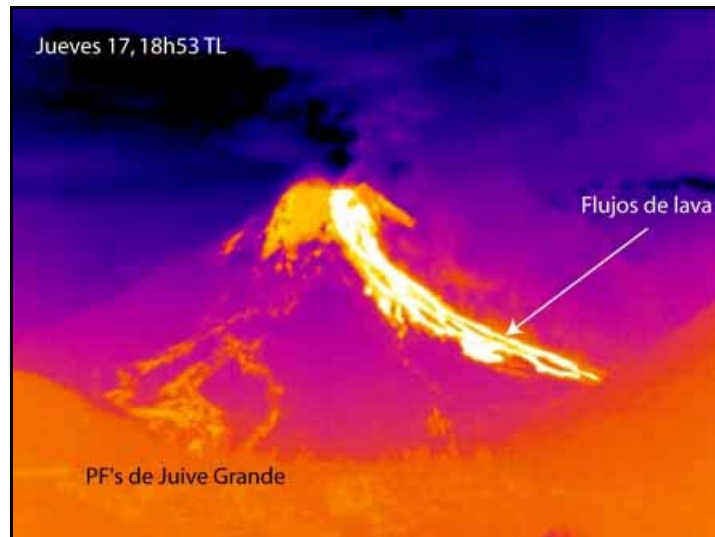




Resumen Mensual
Actividad del Volcán Tungurahua- Agosto del 2006
Instituto Geofísico-EPN, Quito y OVT, Guadalupe



*Imagen térmica que muestra los flujos de lava bajando las quebradas Hacienda, Cusúa y Achupashal y los depósitos de flujos piroclásticos en Juive Grande ya enfriándose.
17 de Agosto- 2006, 18h53TL. Foto: S. Arellano*

1. Síntesis general de la actividad

2. Sismicidad

2.1 Localizaciones

2.2 Índice sísmico

3. Deformación

4. Geoquímica

5. Lahares

6. Observaciones visuales y auditivas

7. Conclusiones

1. Síntesis General de la Actividad

Durante el mes de Agosto se observó un incremento notable en la actividad volcánica, la más alta registrada desde 1999. En la tercera semana de Agosto se registró una erupción de tamaño VEI-3 caracterizada por grandes flujos piroclásticos. Varios flujos de lava fueron emitidos entre los días 17 y 21. Respecto al mes anterior, la sismicidad tuvo una disminución generalizada en el número de explosiones, eventos de largo periodo (LP), episodios tremóricos asociados a emisiones y un incremento en el número de VTs (posterior a esta erupción paroxismal, ver Tabla 1).

La actividad superficial se caracterizó por la ocurrencia de explosiones con fuertes cañonazos escuchados en un radio de 20 a 30 km, en Ambato, Riobamba y en el OVT. Las emisiones de vapor y gases con contenidos variables de ceniza volcánica estuvieron acompañadas por fuertes bramidos tipo “turbina”, en especial hacia la mitad del mes de agosto. Las columnas de las emisiones y explosiones alcanzaron entre 0.5



y 10 km snc (sobre el nivel de la cumbre) de acuerdo a los reportes de la NOAA /W-VAAC.

En el evento eruptivo del 16-17 de Agosto de 2006, los vientos soplaron principalmente al W- SW y E-SE, registrándose caídas de “cascajo” o “escoria volcánica” en los alrededores del volcán en las poblaciones de Yuibug, Palitahua, El Manzano, Puela, Bilbao, Chonglontus, Cusúa, Caguaji, Sabañag, Cotaló, Pillate, la parte alta de Quero, OVT y Baños; mientras que la ceniza fina generada en las explosiones y emisiones fueron llevadas por los vientos en todas las direcciones y con más frecuencia al W y SW del volcán, de esta manera se reportaron caídas de ceniza en las ciudades de Ambato, Riobamba, Pelileo, Guaranda y en poblaciones de las provincias de Bolívar, Los Ríos y Guayas.

Varias observaciones realizadas durante las noches de este mes indicaron la presencia de actividad estromboliana con bloques incandescentes que tuvieron trayectorias parabólicas, incandescencia, fuentes de lava y flujos piroclásticos generados por “rebosamiento de lava en el cráter”. Los bloques incandescentes fueron expulsados en trayectorias parabólicas hasta unos 1500 m snc y cayeron a una distancia de 1000 a 1500 m del cráter. Los flujos piroclásticos más importantes bajaron violentamente por las quebradas de: Juive, Mandur, La Hacienda, Cusúa 1, Cusúa 2, Achupashal, Ingapirca, Rea, Chonglotus y Confesionario. Estos flujos chocaron con la margen derecha de los ríos Pastaza y Chambo, en este último se generaron varias represas desde las quebradas La Hacienda hasta Confesionario. En el lado Sur bajó un flujo piroclástico por la quebrada Mapayacu y formó una represa temporal en el río Puela en el sector de Palitahua. Por el Norte bajaron varios flujos piroclásticos por el cauce el río Vascún, el más grande se detuvo a 800 m aguas arriba de las piscinas de El Salado. La actividad volcánica fue disminuyendo drásticamente luego de la fase paroxismal; a partir de las 01h20 TL del 17 de Agosto, el nivel de energía liberada por el volcán experimentó una caída notoria, como si se hubiese cerrado una válvula. Esta condición de tranquilidad, caracterizada por la ocurrencia de muy pocos eventos sísmicos, duró más allá del final del mes. Adicionalmente, se observó un proceso de desgasificación constante y la presencia de brillo e incandescencia débil, relacionado con la salida de gases magmáticos. Las fumarolas de la cumbre y las fumarolas ubicadas en la cota de los 4400 m snm (sobre el nivel del mar) fueron activas todo el tiempo, siendo visibles a simple vista desde el OVT.

Las concentraciones de SO₂ medidas mediante el método de DOAS y Mini-DOAS resultaron en un promedio de 1305 Ton/día, registrándose un máximo de 5547 Ton/día (04 de Agosto), mientras que el flujo SO₂ medido con OMI resultó en valores mínimos de 500 Ton/día (07 de Agosto) y un máximo de 30.000 Ton/día en la fase paroxismal del 16-17 de Agosto. Estos valores son coherentes con el incremento de la actividad volcánica, indicando que el sistema se encontraba abierto y permitía la salida de los gases magmáticos.

El clima en general se presentó variable, pudiendo tener desde avistamientos panorámicos del volcán, hasta días completamente nublados, acompañados de ligeras lluvias en la zona que no fueron lo suficientemente intensas para provocar flujos de lodo de importancia en las quebradas del volcán. Una lluvia intensa generó pequeños flujos de lodo el día 27 de Agosto.

En resumen, durante Agosto, los parámetros sísmicos y visuales confirmaron la presencia a un nivel más somero del magma, el mismo que estuvo presente desde fines de Marzo y primeras semanas de Abril, dando lugar a episodios altamente energéticos, como lo ocurrido entre el 14 de Julio y el 17 de Agosto. Dentro de la actividad eruptiva que presenta el volcán desde 1999, este ha sido el episodio más



energético con un nivel de erupción VEI=3, que arrojó entre $50 - 80 \times 10^6 \text{ m}^3$ de materiales volcánicos representados por caídas de ceniza, flujos piroclásticos y flujos de lava.

De forma similar a lo ocurrido en la erupción del 14 de Julio, el 16 de agosto, se notó un descenso de los niveles de liberación de energía y desaceleración de los parámetros monitoreados unos días antes de ocurrir la erupción paroxismal. Así se observó un notable descenso tanto en número como en la magnitud de las explosiones (de 880 a $\sim < 200$ / día), así como también un menor número de LP's (100-150 día). Sin embargo el tremor armónico fue importante hasta el día de la erupción. Igualmente se noto un descenso en los valores de SO₂, desde 1800 a < 400 T/día. Este patrón fue similar a lo registrado antes de la erupción del 14 de julio pasado. La estación inclinometrica Retu, registró una tendencia inflacionaria que empezó el 11 de Agosto y continuó hasta el día de la erupción.

Vale mencionar que durante la erupción del 16-17 de agosto eventos sísmicos (mayormente LP's) fueron ubicados entre 2-3 km bajo el nivel del cráter y que el magma tuvo un ascenso rápido hasta llegar explosivamente a la superficie. Luego de la erupción los hipocentros se vuelven más someros.

2. Sismicidad

Como puede observarse en la Tabla 1, el número de sismos totales ha disminuido respecto al mes de julio. La sismicidad estuvo constituida principalmente por sismos de largo periodo (LP), sismos volcano-tectónicos (VT) así como de explosiones. Las emisiones se presentaron durante todo el mes y estuvieron relacionadas con el tremor volcánico. No se registraron sismos de tipo híbrido.

Fecha/ Semana	SISMICIDAD TOTAL	LP	VT	Emisión	HB (HÍBRIDO)	EXPLOSION
31-06Ago	1075	1074	1	247	0	60
07-13Ago	541	540	1	97	0	1466
14-20Ago	371	365	6	51	0	121
21-27Ago	415	399	16	67	0	0
28-03Sep	485	436	46	48	0	0
Total de Agosto/06	2590	2526	64	460	0	1643
Total de Julio/06	3490	3482	8	1202	0	6442
Total de Junio/06	1514	1500	14	884	0	1364
Promedio diario Agosto/2006	83.54	81.48	2.06	14.83	0	53.0
Promedio diario Julio/2006	112.58	112.32	0.25	38.77	0	207.8
Promedio diario Junio/2006	50.46	50.0	0.46	29.46	0	45.46

Tabla 1. Resumen de las estadísticas de actividad sísmica registrada durante los últimos tres meses.

La actividad explosiva, los sismos del tipo LP y emisiones ocurridos en este mes fueron la característica principal en la sismicidad del volcán. Las explosiones ocurrieron en mayor número en la segunda y tercera semana de Agosto, relacionadas directamente con la fase eruptiva. La sismicidad fue disminuyendo en número un poco



antes de la erupción del 16 de Agosto y luego hacia fines de Agosto donde no ocurrieron explosiones y el volcán quedó en un estado tranquilo (Fig. 1a y Fig. 2a, b).

En general, se observa que desde Enero de 2006 existe el incremento en el número de eventos (Fig.1a), así como en la energía liberada por los mismos (Fig. 3). En el registro sísmico del 16 de Agosto de la estación de banda ancha BRUN (Fig. 1b-e) se nota la señal correspondiente a un sismo regional de magnitud 4.7 y cuyo epicentro fue en Palora, a solo 6.8 km de profundidad y que fue sentido en Baños (Fig. 1c). Posterior a este sismo se produce un aumento de la actividad sísmica, revelando que posiblemente el sacudón que experimentó el volcán ayudo a la vesiculación pronunciada de las burbujas en el magma, las mismas que empezaron a ascender por el conducto.

Las emisiones ocurridas a través de explosiones/emisiones fueron más energéticas que las ocurridas en los últimos tres meses (Fig. 4) y presentaron moderadas a grandes concentraciones de ceniza.

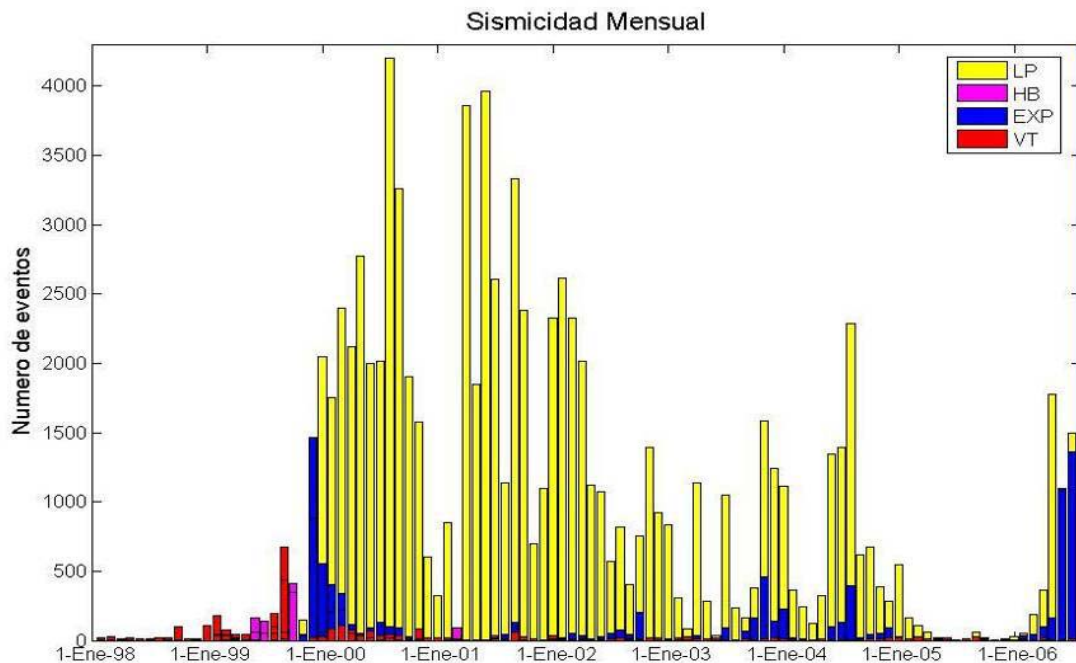
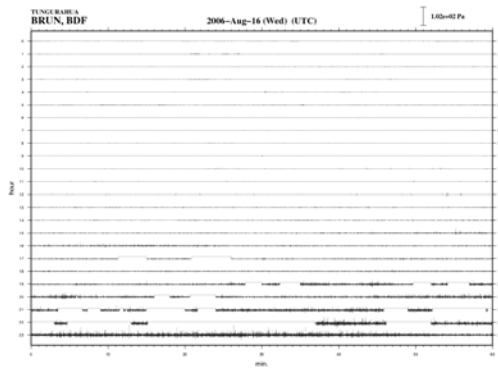
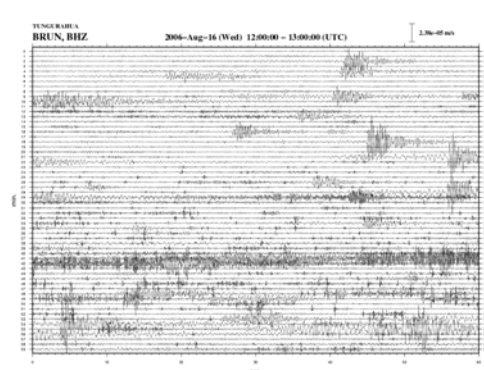


