



Resumen Mensual
Actividad del Volcán Tungurahua, Octubre del 2007
Instituto Geofísico-EPN, Quito y OVT, Guadalupe



*Emisión de vapor con contenido bajo de ceniza ocurrida a las 16:00, 25 Octubre de 2007, desde Cotaló.
Foto P. Mothes.*

- 1. Síntesis general de la actividad**
- 2. Sismicidad**
 - 2.1 Localizaciones**
 - 2.2 Índice sísmico**
- 3. Deformación**
- 4. Geoquímica**
- 5. Observaciones Visuales en el Terreno y Lahares**
- 6. Nubes de Ceniza y Alertas Termales**
- 7. Conclusiones**

1. Síntesis General de la Actividad

Durante el mes de Octubre, el volcán Tungurahua experimentó actividad variable con tendencia a subir hacia fin del mes. En el principio las emisiones fueron constantes, llegando hasta 3 km de altura. El promedio diario de eventos de largo período fue de 21 sismos hasta el 20, cuando se registraron por tres días consecutivos, varios episodios de tremor armónico y a partir de ese día, se incrementó el promedio diario de eventos LP a 77 por día. Los registros de SO₂ generalmente no pasaron 1000



T/día, sin embargo hubo medidas puntuales que arrojaron valores de 2700 T/día. Se registraron varios sismos locales de fractura (VT), p.ej. el del día 4, que se ubicó a unos a 10 km bajo la cumbre y fue sentido en Baños; hubo otros eventos de origen tectónico, también sentidos, cuyos epicentros fueron al N de Baños, en el sector de El Triunfo. A partir del día 6, el Tungurahua experimentó una fase inflacionaria muy notable y sorprendente, logrando registrar en el inclinómetro de RETU hasta 200 microradianes de cambio en 12 días. Al mismo tiempo hubo una intensificación de las emisiones, del número de eventos LP y en el número y magnitud de las explosiones. La mayoría de las emisiones lanzaron ceniza hacia los sectores- N-NO y SO que destruyeron los cultivos de los flancos O y SO del volcán. La deformación mostró variaciones muy pequeñas a partir del día 18 hasta llegar, a fin de mes, al mismo nivel en que estuvo el 1 de Octubre. En resumen, la actividad subió desde Nivel 5 en el IAS hasta Nivel 6 (inferior) hacia fin de mes.

2. Sismicidad

Período	Sismicidad total	LP	VT	HB (Híbridos)	Emisiones	Explosiones
1-7 Oct	119	117	2	0	212	30
8-14 Oct	115	112	3	0	303	14
15-21 Oct	330	328	2	0	267	81
22-28 Oct	447	445	2	0	242	39
29 Oct-4 Nov	514	511	3	0	264	22
Total Oct/2007	1349	1337	12	0	1160	178
Total Sep/2007	702	698	4	0	1123	92
Total Ago/2007	967	966	1	0	1260	167
Total Jul/2007	942	939	3	0	826	80
Total Jun/2007	859	856	3	0	845	3
Total May/2007	608	603	5	0	733	0
Total Abr/2007	1450	1448	3	0	1473	95
Total Mar/2007	1126	1125	1	0	1215	334
Total Feb/2007	983	966	15	2	312	54
Total Ene/2007	829	817	12	0	10	0
Total Dic/2006	2172	2168	5	0	648	0
Total Nov/2006	1849	1846	3	0	1049	1
Total Oct/2006	3159	3131	20	8	1023	4
Promedio diario Oct/2007	43.51	43.21	0.38	0.0	37.41	5.74
Promedio diario Sep/2007	23.4	23.27	0.13	0.0	37.43	3.07
Promedio diario Ago/2007	31.19	31.16	0.03	0	40.6	5.38
Promedio diario Jul/2007	30.38	30.29	0.09	0.0	26.64	2.58
Promedio diario Jun/2007	28.63	28.53	0.1	0.0	28.16	0.1
Promedio diario May/2007	19.61	19.45	0.16	0.0	25.58	0.0
Promedio diario Abr/2007	48.33	48.26	0.1	0.0	49.1	3.16
Promedio diario Mar/2007	36.32	36.29	0.03	0.0	39.19	10.77
Promedio diario Feb/2007	35.11	34.5	0.53	0.07	11.14	1.92
Promedio diario Ene/2007	26.74	26.35	0.38	0.0	0.32	0.0



Promedio diario Dic/2006	70.06	69.9	0.16	0.0	22.84	0.0
Promedio diario Nov/2006	61.6	61.5	0.1	0.0	34.97	0.03
Promedio diario Oct/2006	101.9	101.0	0.64	0.25	33.0	0.12

Tabla 1. Resumen de las estadísticas de actividad sísmica semanal del mes de Octubre del 2007 y la registrada en los últimos doce meses.

