactivación 2015 -2016



Reactivación 2015 -2016

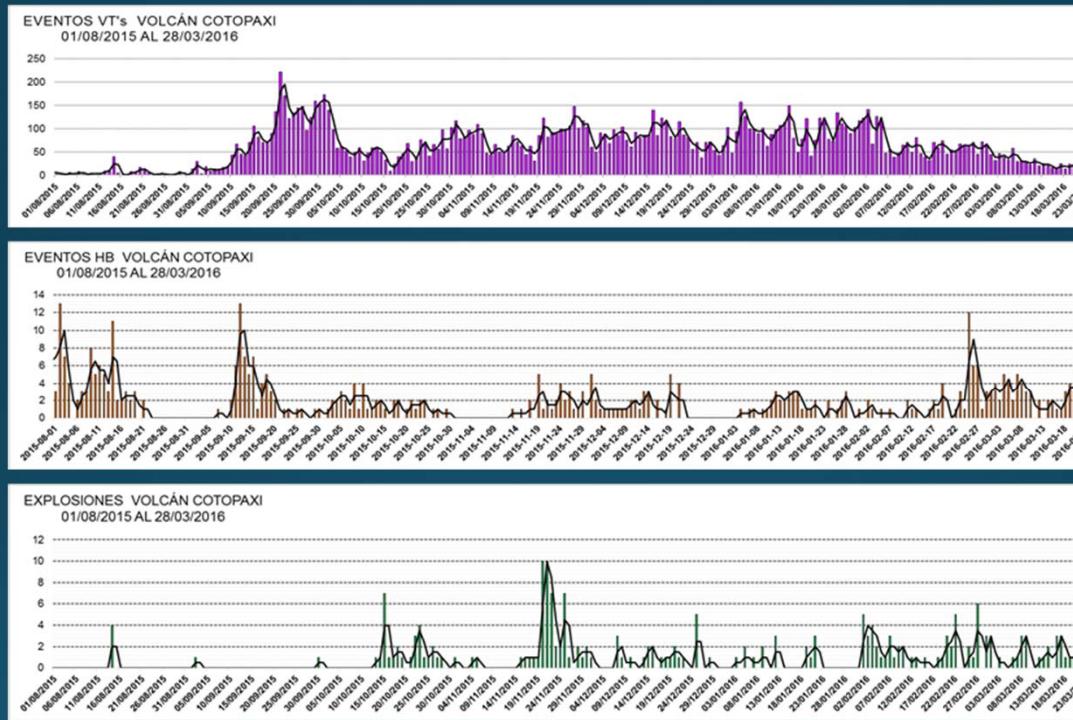


Figura 3. Número de eventos VTs, Hbs y explosiones en el Cotopaxi hasta el 28/03/2016.