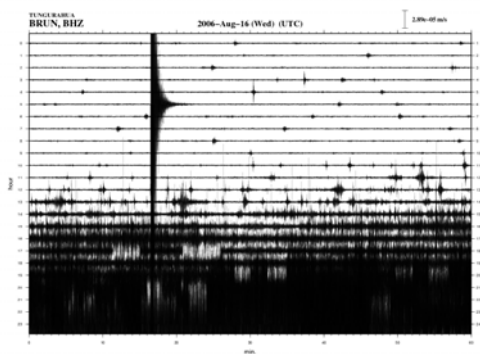
Figura 1a. Número de sismos mensuales registrados en el Volcán Tungurahua, desde Enero de 1998 hasta fines de Agosto de 2006.



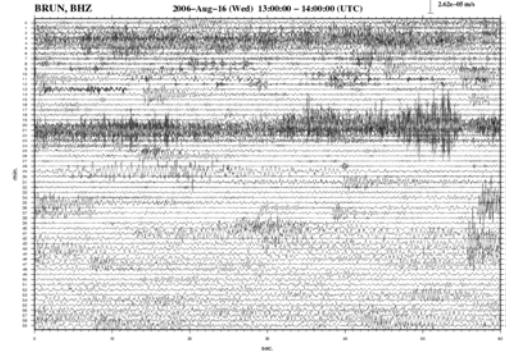
1b



1c



1d



1e

Figuras 1b, 1c, 1d y 1e. Registros sísmicos de la estación sísmica banda de ancha de BRUN (Runtún) durante el principio de la erupción del 16 de Agosto, 2006.

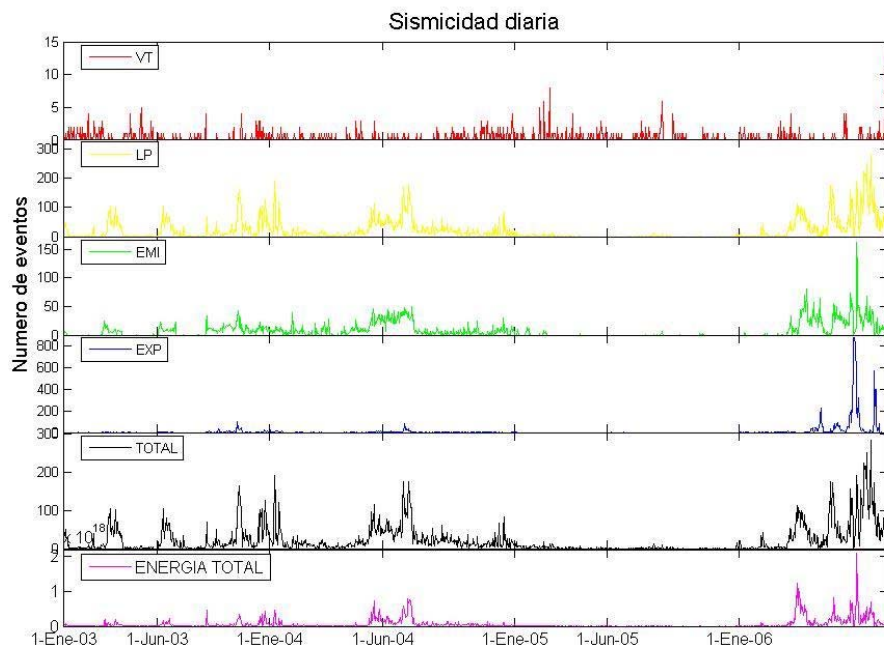


Figura 2a. Número diario de eventos volcano-tectónicos, largo período, emisiones, explosiones, total de sismos y energía diaria total determinada en el Volcán Tungurahua, desde Enero de 2003 hasta fines de Agosto de 2006.

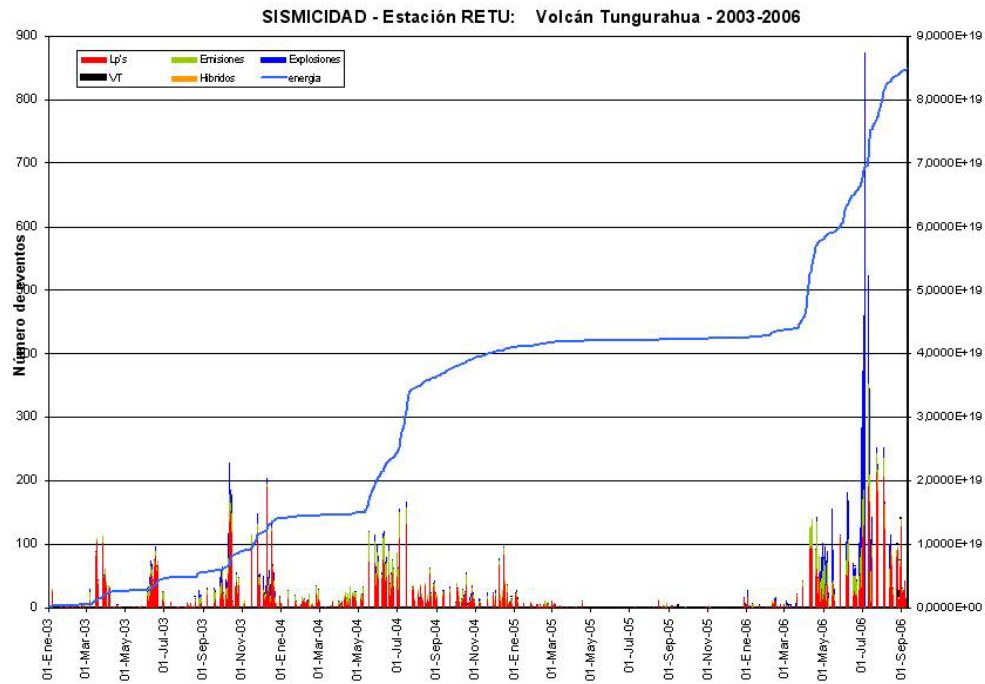


Figura 2b. Número diario de eventos volcano-tectónicos, largo periodo, emisiones, explosiones, total de sismos y energía diaria total determinada en el Volcán Tungurahua, desde Enero de 2003 hasta fines de Agosto de 2006.

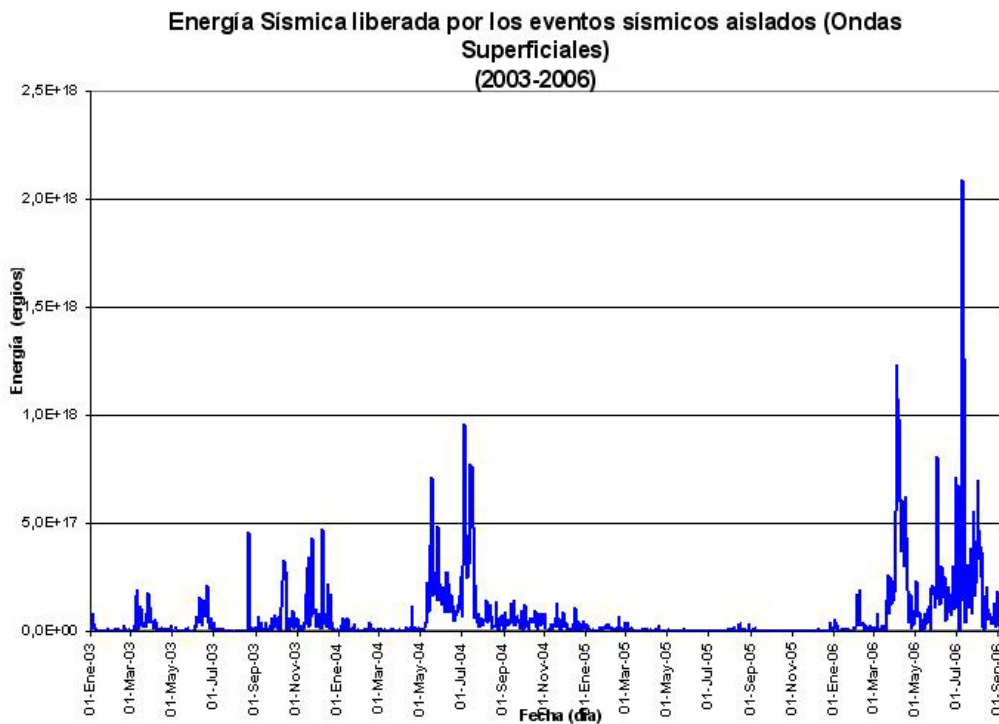


Figura 3. Energía sísmica liberada para los eventos del Volcán Tungurahua, desde Enero 2003 hasta fines Agosto de 2006.

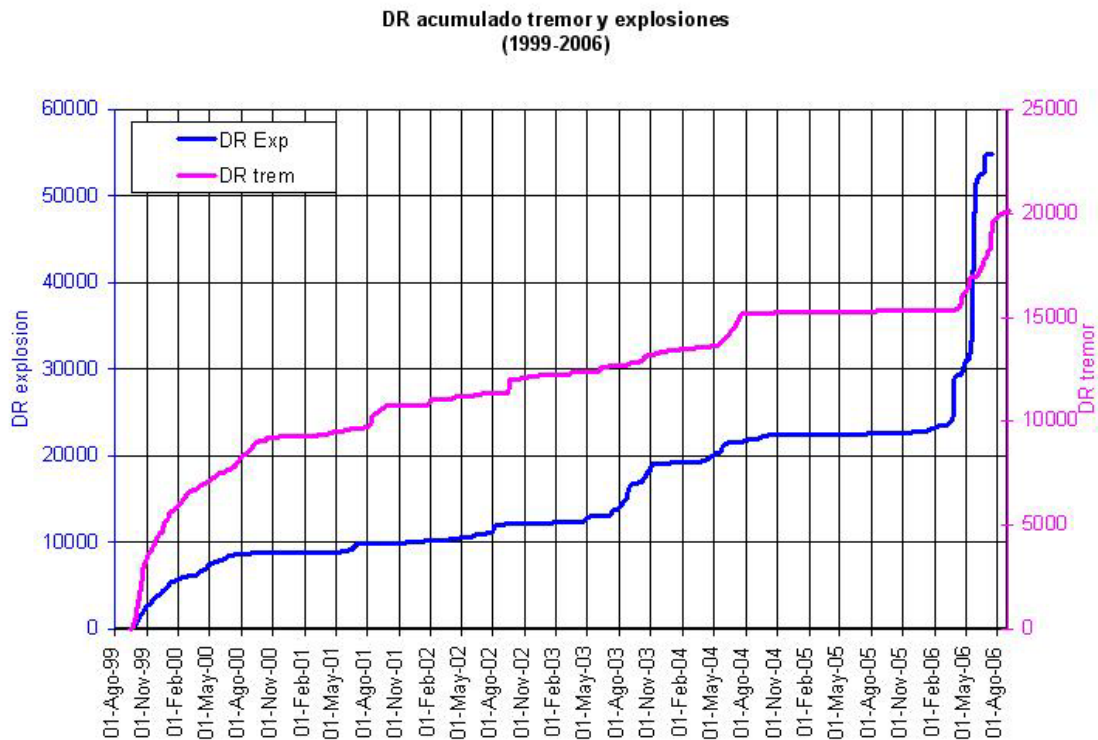


Figura 4. Energía total liberada (curva acumulada por el tremor volcánico y explosiones desde Enero de 2003 hasta fines de Agosto 2006). El tremor y/o las explosiones se encuentran relacionados con eventos de emisión de vapor, gases y ceniza. Los quiebres o “saltos” en la curva de energía se dan en los meses de Mayo y Julio de 2004 (correspondientes con periodos de alta actividad volcánica) y están seguidos por un periodo de muy baja liberación de energía entre Marzo de 2005 y Febrero de 2006. Se nota el incremento importante en Mayo, Julio y Agosto de 2006.