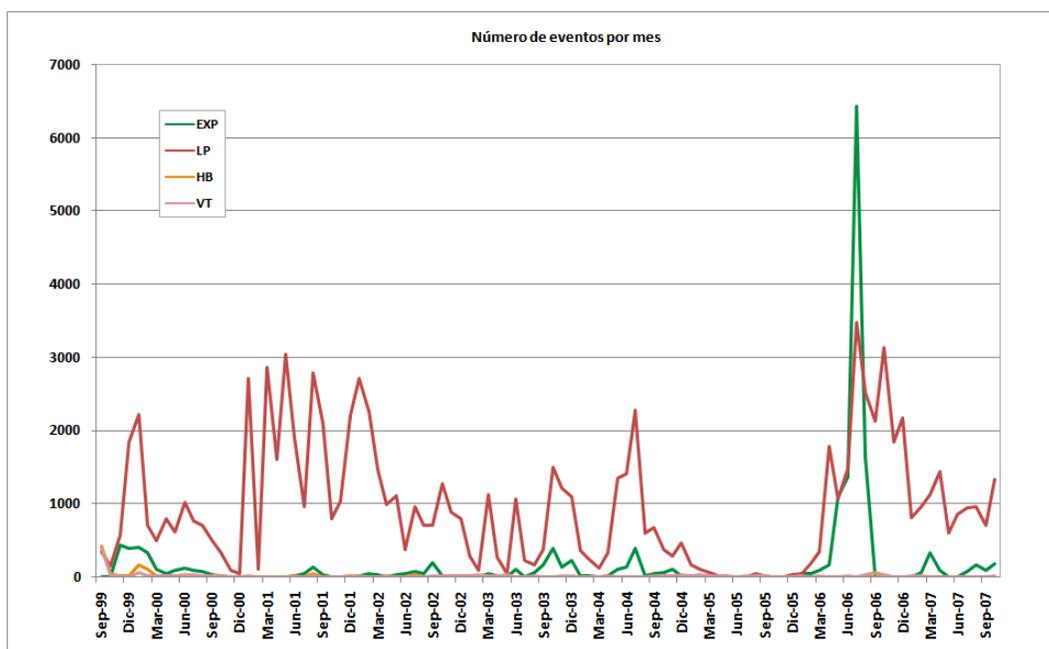


Figura 1. Número de sismos mensuales registrados en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta Octubre del 2007.