Reactivación 2015 -2016

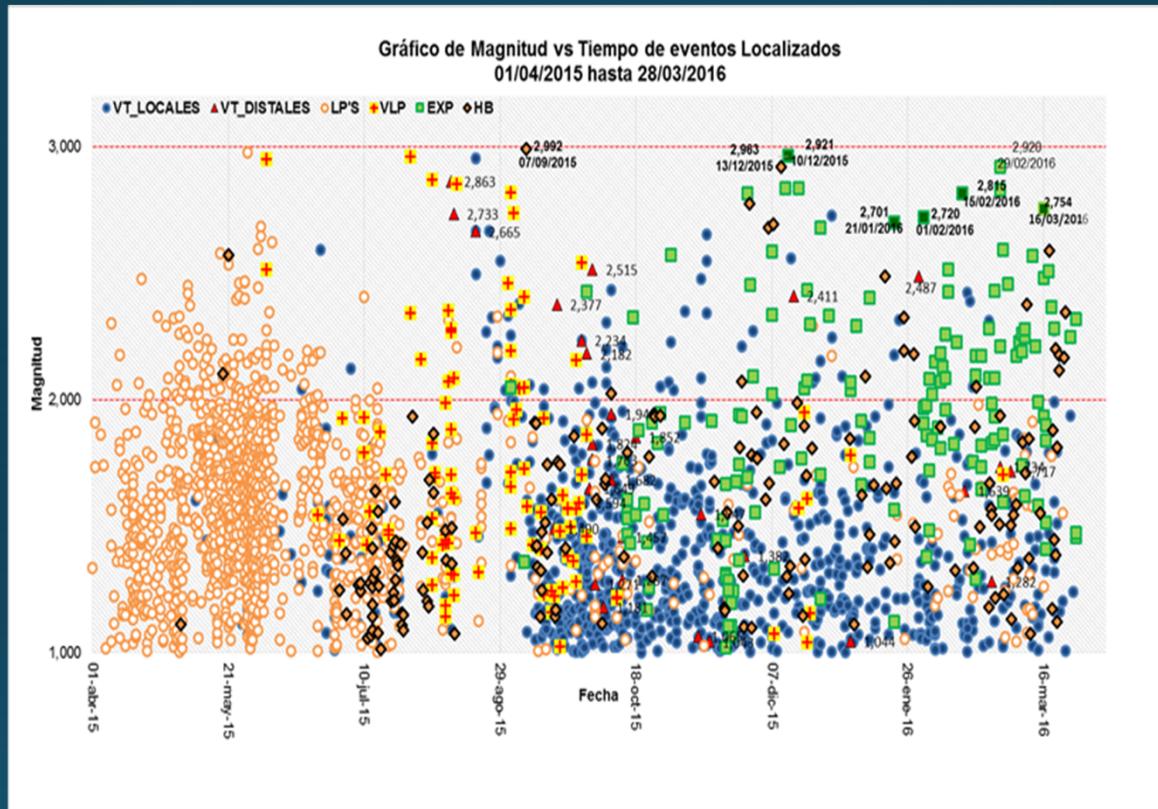


Figura 4. Magnitud de eventos sísmicos en el Cotopaxi desde el 01/04/2015 hasta el 28/03/2016.