2.1 Localizaciones

Los sismos LP, eventos tremóricos y explosiones se localizaron entre 1 y 3.5 km de profundidad bajo el cráter (Fig. 5a). Los hipocentros mostraron una migración desde los 2.5 km de profundidad hasta la superficie días antes de la erupción del 16-17 de agosto (Fig. 5b).

Realizando un análisis de las formas de ondas en las estaciones de banda ancha BRUN y BMAS (Cooperación JICA) se identificó la existencia de 2 señales sísmicas de tipo VLP (Very Long Period) durante la fase paroxismal de la erupción del 16-17 de agosto. Los dos eventos se ubicaron a 0.7 km al SW del cráter y a 3 km de profundidad (Fig. 5c y 5d). La localización de los eventos es por cortesía del Dr. Hiroyuki Kumagai, NIED- Japón, investigador colaborador del IG-EPN.

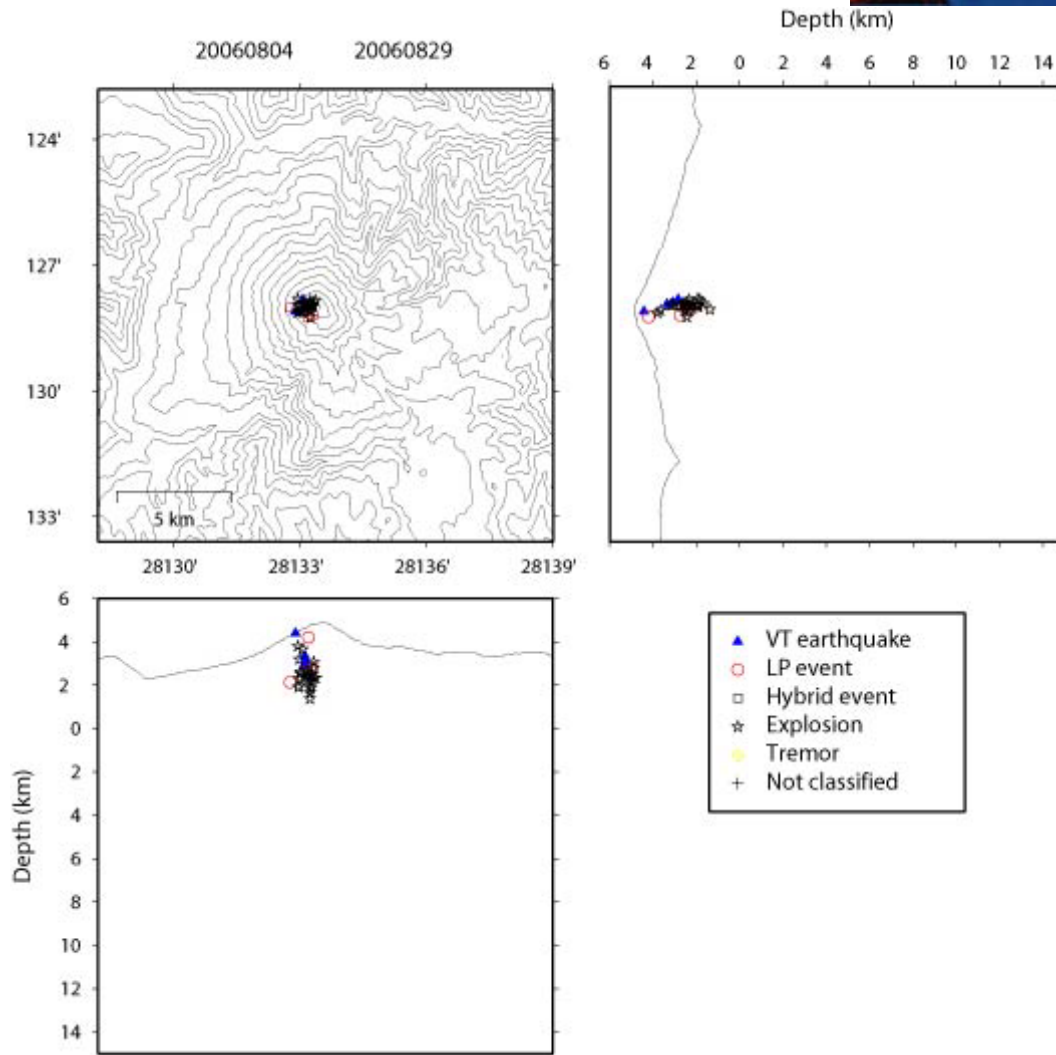


Figura 5a. Localizaciones de los eventos volcánicos durante el mes de Agosto, 2006.

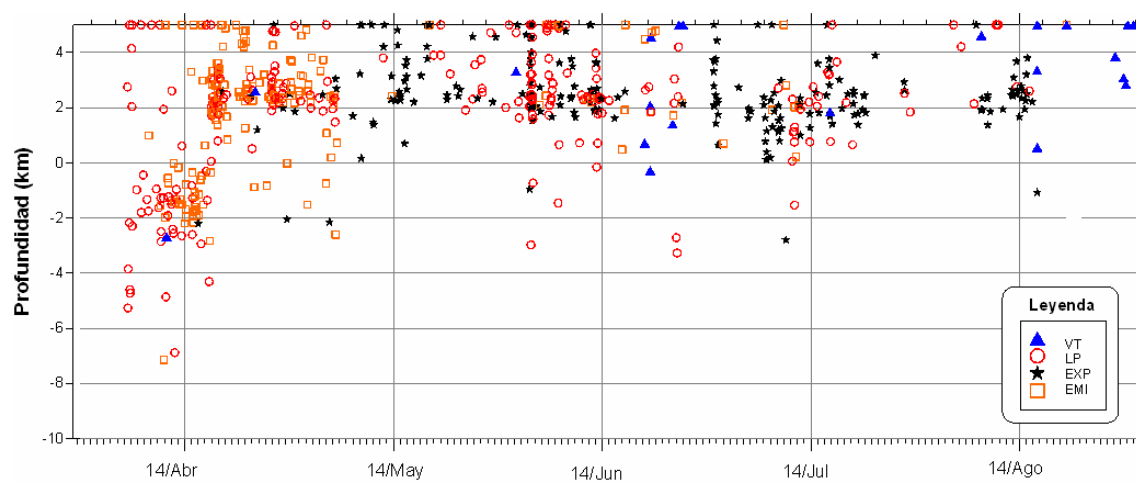


Figura 5b. Evolución temporal de la sismicidad entre Abril y Agosto del 2006.

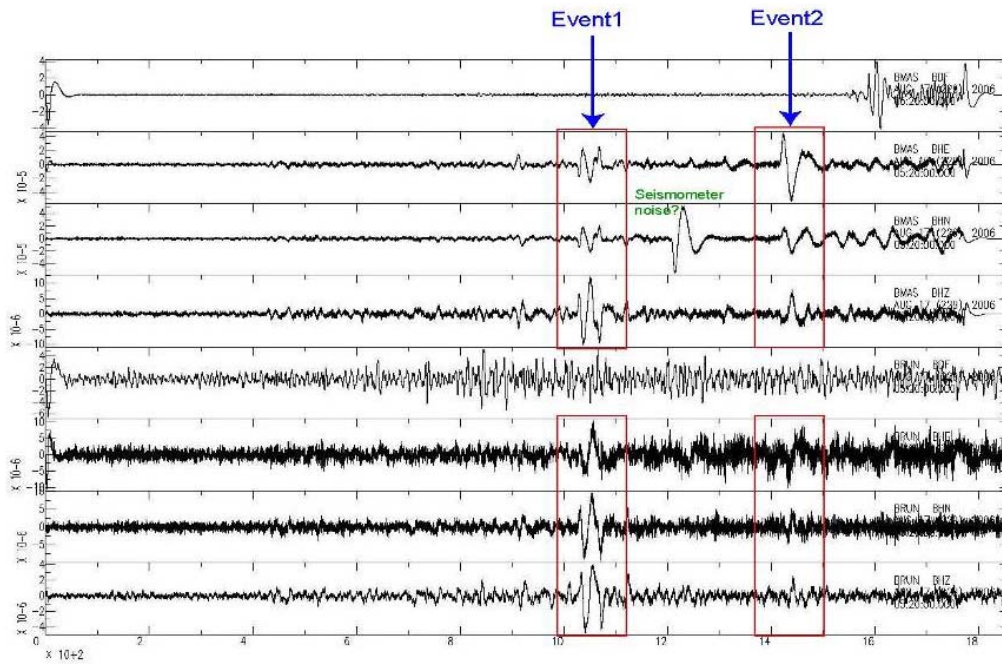


Figura 5c. Dos VLP eventos cuya frecuencia está entre 0.02 y 0.1 Hz, designados como eventos 1 and 2, los mismos que ocurrieron en intervalos de 7 minutos entre las 5:20 y 5:50 (GMT) del 17 de Agosto. Estos datos muestran además señales de fuerte tremor durante el pico de la erupción. Cortesía Dr. Hiroyuki Kumagai, NIED- Japón.

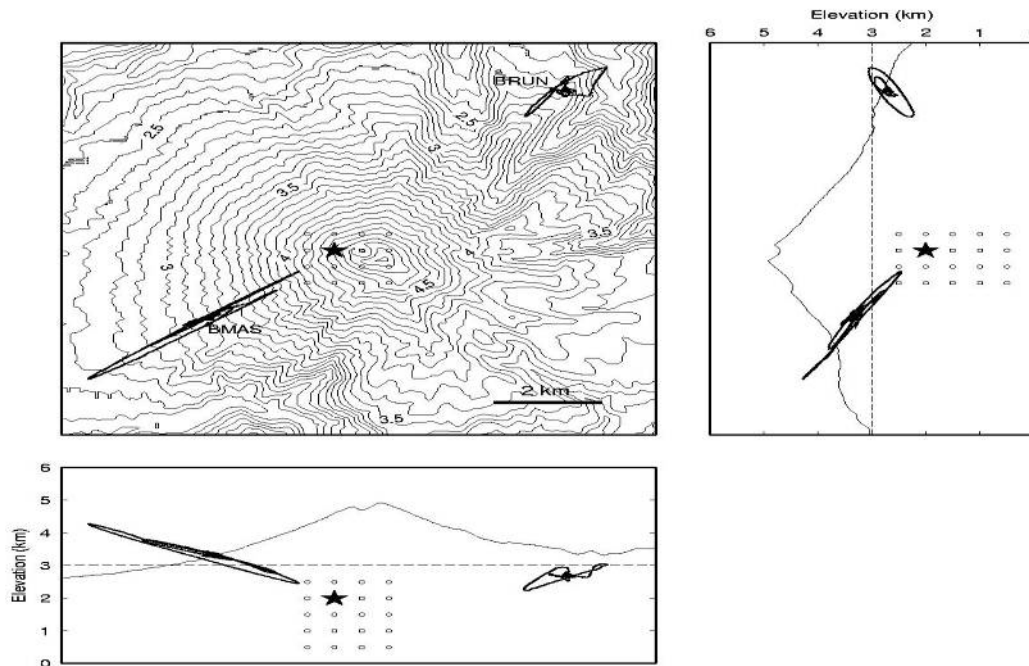


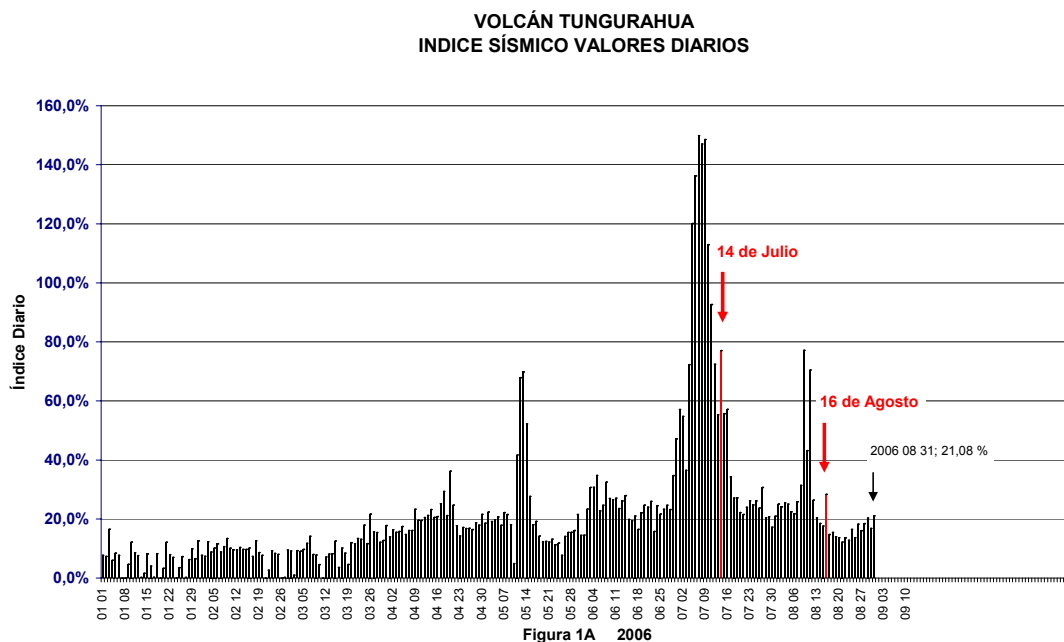
Figura 5d. La estrella marca la zona donde se ubican los eventos VLP a 0.7 km al SW del cráter activo y a 3 km de profundidad. Cortesía Dr. Hiroyuki Kumagai, NIED- Japón.