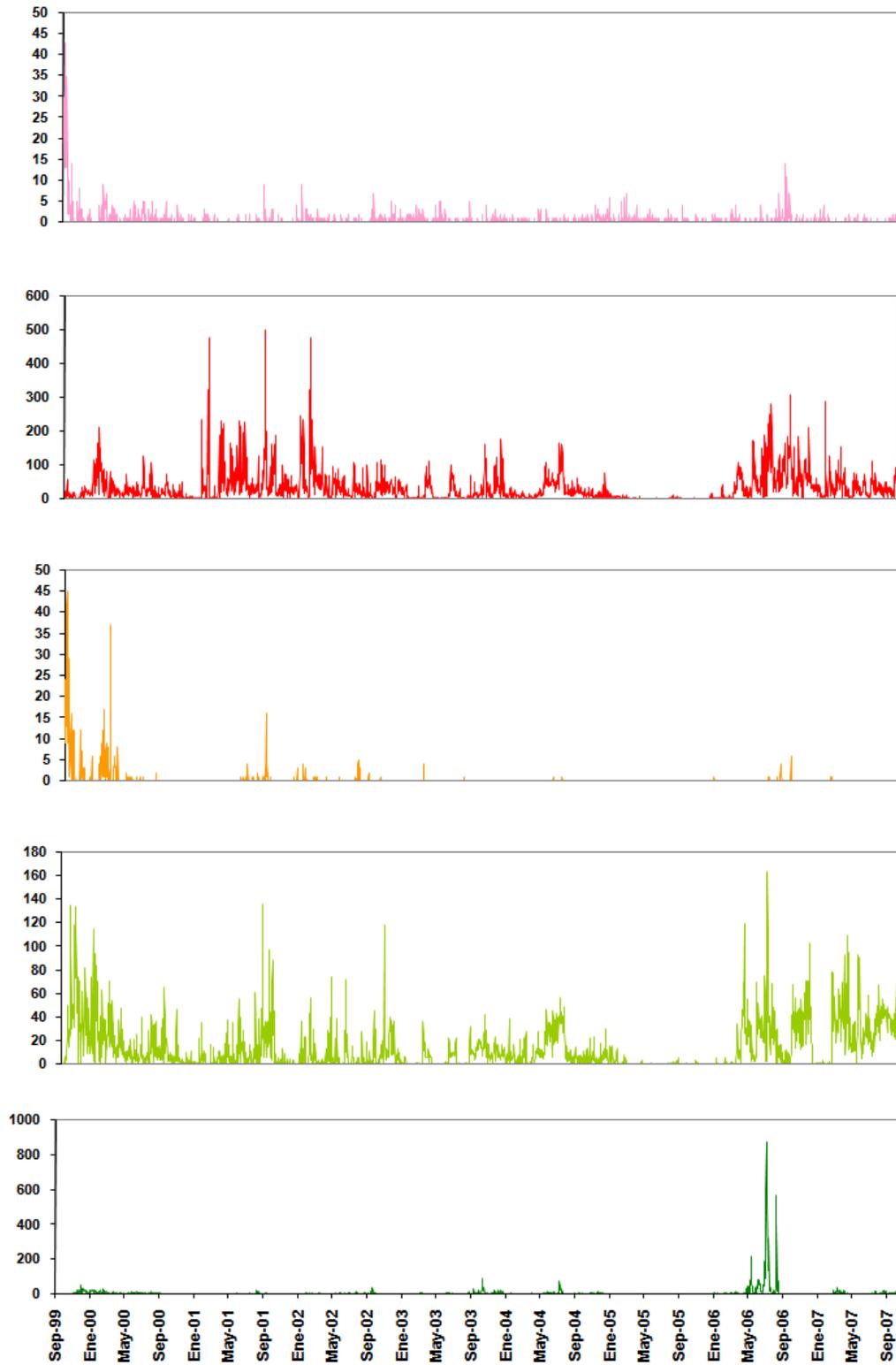


Figura 2. Número diario eventos volcano-tectónicos (VT), largo período (LP), híbridos (HB), emisiones y explosiones en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta fines de Octubre del 2007 (en el orden indicado).

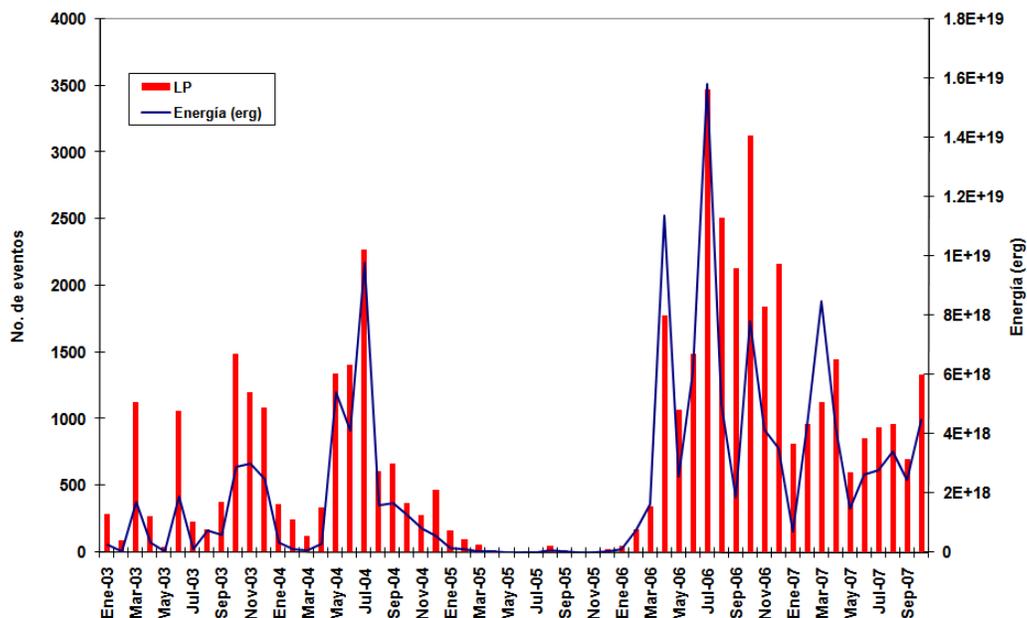


Figura 3. Número mensual de eventos de largo período y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Octubre 2007.