Reactivación 2015 - 2016

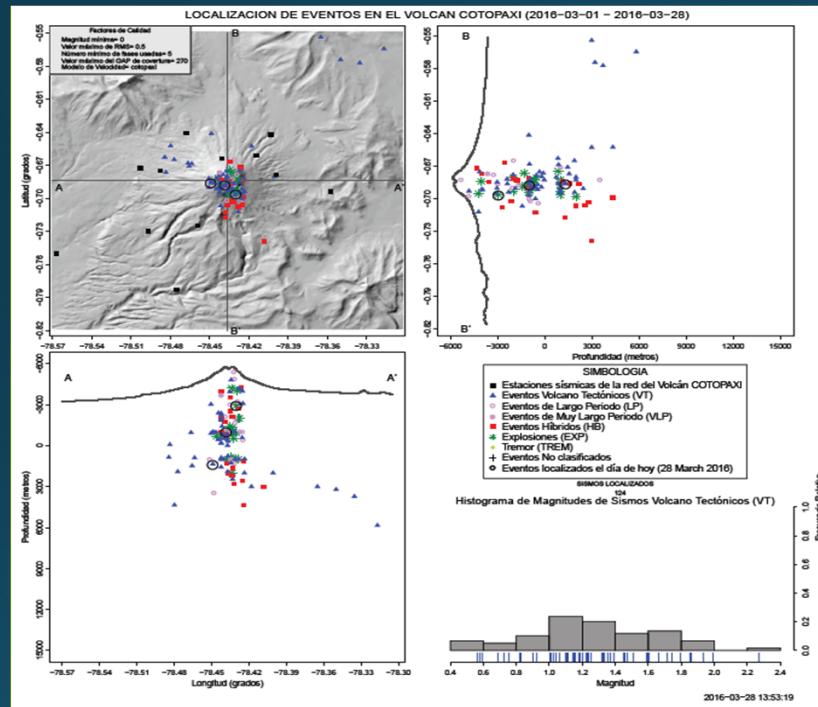
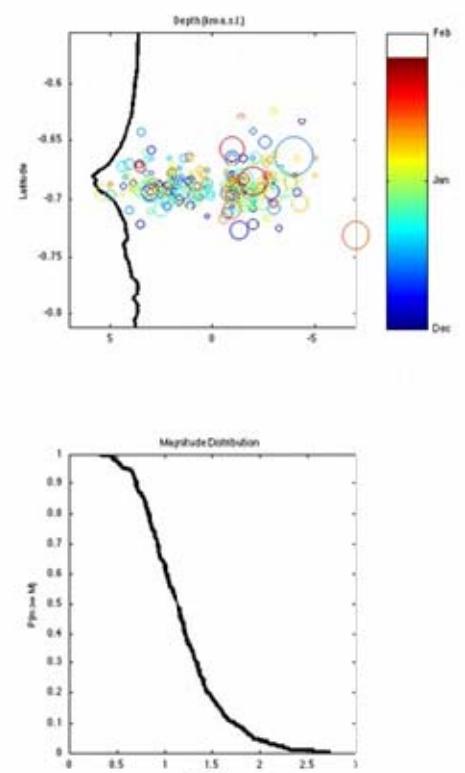
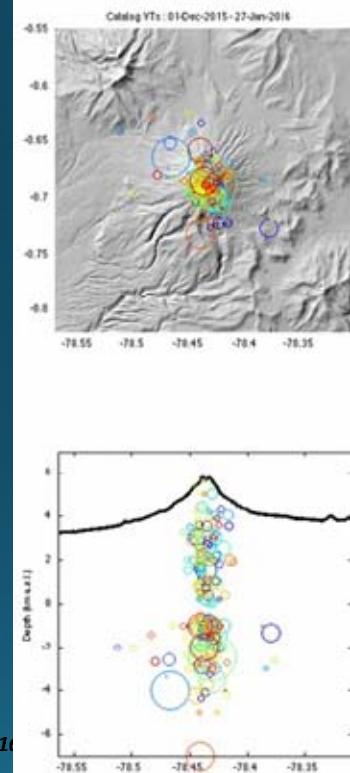
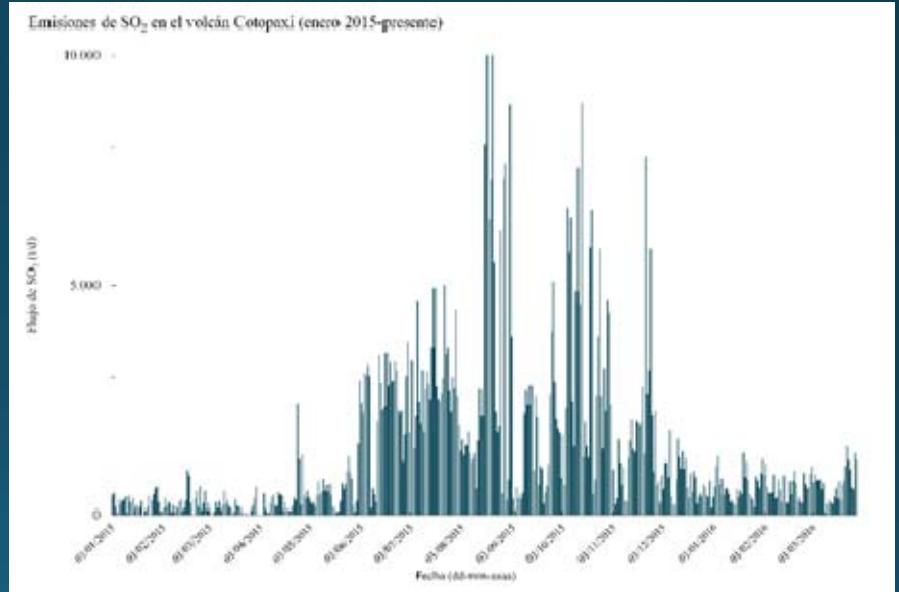
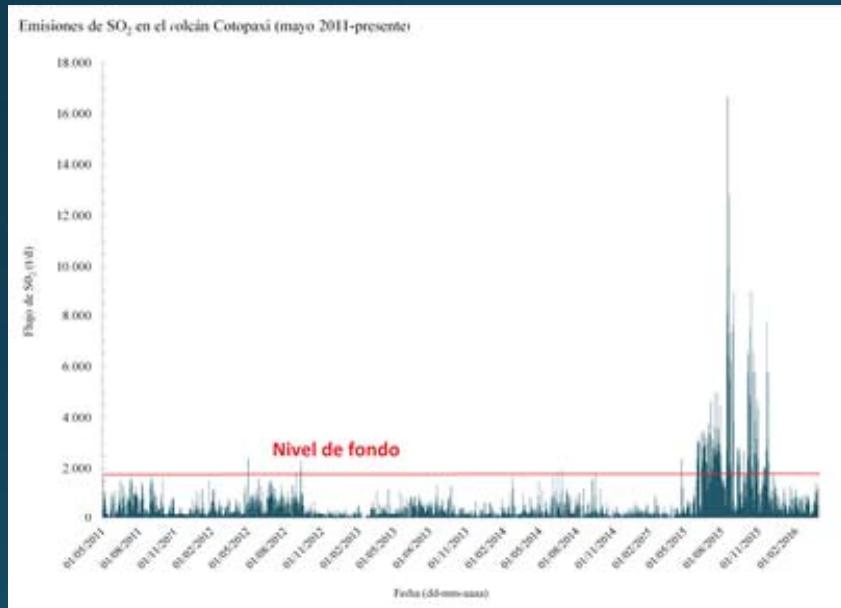