2.2 Índice sísmico

Es una medida adimensional que resume en un solo valor tanto la energía como el número de eventos de todas las señales sísmicas: explosiones, tremor, largo período, híbridos y volcano – tectónicos.

En la Fig. 6a se observa los valores diarios del índice. Se resalta las fechas de las erupciones del 14 de Julio y 16 de Agosto. Nótese el incremento de los valores en los días previos a las erupciones. La Fig. 6b representa la tasa de cambio de los valores diarios del índice, es decir la velocidad y corresponde a la variación promedio de los últimos siete días, obsérvese que alcanza también, valores altos en los días previos a las erupciones.



(a)

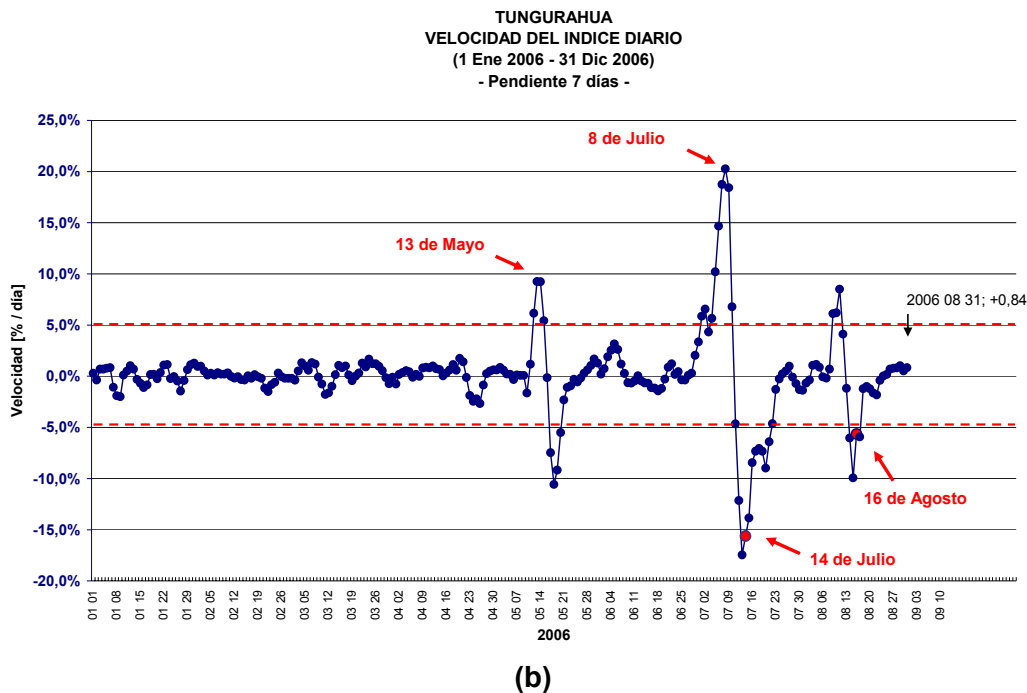


Figura 6a y 6b. Ploteo del índice sísmico. Se resaltan los valores para las erupciones del 14 de julio y 16-17 de agosto.

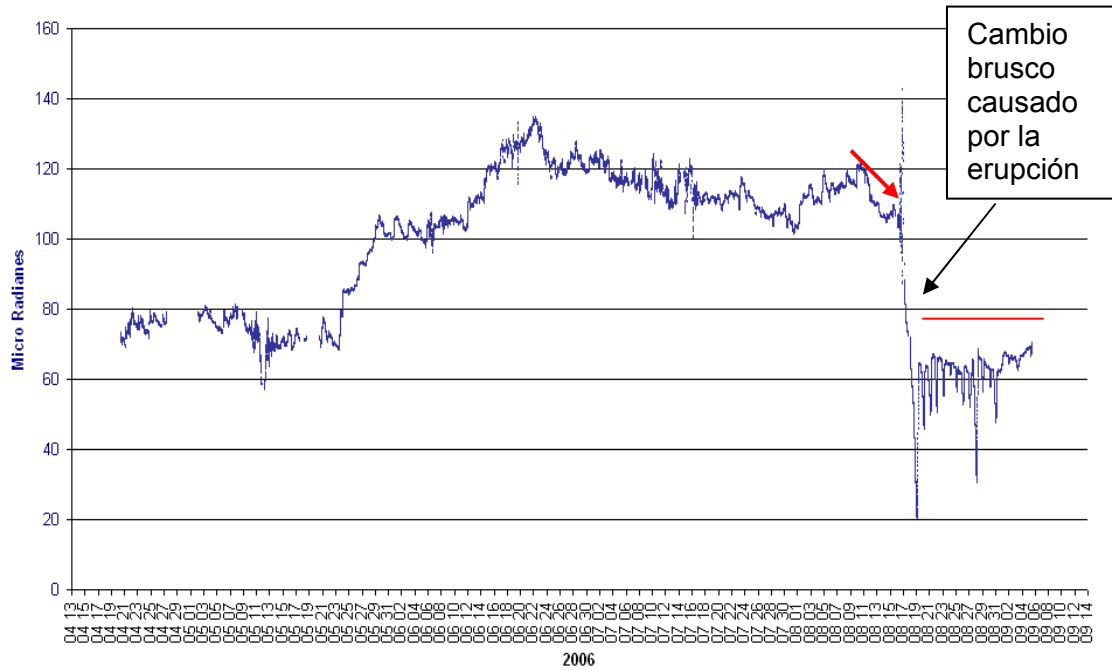
3. Deformación

Desde el principio del mes de Agosto se observa una ligera tendencia deflacionaria en los datos de Retu- radial, período correspondiente a la ocurrencia de un alto número de sismos LP, explosiones, emisiones y el inicio de tremor armónico (Fig. 7a y 7b). Súbitamente, el 11 de Agosto hay un reverso de la tendencia y cambia a inflación, registrándose alrededor de 20 microradianes (urad) en 6 días. Como se nota la pendiente de la línea es importante (Fig 7a y 7b). Con la erupción se observa una variación abrupta (un descenso de la superficie?) de 40 microradianes (radial). Posteriormente se nota que los valores se estabilizan en alrededor de 60 y 310 microradianes para los componentes radial y tangencial, respectivamente. Hasta fines del mes no se registra ninguna novedad dado que el volcán se encuentra bajo esfuerzos internos mínimos (Fig. 7a y 7b).

Los cambios de microradianes son indicativos en cierta manera de la cantidad de material magmático que podría salir. En el caso de la erupción 16 de Agosto, se nota que los cambios fueron de por lo menos 20 urad antes de la erupción y de 60 urads durante la erupción. Modelando estos valores, el volumen total de material magmático que sale por la erupción es de por lo menos $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ y probablemente mucho más (Figs. 7c, 7d y 7e).



RETU - EJE RADIAL



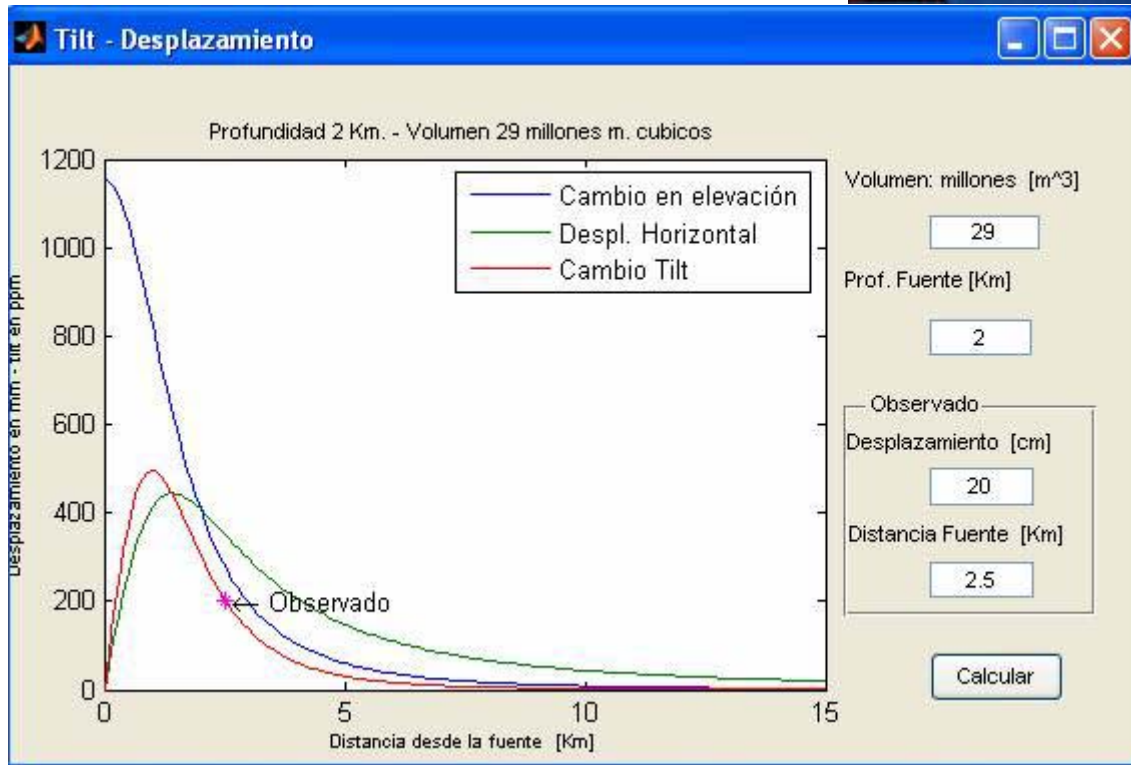
(a)

RETU - EJE TANGENCIAL

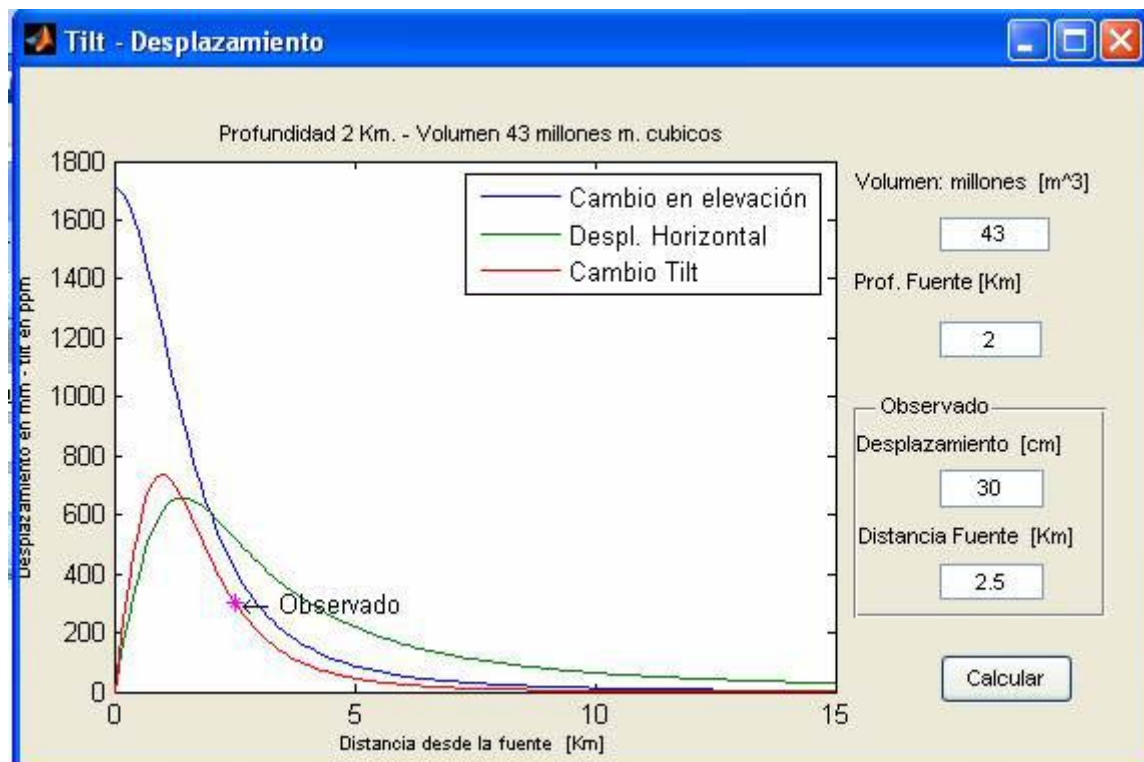


(b)