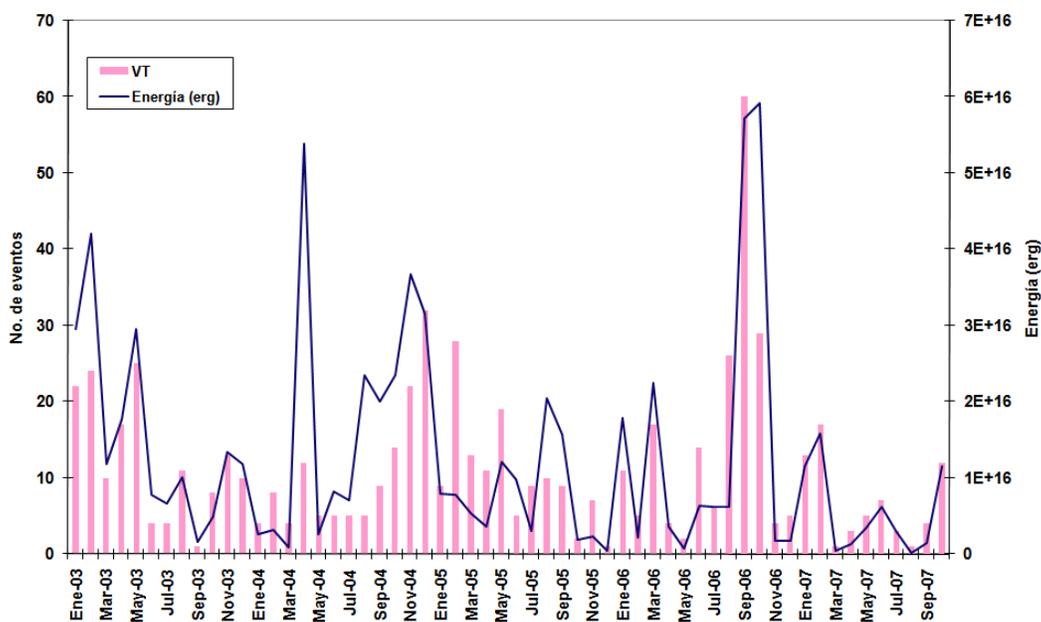


Figura 4. Número mensual de eventos volcano-tectónicos y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Octubre 2007.

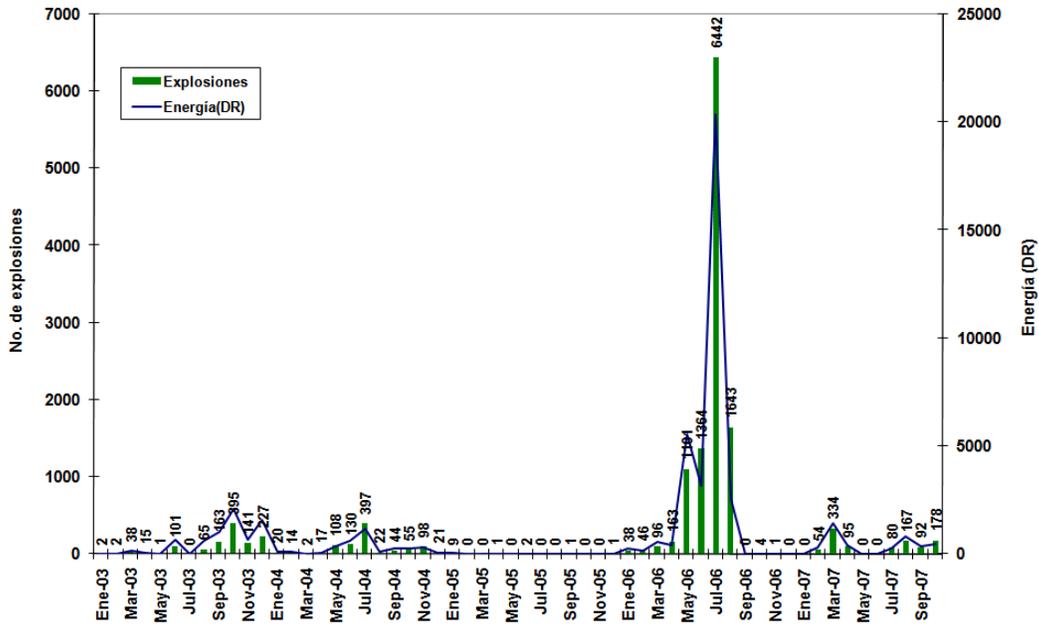


Figura 5. Número mensual de explosiones y su energía asociada (DR– desplazamiento reducido-) en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Octubre 2007.