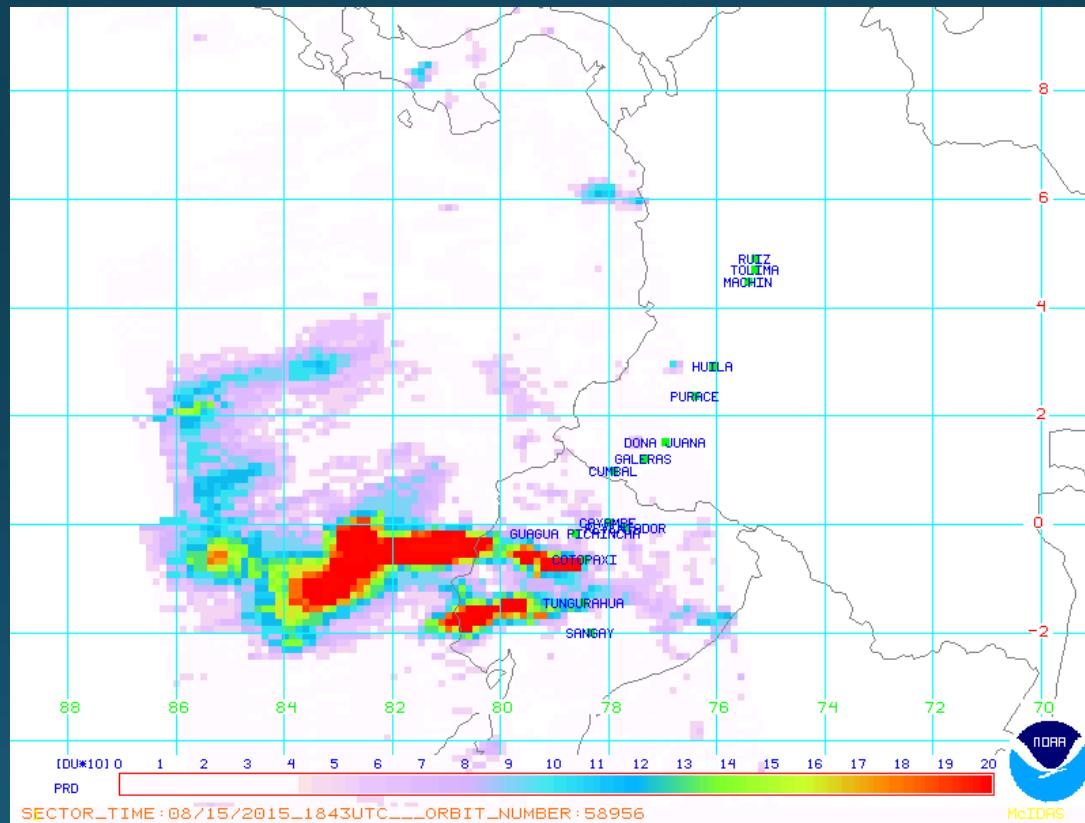
Figura 5. Localización y magnitud de eventos sísmicos en el Cotopaxi para el mes de marzo 2016.