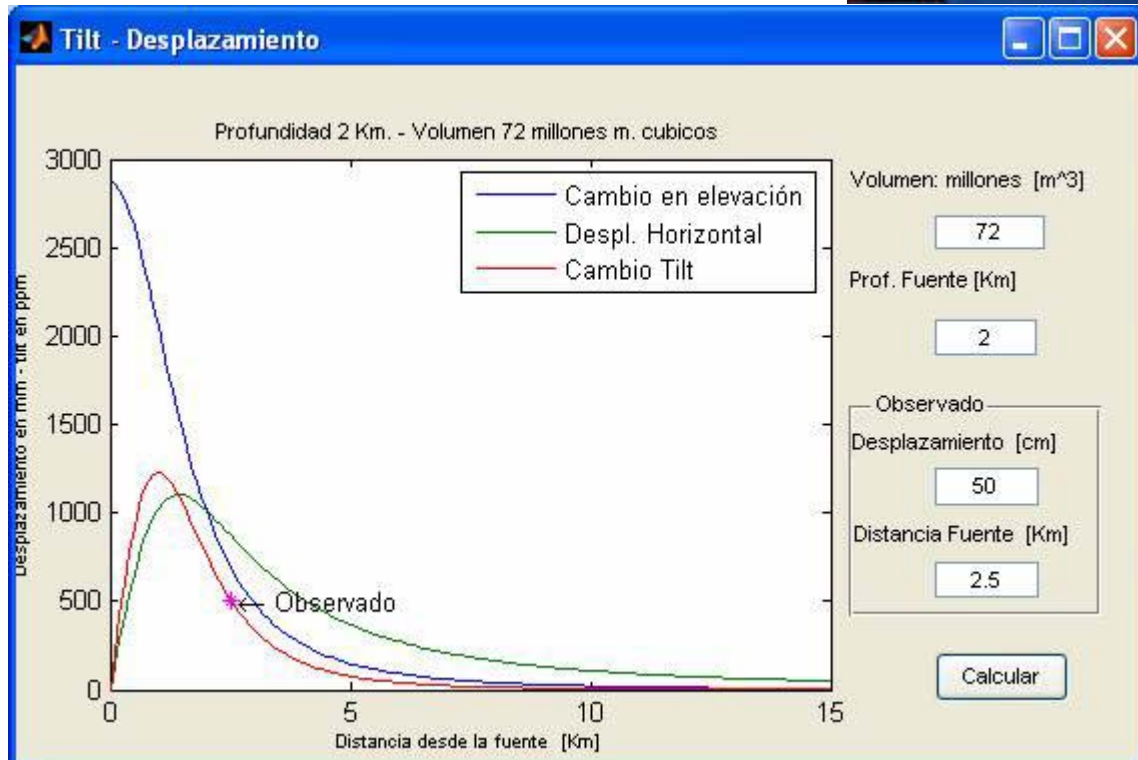
Figura 7a y 7b. Plots de los ejes radiales y tangenciales de la estación inclinómetro RETU hasta el 18 de Septiembre.



(c)



(d)

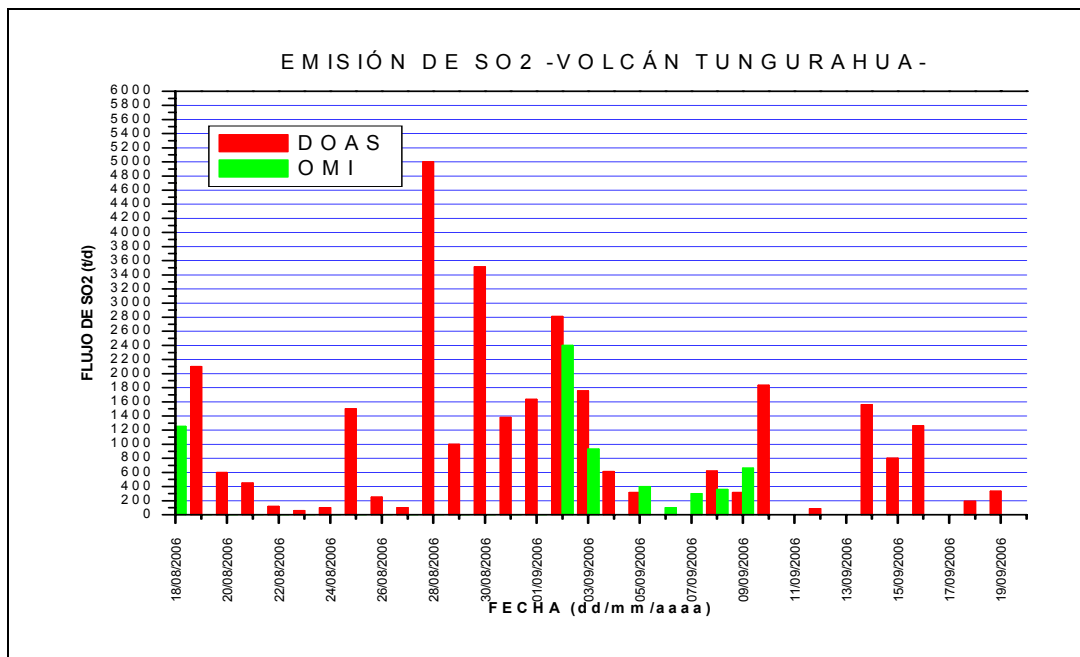
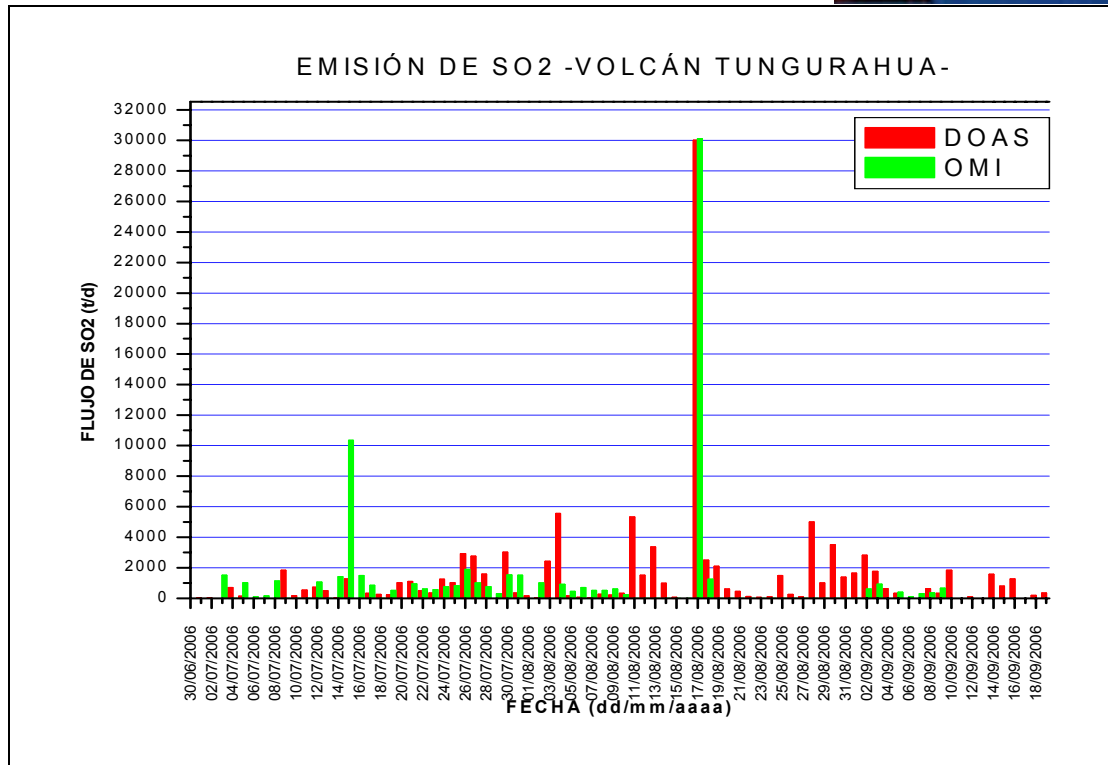


(e)

Figura 7c, 7d y 6e. Plots que muestran los cambios en microradianas como función de la profundidad de la fuente y distancia del instrumento desde el centro de la fuente. Se trata de volúmenes de magma de entre 30 a 72 millones de m^3 .

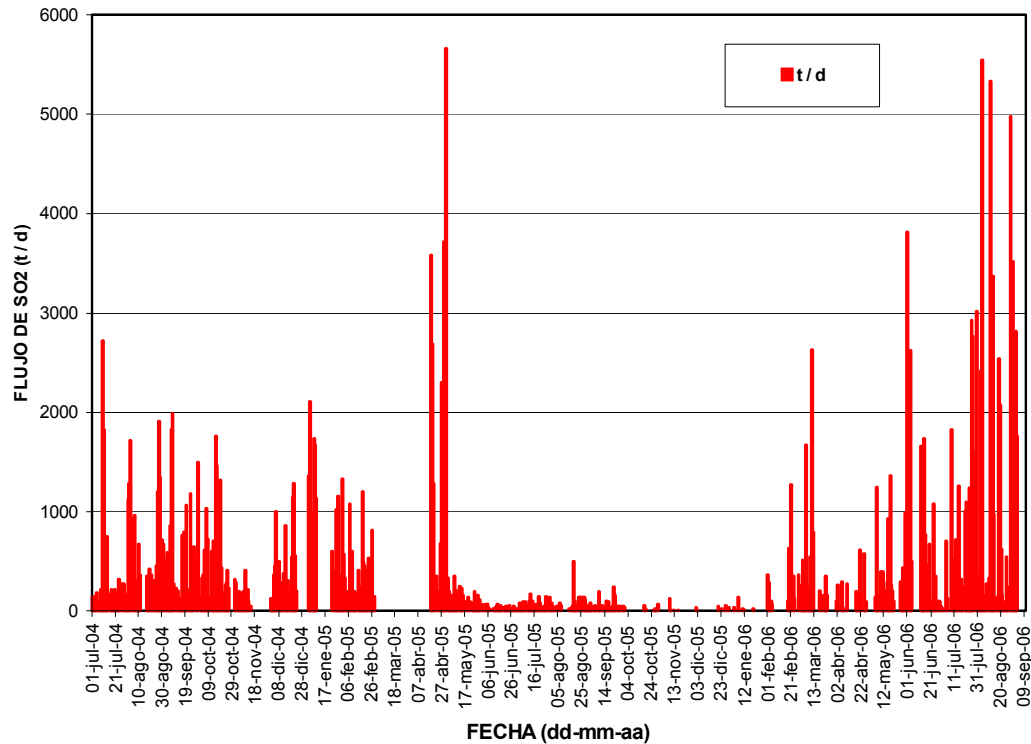
4. Geoquímica

Los caudales de SO_2 medidos mediante el método de DOAS y Mini-Doas resultaron en un promedio de 1305 Ton/día (Fig. 8a, 8b, 8c), de la misma manera el flujo SO_2 medido con OMI resultan en valores mínimos de 500 Ton/día (07 de Agosto) y un máximo de 30.000 Ton/día (17 de Agosto). Estos valores son coherentes con el incremento de la actividad volcánica, indicando que el sistema se encontraba abierto y permitía la salida de los gases magmáticos.





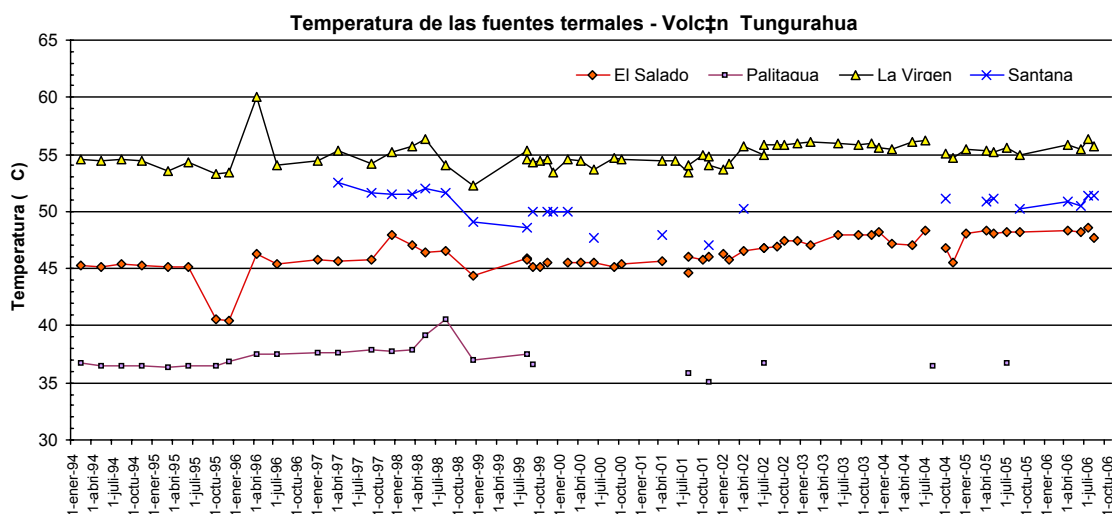
EMISIONES DE SO₂ (Método DOAS)
Julio 2004 - Agosto 2006



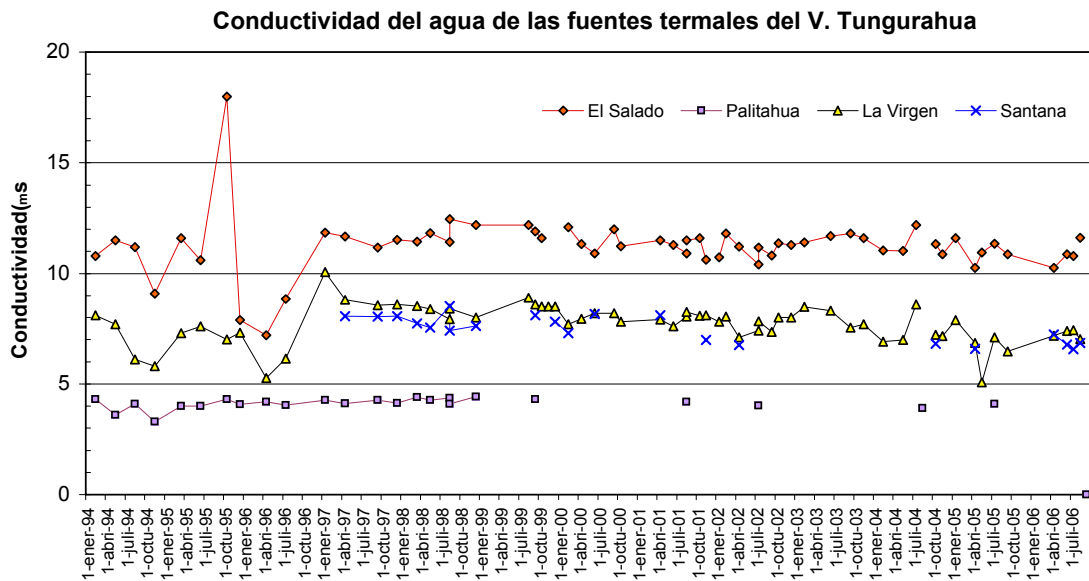
(c)

Figuras 8a, 8b, 8c. Datos del flujo de SO₂ obtenidos mediante el método DOAS.