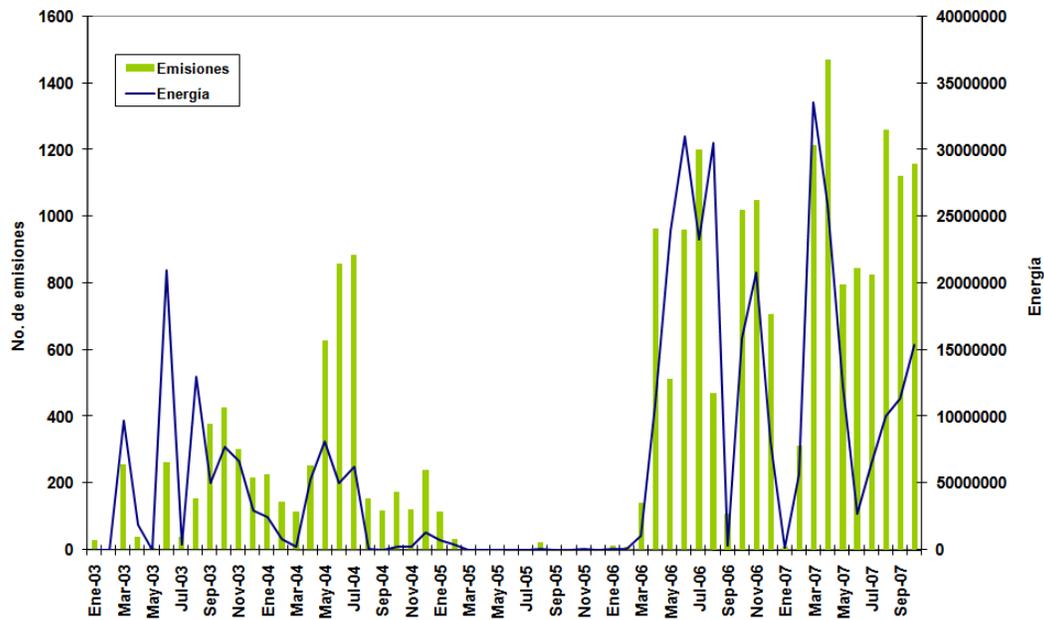
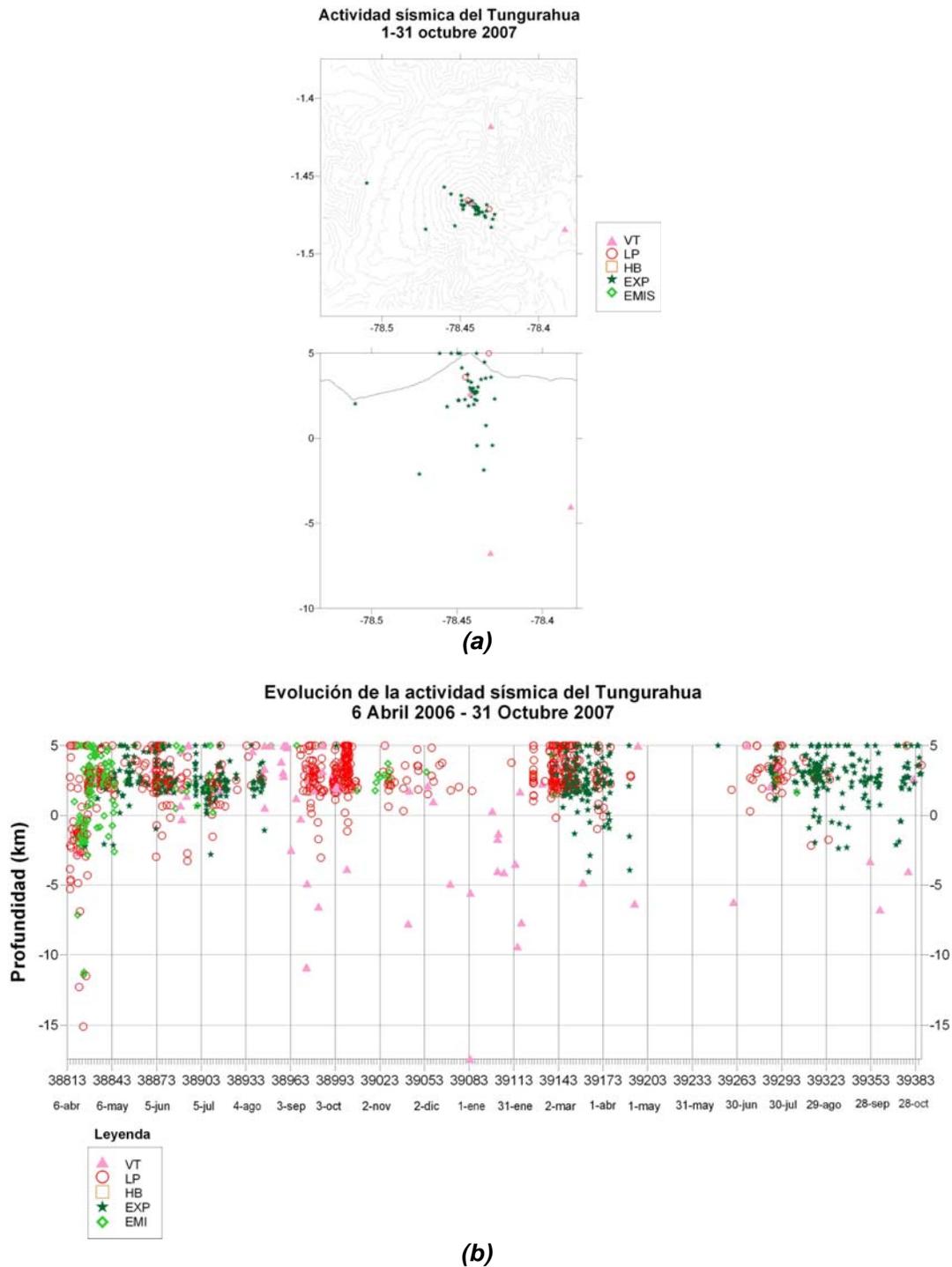