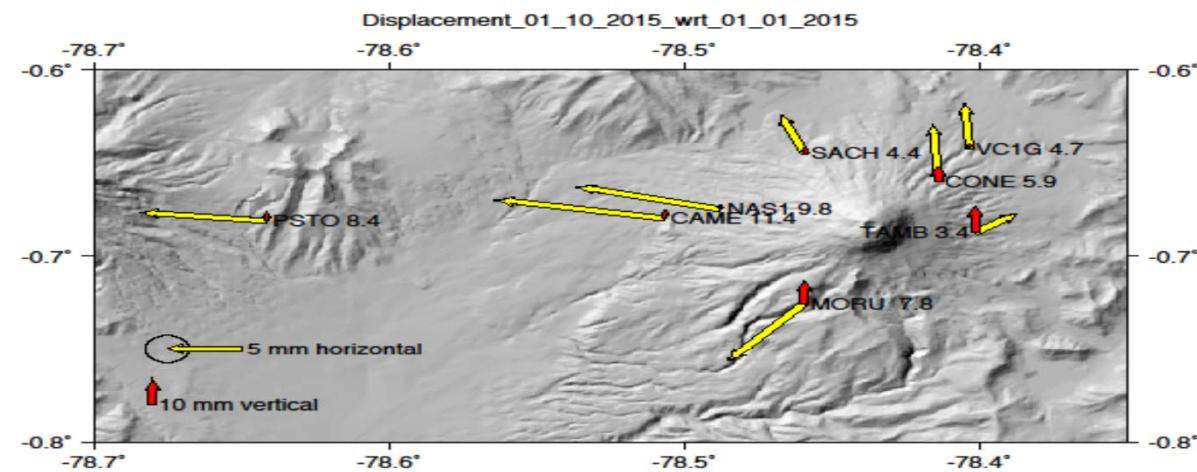
Reactivación 2015 -2016



Reactivación 2015 -2016: SO₂ satélite OMI-NOAA



Reactivación 2015 -2016



Reactivación 2015 -2016

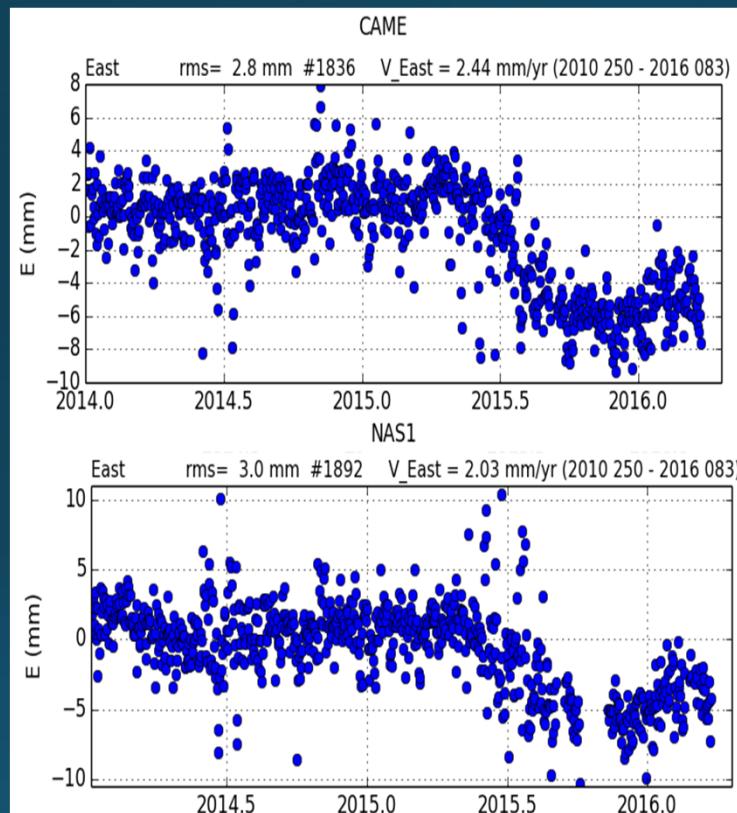
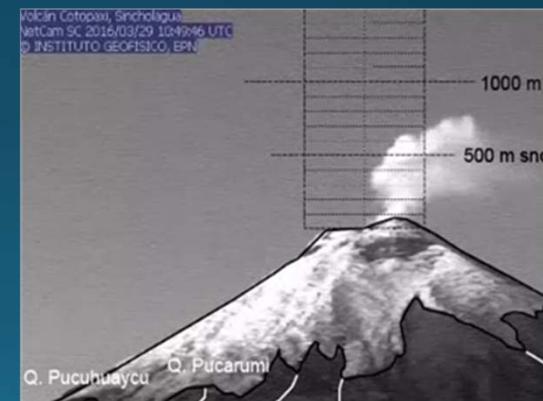
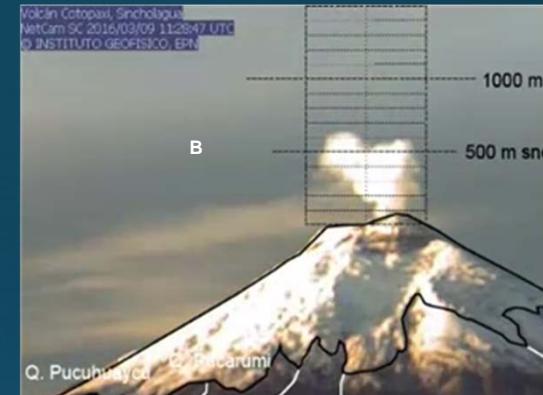


Figura 6. Deformación registrada en el componente Este, estaciones GPS CAME y NAS1.



Reactivación 2015 -2016



Emisiones de gas alcanzando A) 650 m snc el 09/03/2016 y B) 800 m snc el 29/03/2016.

MONITOREO TERMAL: Imágenes térmicas 2 de octubre 2015