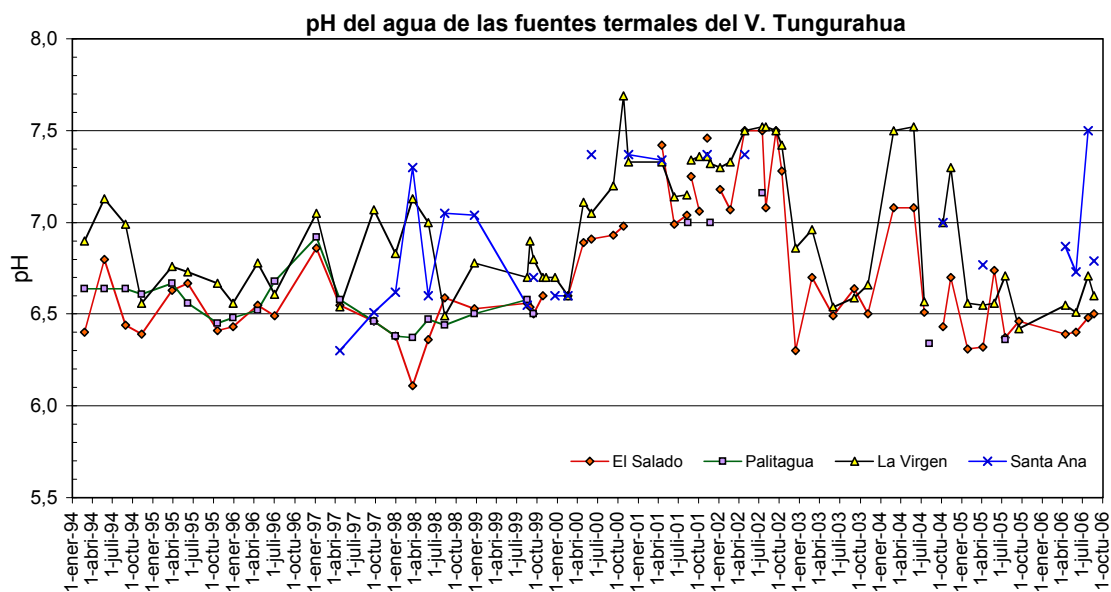
Las propiedades físico-químicas de las fuentes termales del Tungurahua muestran una ligera disminución en la temperatura y descenso en los valores de pH con respecto al mes anterior (post erupción del 14 de julio), mientras que los valores de conductividad se mantienen en valores similares a los reportados el mes anterior (Fig. 9a, 9b, 9c).



(a)



(b)



(c)

Figura 9a, 9b y 9c. Propiedades físico químicas de las fuentes termales V. Tungurahua.

5. Lahares

Lluvias ligeras produjeron el Martes 1 un pequeño flujo de lodo que descendió por la quebrada de El Viejo Minero – Los Pájaros, la vía Baños – Penipe fue cerrada en el sector de los Pájaros por varias horas. El día Jueves 3, se produjeron lluvias prolongadas que originaron flujos de lodo que descendieron en el sector occidental del volcán, los más importantes bloquearon la vía Baños – Penipe en las quebradas Romero y Achupashal.

Finalmente, tras una fuerte y prolongada lluvia de carácter regional se produjeron pequeños flujos de lodo que descendieron por las quebradas Ulba, Vascún y en la mayor parte de las quebradas del flanco W, p.e. La Hacienda.



Adicionalmente, el río Chambo incrementó su caudal significativamente, erosionando los depósitos de PF's y arrastrando gran cantidad de sedimentos hacia la represa de Hidroagoyán.

6. Observaciones visuales y auditivas

La mayor parte del mes el clima en la zona del volcán Tungurahua estuvo nublado y lluvioso, a excepción de unas pocas horas entre el sábado 12 y miércoles 16 y unos pocos días en la última de semana del mes.

Durante este período, el material emitido estuvo formado por vapor de agua, gases y poca ceniza. Al inicio de la tercera semana del mes la actividad superficial registró un menor número de explosiones y emisiones, reduciéndose drásticamente a partir del día viernes 11, en este período de tiempo, las explosiones no produjeron columnas de emisión, por otro lado se observaron varias señales de tipo LP (movimiento de fluidos) que generaron columnas bastante cargadas de ceniza. La altura de las columnas fue disminuyendo de entre 500 – 1500 → 3000 m snc durante la primera semana del mes a 100 – 500 → 2500 m snc durante la segunda semana. La pluma se dirigió la mayor parte del tiempo hacia el W, ha excepción de los días sábado 12 y domingo 13 cuando la pluma presentó dos ramales uno al W y otro al N.

Adicionalmente, durante la segunda semana del mes se observaron varias avalanchas de rocas en el tercio superior del cono, el material suelto dejado por la erupción del 14 de julio rodó pendiente abajo por los flancos del cono lo que produjo pequeñas nubes de polvo.

Durante las noches y cuando el clima lo permitió se observó brillo y débiles fuentes de lava. Con la ocurrencia de emisiones y/o explosiones se observaron bloques incandescentes rodando por los flancos superiores del cono o caer al interior del cráter.

Durante los primeros 15 días del mes, se presentaron explosiones y emisiones de baja intensidad, las que estuvieron acompañadas por cañonazos y bramidos de tipo “turbina” de variada intensidad y duración, siendo más fuertes entre los días 12 y 13 de agosto, estos incluso fueron escuchados en la ciudad de Ambato. En un radio de ~ 15 km hubo reportes de vibración de ventanales (Tabla 2), en esta ocasión y respecto a la erupción del 14 de julio pasado los cañonazos y bramidos que antecedieron a la erupción paroxismal fueron de menor intensidad y número.

Población	11	12	13	16	17
Puela					
El Manzano					Evacuado
Choglontus					Evacuado
Yuibug					Evacuado
Chontapamba					Evacuado
Pillate					
Bilbao					Evacuado
Chacauco					Evacuado
Cotaló					
San Juan					
Cusúa					Evacuado
Juive Grande					Evacuado
OVT					
Pondoa					
Baños					
Runtún					

Tabla 2. Los cuadros de tono gris claro representan la vibración de ventanales registrada en los diferentes poblados ubicados en los alrededores del volcán. Los cuadros en tono gris oscuro representan lugares donde hubo vibración del suelo. Para el caso de esta erupción los reportes de los vigías fueron bastante escasos debido a que la gran mayoría de ellos ya se encontraban fuera de la zona.

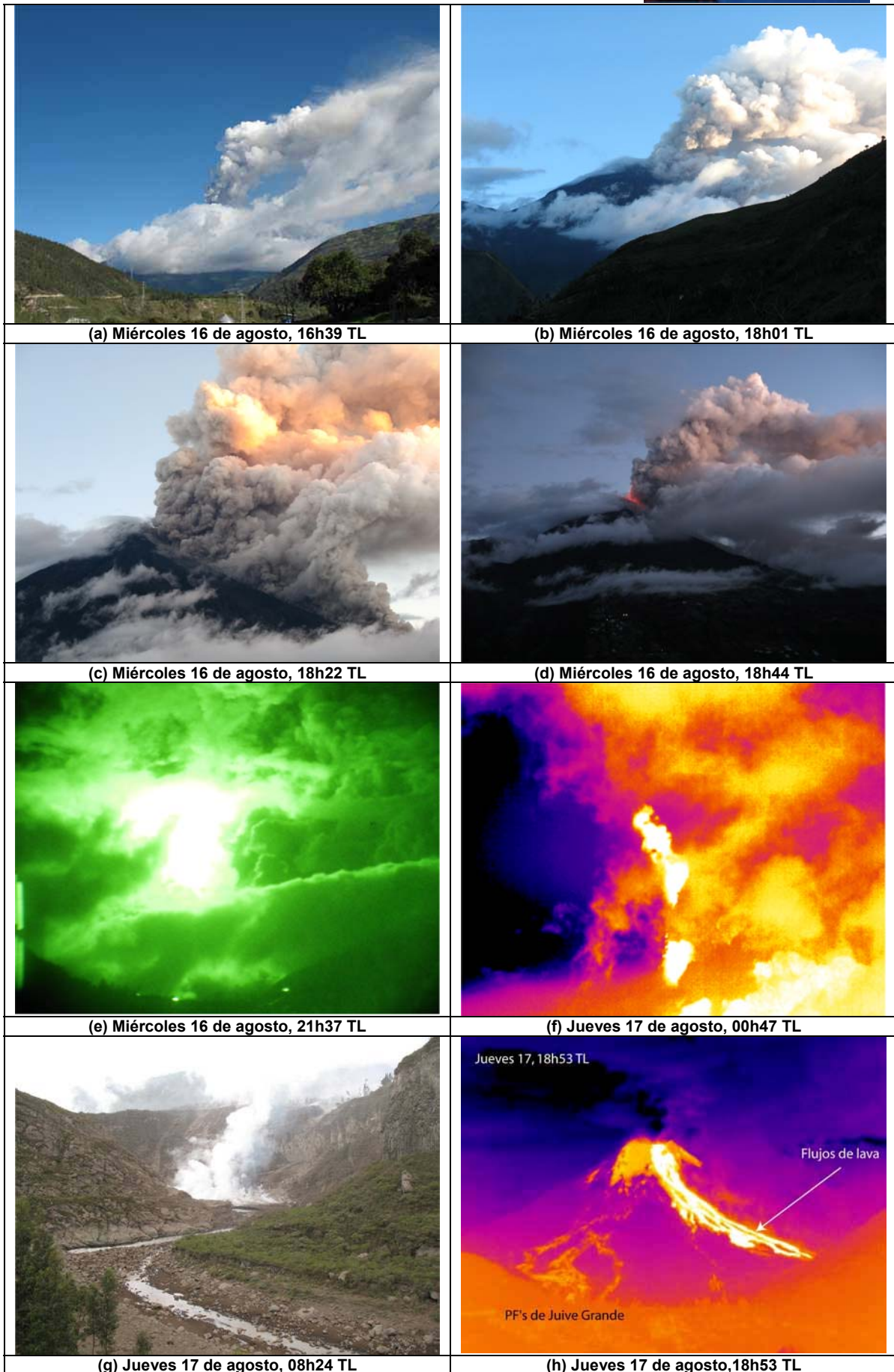




Figura 10. Secuencia fotográfica que muestra la evolución del ciclo eruptivo del 16 – 17 de agosto pasado. Fotografías a – d tomadas por Cristina Ramos; e – h por Santiago Arellano.

A las 00h16 TL del día miércoles 16, ocurrió un sismo regional ubicado cerca de Palora y que fue sentido en Pillate, Baños, Runtún y Choglontus. Este evento sísmico influyó en el proceso eruptivo pero no fue el único mecanismo que disparó la erupción.

A lo largo de toda la mañana del día miércoles 16, se registró un constante incremento de la actividad volcánica. Fuertes y continuos bramidos acompañaron a una energética, continua y sostenida emisión de vapor, gases y poca ceniza que formó una columna de 2000 - 3000 m de altura entre las 14h30 y 16h30 TL, la pluma mantenía una dirección NW (Fig 10a). Las fumarolas del flanco N se presentaron muy activas todo el día.

A partir de las 16h50 TL se presenta un nivel de actividad similar al presentado durante el inicio de la erupción del 14 de julio pasado (Fig. 10b), en estos momentos el volcán entra en un nuevo proceso explosivo presentándose los primeros flujos piroclásticos (PF's), los que descendieron mayormente hacia el sector de Cusúa y en una sola ocasión por la quebrada de Chontapamba (Tabla 4, Fig. 10c).