Figura 6. Número mensual de emisiones y su energía asociada (función de la intensidad del movimiento basada en la amplitud y duración) en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Octubre 2007.



2.1 Localizaciones



Figuras 7-a y 7-b. Localizaciones de eventos durante el mes desde Octubre de 2007 y corte en profundidad mostrando su variación con el tiempo desde Abril 2006.

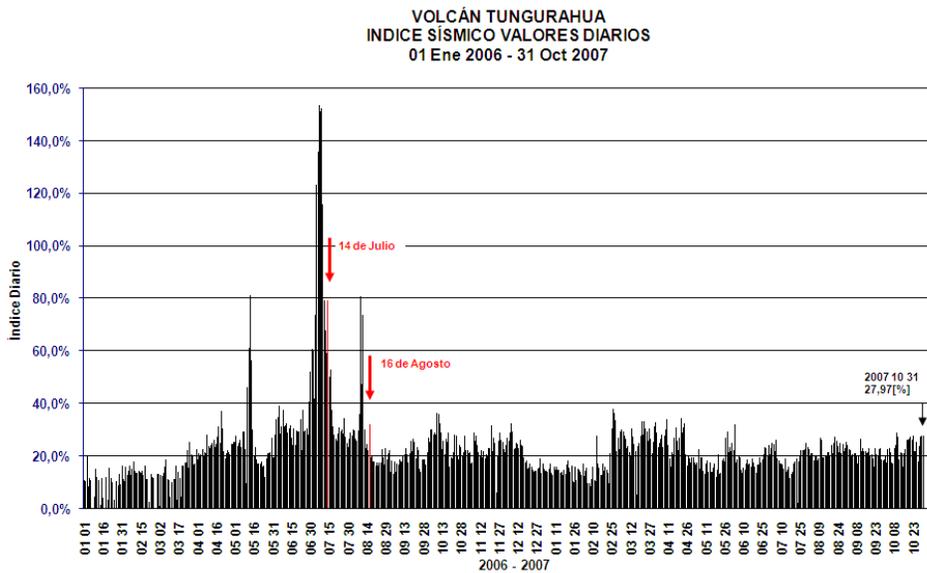


2.2 Índice sísmico

Este parámetro que 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, eventos de largo período, eventos híbridos y eventos volcano – tectónicos presentó valores más o menos estables durante el mes de octubre con pequeños incrementos, sobre todo durante la segunda quincena debido a un mayor número eventos de largo período y explosiones (Figura 8-a).

El Índice de Actividad Sísmica (IAS) que indica la tendencia de la variación del IS (índice sísmico) se presenta en las Figuras 8-b y 8-c. A principios del mes, el nivel estuvo en 5 y luego empezó a ascender para llegar al nivel 6. El ascenso al nivel 6 fue suave y permaneció en éste hasta fin de mes.

La velocidad y aceleración del índice sísmico, no sobrepasaron los umbrales establecidos anteriormente (Figuras 8-d y 8-e).



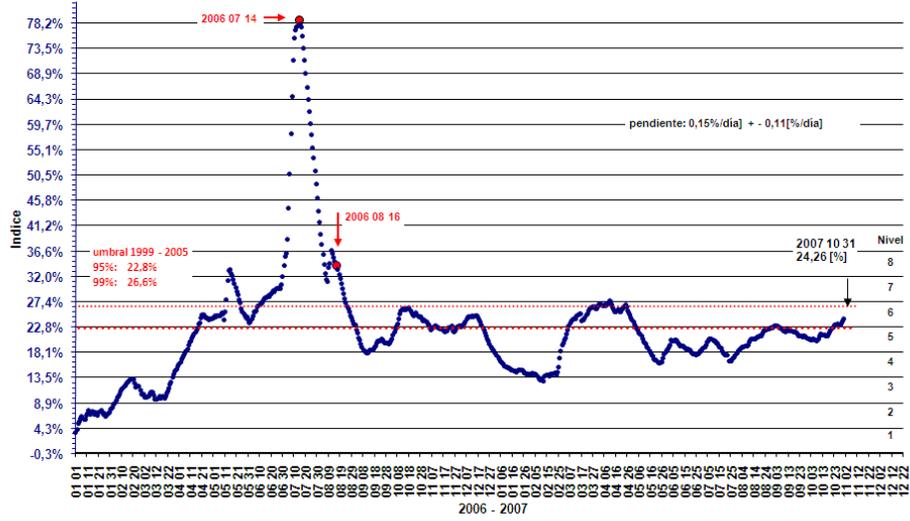
(a)