Entre las 18h00 y 19h00 la columna eruptiva presenta una altura de 3000 - 4000 m snc, para luego declinar y formar una ancha pluma hacia el W, la fuente de lava en este momento tenía una altura de 100 – 200 m snc (Tabla 3, Fig. 10d). Complementariamente, los bramidos que acompañaban a la salida de material se hacían cada vez más fuertes y continuos. Los FP's generados en esta hora de actividad descendieron por el flanco NW (Tabla 4).

Entre las 19h00 y 21h45 el volcán experimentó una serie de explosiones y fuentes de lava (Fig. 10e) que arrojaron bloques incandescentes hasta una altura de 800 m snc. La columna eruptiva alcanzaba en estos momentos una altura de ~ 7000 m snc, formando una pluma que se dirigía hacia el W. Durante este periodo se generaron varios flujos piroclásticos de variado tamaño, los que descendieron por las quebradas de Cusúa, Juive Grande y Vascún, en ningún caso los PF's llegaron a represar los ríos Chambo o Pastaza.

Tanto la emanación de bloques incandescentes, columna eruptiva, cañonazos y bramidos fueron claramente percibidos en las ciudades de Ambato y Riobamba.

Día	Hora (TL)	Altura de la fuente de lava (m snc)
16	18h40	50 - 100
	18h44	100 - 200
	19h00	500
	19h40	800
	22h00	800
	23h52	1500
17	00h00	6000
	00h30	6000

Tabla 3 Cronología de la altura de la fuente de lava durante la pasada erupción del 16–17 de Agosto.



A partir de las 21h32 TL (miércoles 16) se registran las primeras caídas de ceniza, en un nivel similar al observado durante la fase paroxismal de la erupción del 14 de julio pasado.

Posteriormente y tras la ocurrencia de una fuerte explosión (21h47 TL) se produce un nuevo pulso de actividad el que supera considerablemente a lo observado en las pasadas horas, a partir de este momento se inicia un nuevo episodio explosivo con generación de grandes flujos piroclásticos, caída de escoria y fuertes bramidos. A pesar de que la fuente de lava no incrementa su altura, si se observa un mayor volumen de lava emitido. Tal volumen de lava expulsado produce la formación de un FP que desciende hacia el sector de Cusúa – Bilbao, este flujo llega al río Chambo y lo represa. Este episodio explosivo dura varios minutos, durante los cuales se producen otros PF's de diverso tamaño, uno de los cuales desciende por Juive Grande (Tabla 4).

A las 22h15 (miércoles 16) se escuchan tres fuertes cañonazos, los estruendos relacionados a la salida abrupta de material marcan el inicio de un nuevo ciclo explosivo generador de nuevos PF's, de los cuales se destaca el PF de Vascún, el que descendió rápidamente valle abajo hasta detenerse a unos 800 m aguas arriba de las piscinas de El Salado, la nube ardiente (co-ignimbrita) que acompañó a flujo cubrió todo el fondo del valle y el sector de Pondoá. Posiblemente se presume que paralelamente descendió un pequeño PF por la cuenca alta del río Ulba, específicamente por su afluente Pucayacu (Tabla 4).

Entre las 23h00 y 24h00 la fuente de lava se estabiliza alcanzando una altura de 1500 m snc (Tabla 3), lo que trasciende en la generación de nuevos PF's de tamaño diverso por Juive Grande y Vascún, uno de ellos y el de mayor importancia fue registrado su paso a las 23h18 por el AFM de Juive (Tabla 4).

Tras una pausa que duro pocos minutos, el volcán nuevamente a las 00h02 del día jueves 17 produce un nuevo estruendo y expulsión de una importante cantidad de lava, la fase paroxismal de la erupción había llegado, la expulsión violenta del magma formó una fuente de lava que alcanzó los ~ 6000 m snc (Tabla 3), así el volcán anunció el inicio un nuevo ciclo de FP's, los mismos que descendieron a lo largo de los siguientes 30 minutos y como era de esperarse estos fueron los más grandes registrados hasta el momento. La caída de escoria era cada vez más intensa, los reportes desde Pillate y San Juan indicaban que la escoria (cascajo) que llovía estaba caliente (Tabla 5).

Entre las 00h02 y 01h00 descendieron varios PF's por la mayor parte de las quebradas de los flancos N, NW, W y SW del volcán, los PF's que fueron detectados por la instrumentación (estaciones sísmicas, AFM's, cámara térmica, visor nocturno, etc) o a través de reportes de los vigías. Hay que recalcar que durante la etapa paroxismal de generación de PF's, la instrumentación que disponía el IG-EPN emplazada en los flancos del volcán fue destruida en forma total en un 40%, las que incluyen 1 pluviómetro, 1 AFM, 3 estaciones sísmicas de banda ancha y una 1 estación sísmica de periodo corto. Un 6% de la red sufrió daños graves y el 54% de la red necesitaba la urgente limpieza de sus paneles solares. Por otro lado, las estaciones ubicadas en los alrededores del volcán, como es el caso de la cámara de video, DOAS, estación meteorológica, infrasonido y repetidoras necesitaron limpieza de paneles solares y mantenimiento preventivo para evitar fallos posteriores.

FECHA	Hora (UTC)	FECHA	HORA (TL)	TAMAÑO	SECTOR	OBSERVACIONES
16	21h51	16	16h51	Pequeño	Cusúa	Nublado.
	22h10		17h10	Pequeño	Cusúa	
	22h36		17h36	Pequeño	Cusúa	



	22h38		17h38	Mediano	Cusúa	2 ^{do} pulso
	22h50		17h50	Pequeño	Chontapamba	
	23h06		18h06	Pequeño	Mandur	
	23h12		18h12	Mediano	Cusúa	
	23h18		18h18	Mediano	Cusúa	2 ^{do} pulso
	23h48		18h48	Mediano	Cusúa	
17	00h09		19h09	Pequeño	Cusúa	
	00h49		19h49	Pequeño	Juive Grande	Nublado. N/C
	00h54		19h54	Pequeño	Vascún	Nublado. N/C
	01h58		20h58	Pequeño	Juive Grande	
	02h14		21h14	Mediano	Cusúa	
	02h18		21h18	Pequeño	Juive Grande	Nublado. N/C
	02h32		21h32	Pequeño	Cusúa	
	02h45		21h45	Mediano	Cusúa	
	02h47		21h47	Grande	Cusúa	Represamiento del río Chambo
	02h49		21h49	Mediano	Juive Grande	El paso del PF es registrado en el AFM - Juive
	02h58		21h58	Mediano	Cusúa	
	03h15		22h15	Mediano	Vascún	Se detiene a 800 m aguas arriba de las piscinas de El Salado
	03h15 ?		22h15 ?	Pequeño	Alto Ulba Pucayacu	Se observa derrame de material lávico hacia el flanco NNW.
	03h25		22h25	Pequeño	Juive Grande	
	04h18		23h18	Mediano	Juive Grande	El paso del PF es registrado en el AFM - Juive
	04h21		23h21	Pequeño	Vascún	
	04h51		23h51	Pequeño	Juive Grande	
	04h59		23h59	Pequeño	Vascún	
	05h07	17	00h07	Mediano	Juive Grande	El paso del PF es registrado en el AFM - Juive
	05h12		00h12	Grande	Cusúa	Se pierde CUSUA - sísmica
	05h15		00h15	Grande	Palitagua	Represamiento del río Puela
	05h18		00h18	Pequeño	Vascún	
	05h20		00h20	Grande	Juive Grande	00h24 TL Se pierde la estación de Juive BB y AFM. Se va la electricidad en Baños. Se registra el PF en el AFM de Vascún. 00h32 PF llega al río Pastaza y lo represa.
	05h49		00h49	Mediano	Confesionario	Se pierde MAZON BB

Nota: Entre las 05h00 y 06h00 TU del día jueves 17 es muy probable que hayan descendido varios flujos piroclásticos por las quebradas Pirámide, Ingapirca, Confesionario, Romero*, Rea* y Chontapamba* sectores que fueron evacuados anticipadamente por lo que no hay reportes de los vigías. Debido a que la actividad fue mucho más intensa entre estas horas y dado que las estaciones ubicadas en el flanco NW y SW del cono se perdieron, se presume que los FP's descendieron en este momento. Las horas corresponden a los instantes cuando un FP fue identificado. N/C: no confirmado Fuente informe 339 – OVT. Tamaño: en función de su alcance, Pequeño: < ½ cono; Mediano: ½ - Base del cono; Grande: base del cono con represamiento del río.

Tabla 4. Sumario de los diferentes flujos piroclásticos que descendieron por los flancos N, NW, W y SW del volcán Tungurahua durante los días 16 y 17 de julio. Se han remarcado en tonos de gris los flujos de mayor tamaño.

Con el descenso del PF de Palitagua, se produjo la destrucción de 15 casas, el represamiento del río Puela y el lamentable deceso de 5 personas. El flujo piroclástico



de Juive Grande arrasó una de las mejores estaciones, ya que con esta se monitoreaba la generación y tránsito de lahares hacia el sector de Juive Grande (La Pampa y Los Pájaros). El PF llegó al río Chambo tras haber recorrido y arrasado las diversas casas del sector en un tiempo aproximado de 12 minutos, lo cual refleja la rapidez que caracteriza a los PF's. Paralelamente, en estos momentos descendió un PF por la quebrada Confesionario, destruyendo la estación de Banda Ancha de Mazón.

Posteriormente, los vigías del flanco SW, en las primeras horas de la mañana confirmaron la presencia de varios depósitos de PF's emplazados en las quebradas Pirámide, Ingapirca, Romero, Rea y Chontapamba, los tres últimos PF's llegaron a represar al río Chambo. Todos estos depósitos de PF debieron posiblemente ser emplazados durante el mismo período de tiempo en que descendieron los grande PF's de Juive Grande, Cusúa, Palitahua y Mazón.

Ubicación	Población	1	2	3	5	8	10	11	12	14	16	17
SSW	Capil											
SSW	Palitagua											
SW	Riobamba											
SW	Penipe											
SW	Puela											
SW	Illapo											
SW	El Manzano											
WSW	Choglontus											
WSW	Chimbo											
WSW	Guaranda											
W	S Fé de Galán											
W	Yuibug											
W	Chontapamba											
W	Pillate											C
W	Igualata											
WNW	Mocha											
WNW	Bilbao											
WNW	Chacauco											
WNW	Ipolonguito											
WNW	Mulmul											
WNW	Cascajal											
WNW	Quero											
WNW	Tisaleo											
WNW	Cotaló											
WNW	San Juan											C
NW	Cevallos											
NW	La Maná											
NW	Cusúa											
NW	Pingüe											
NNW	OVT											
NNW	Juive											
NNW	Pelileo											
NNW	Ambato											
NNW	Salcedo											
NNW	Patate											
N	Pondoa											
N	Baños											
NNE	Runtún											
NE	Ulba											

Tabla 5. Reportes recibidos de caída de ceniza. El tono gris claro representa ligera caída de ceniza; el gris medio moderado a fuerte caída de ceniza; gris oscuro: fuerte caída de ceniza y/o escoria. Fuente informes semanales OVT y observaciones de campo (LT, DJ y SA com. per.)

A las 1h15 se observó en el satélite de la NOAA una nube de unos 100 km de ancho (umbrella) sobre el Tungurahua, la que aumentaba de tamaño con el pasar de los minutos, una hora después la nube ya tenía un ancho de unos 120 km, a partir de



esos momentos se registra caída de escoria (cascajo) en la mayor parte de los poblados asentados en los alrededores del volcán.

La información presentada en la Tabla 5 da una idea general de las zonas que han sido afectadas por la caída de piroclastos, adicionalmente muestra que antes del evento eruptivo mayor suscitado los días 16 y 17 de agosto no hubo mayores reportes de caída de ceniza.

En los poblados ubicados en un radio < 8 km del cráter tanto al Norte como al Sur del cráter, se produjo el impacto de fragmentos balísticos, p.e. Runtún, Pondoá, Capil, Palitagua, mientras que a una distancia de 13 km desde el cráter en dirección W se produjo también la caída de fragmentos balísticos, p.e. Cusúa, Bilbao, Yuibug, Pillate, Cotalo, El Mirador, Sabañag, El Tablón, El Santuario, entre otras. La caída de fragmentos balísticos ocasionó que los techos sean perforados, en especial los contruidos con planchas de zinc. Por otro lado, el peso de la ceniza y escoria depositada también ocasionó el colapso total o parcial de los techos.

En las zonas proximales al volcán, la caída de escoria finalizó cerca de las 03h00, mientras que la caída de ceniza continuó hasta las 05h00 (jueves 17). En zonas más distales (p.e. Ambato) la caída de ceniza se extendió hasta las 10h00.

En las primeras horas de la mañana del día 17, no se pudieron realizar observaciones del cono debido a la extensa cobertura de nubes, sin embargo se observaron emisiones poco energéticas de vapor acompañada con poca ceniza, las que alcanzaron una altura de 500 – 800 m snc y en pocas ocasiones se presentaron hongos más energéticos que alcanzaron una altura máxima de 5000 m snc. La dirección de los vientos fue constante hacia el W. Las fumarolas del flanco N se encontraban muy activas.

24 horas más tarde, el río Pastaza recupera su caudal perdido y se confirman que todos los embalses fueron abiertos.

En la tarde del día jueves 17, se reciben los primeros reportes por parte de los vigías del flanco W y NW sobre una serie de continuos bloques incandescentes que ruedan por el flanco NW del volcán y que provienen del cráter, tal descripción corresponde a la emisión y descenso de un flujo de lava. El día martes 22, ya con buenas condiciones climáticas los flujos de lava fueron confirmados. 4 frentes de lava fueron identificados, el flujo de lava más extenso descendió por la quebrada Achupashal y se detuvo a una cota de 2700 m snm, los otros tres frentes de lava se detuvieron a una altura de 2900 – 3000 m snm, varios cientos de metros arriba del poblado de Cusúa.

La actividad durante la siguiente quincena del mes estuvo caracterizada por emisiones de vapor de agua y sin nada de ceniza, la altura de la columna oscilo entre los 300 y 1000 m snc y en raras ocasiones alcanzó los 2000 m. En un sobre-vuelo realizado el día viernes 25, se detectó la presencia de un nuevo campo fumarólico ubicado en el borde NNE del cráter, las fumarolas que lo forman presentan caudales de vapor de agua apreciables. Los días 28 y 30 se produjeron nevadas en la parte superior del cono, la nieve que cayó sobre los depósitos dejados tras la erupción del 16 se fundió rápidamente. No se escucharon bramidos ni explosiones. Cuando el clima lo permitió, se observaron emisiones poco energéticas de un vapor azulado, reflejando una pasiva degasificación de las lavas emplazadas al interior del cráter (tapón).



7. Nubes de Ceniza

Las nubes de ceniza generadas por las explosiones y emisiones alcanzaron alturas máximas entre 18.000 pies y 50.000 pies. Estas nubes fueron llevadas por los vientos principalmente hacia el W, NW, y E-SE (Fig. 11), generando caídas de ceniza con mayor frecuencia al W y SW del volcán. Se destacan las nubes de ceniza generadas en la erupción del 16-17 de Agosto de 2006, ya que fueron las que mayor altura y distribución han alcanzado en este mes (Figs. 11, 12 y 13).

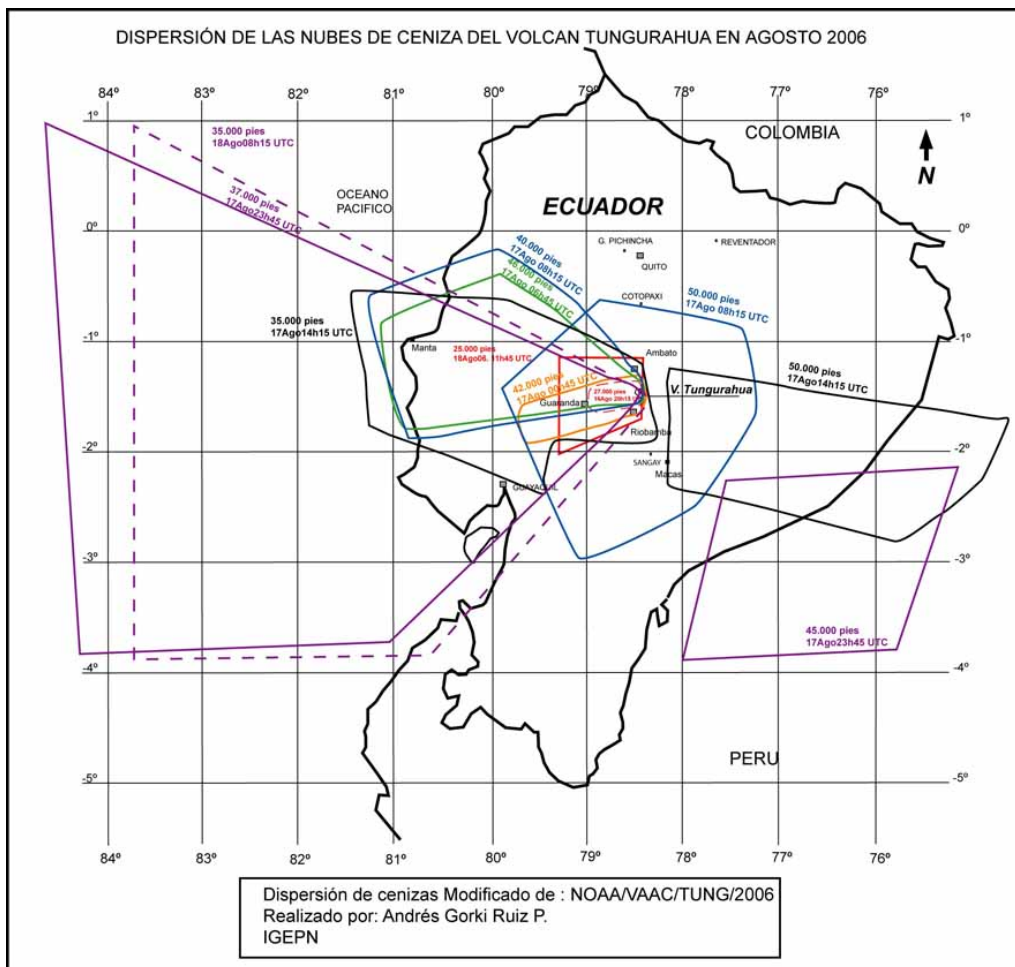


Figura 11. Dispersión de las nubes de ceniza en Agosto de 2006.

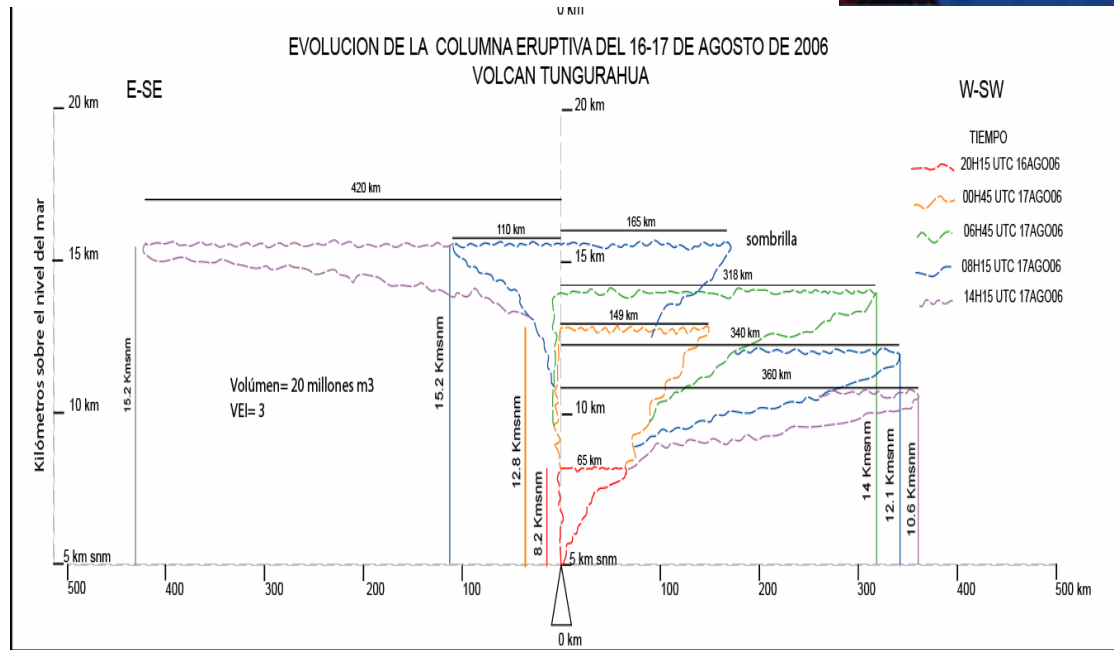


Figura 12. Evolución espacio - temporal de la columna de erupción del 16-17 de Agosto de 2006.

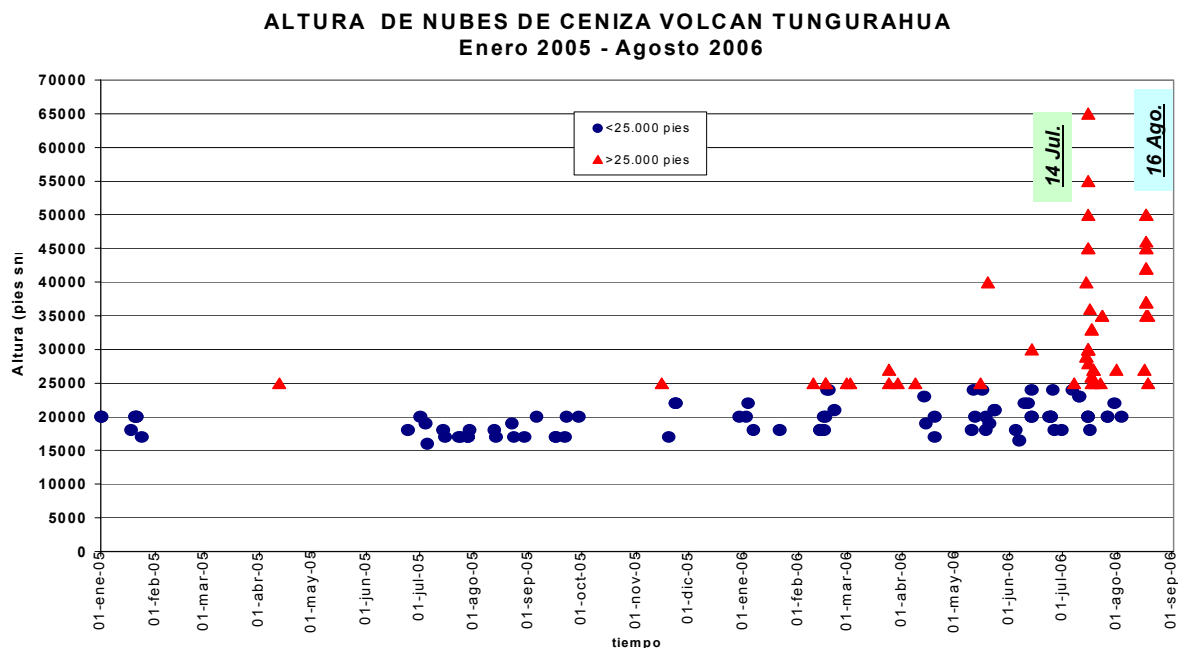


Figura 13. Alturas de las nubes de ceniza en el actual periodo eruptivo (1999-2006).

8. Conclusiones

El nivel de actividad durante el presente mes se interpreta como el resultado de la inyección magmática que se inició en el mes de Abril hasta Agosto, el mismo que fue evidenciado por un importante número de sismos volcano-tectónicos y eventos LP profundos que ocurrieron durante este periodo.



La presente actividad alcanzó su máximo pico a mediados de agosto cuando tanto la energía diaria generada por el tremor como por las explosiones se incrementaron de manera drástica y simultánea, para culminar con una erupción de tamaño VEI- 3, la misma que generó por lo menos 70 millones de m³ de depósitos.

La actividad estromboliana - vulcaniana, las temperaturas magmáticas detectadas, el gran número de explosiones y emisiones y períodos de inflación, son indicadores del estado de alta actividad en el volcán, el mismo que se mantuvo durante todo el mes de agosto.

Los ciclos de incremento y decremento de actividad durante el actual período, sugieren la existencia de cambios en las propiedades visco-elásticas del magma que ingresó entre fines de Marzo y comienzos de Abril.

Los flujos de lava emitidos entre los días 17 y 21 de Agosto, marcan la terminación del ciclo eruptivo Julio – Agosto 2006.

A pesar que la actividad bajó súbitamente después de la erupción, no podemos descartar que semanas a meses después se genere otra erupción de importancia.

Dado que la parte alta del edificio volcánico se encuentra cubierta por materiales no consolidados (cenizas y bloques), es muy posible que continúen generándose flujos de lodo en función de las lluvias que ocurrieren en la zona.

El presente informe fue compilado por:

Grupo de sismología

Guillermo Viracucha gviracucha@igepn.edu.ec
Pablo Cobacango pcobacango@igepn.edu.ec
Pablo Palacios ppalacios@igepn.edu.ec

Grupo de vulcanología

Patricia Mothes pmothes@igepn.edu.ec
Diego Barba dbarba@igepn.edu.ec
Andrés Gorki Ruiz gruiz@igepn.edu.ec
Santiago Arellano sarellano@igepn.edu.ec

Estos informes están realizados utilizando datos y observaciones de la Base-Quito y la Base-Guadalupe-OVT. La vigilancia tanto en Quito como Guadalupe se realiza en turnos y está a cargo de científicos del Instituto Geofísico además de científicos colaboradores del IRD (Cooperación Francesa), como parte del convenio IG/EPN-IRD. El presente informe ha sido mejorado gracias a las nuevas técnicas aportadas por la Cooperación entre IG/EPN, JICA y NIED (Cooperación Japonesa), el USGS, FUNDACYT, la Embajada Británica y la BGR (Alemania). Además se reconoce el labor de los vigías y voluntarios de Defensa Civil del cantón Baños.

Quito, 10 Octubre de 2006.