01-Oct	02-Oct	03-Oct	04-Oct	05-Oct	06-Oct	07-Oct	08-Oct	09-Oct	10-Oct	11-Oct	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct	26-Oct	27-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
↘	↘	↘	→	→	→	→	→	→	→	→	↗	↗	↗	→	→	↘	→	→	→	↗	↗	↗	↗	↗	↗	→	→	→	→

(b)

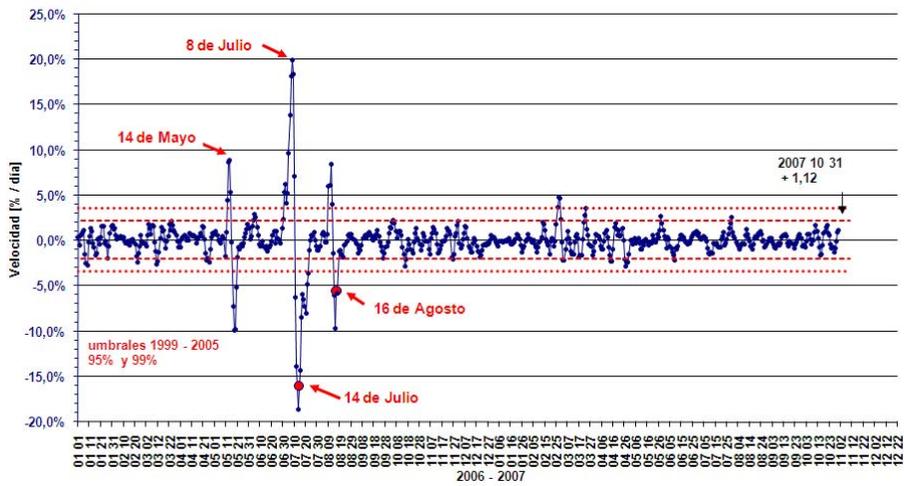


TUNGURAHUA - INDICE DE ACTIVIDAD SÍSMICA (IAS)
(Define la tendencia de los valores diarios)

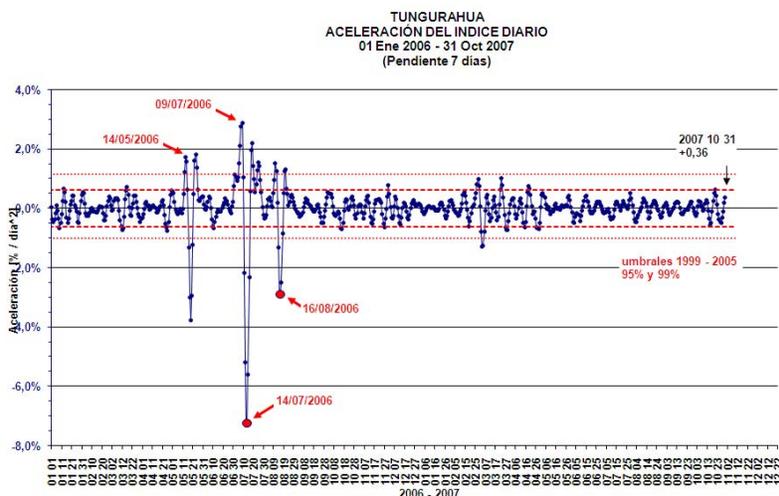


(c)

TUNGURAHUA
VELOCIDAD DEL INDICE DIARIO
01 Ene 2006 - 31 Oct 2007
-Pendiente 7 días -



(d)



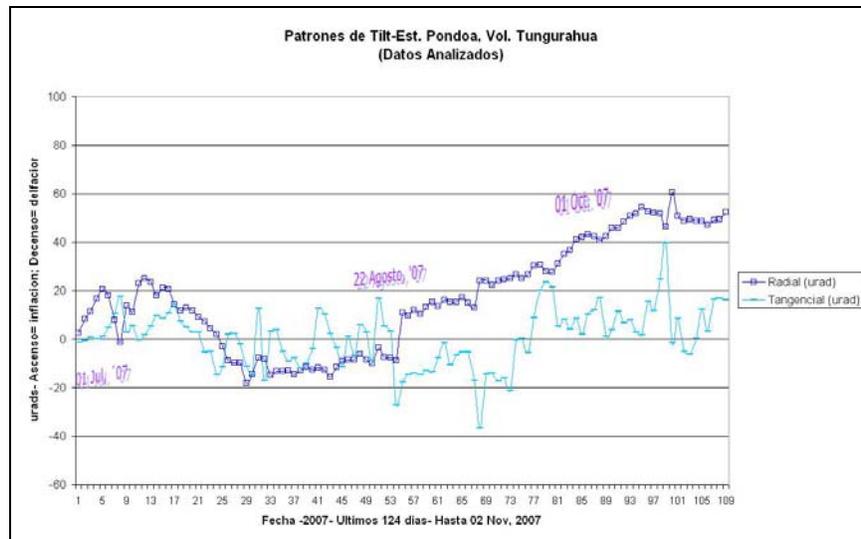
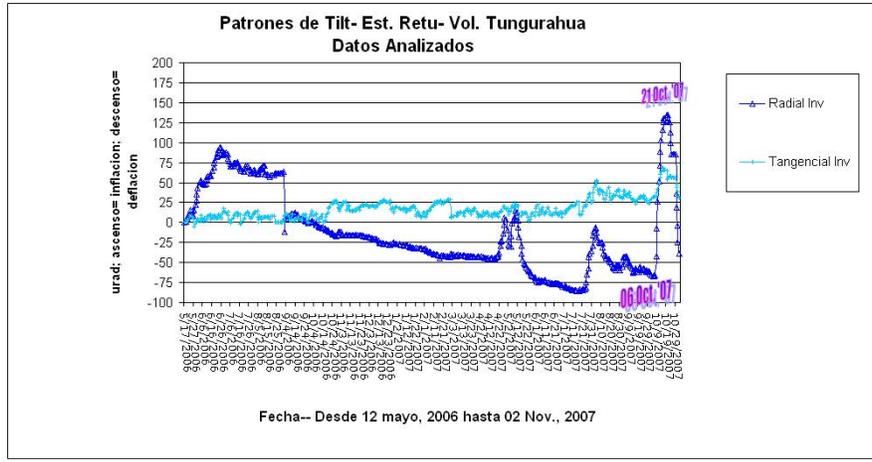
(e)

Figuras 8-a, 8-b, 8-c, 8-d y 8-e: Índice sísmico, tendencia de la variación diaria, nivel de actividad, velocidad y aceleración de la variación del índice sísmico. Se resaltan los valores para las erupciones del 14 de julio y 16-17 de agosto y los valores mayormente estables durante los meses de Septiembre- Diciembre, 2006 y Enero, 2007, entre Febrero a Abril de 2007 se observa un incremento debido la reactivación del volcán. La gráfica 8-f muestra la preferencia del Índice al nivel 5 entre 2006-2007, comparado con el nivel 4 en el período 1999-2005.

3. Deformación

Posterior al sismo de fractura o VT del 4 de Octubre, el 6 de octubre, la tasa de deformación tuvo una marcada variación, saliendo de su estado estable que fue característica del mes de Septiembre y se vio un incremento en el número de explosiones y emisiones. En el inclinómetro de Retu se registró alrededor de 200 microradianes de variación en el sentido inflacionario, tendencia que se mantuvo hasta el 20 de Octubre, cuando se registró un incremento en el número de emisiones casi continuas principalmente de vapor de agua. Dado que la pluma de emisión se dirigió mayormente el Oriente - Suroriente no fue posible tener buenas medidas del caudal de gases en esta temporada. Luego del 20 de Octubre se registró una deflación importante. Hasta fin de mes, el nivel de la deformación se restableció en casi un 90%, comparable al estado a inicios del mes.

Vale notar que el inclinómetro de Pondoá también registró una ligera tendencia inflacionaria previa al evento del 4 Octubre, alrededor del 22 de Septiembre, unos 14 días antes que el inclinómetro de Retu. Los cambios que mostró fueron el resultado, muy probablemente, de un nuevo ingreso de magma que no culminó en una erupción tipo 16 de Agosto de 2006 debido a la desgasificación continua.



Figuras 9-a y 9-b Representación de los valores de los ejes radial y tangencial de las estaciones inclinométricas de Retu y Ponda, hasta principios de Noviembre de 2007. Las fechas están en decimales.

4. Geoquímica

Emisiones

La medición del flujo de SO_2 es un componente fundamental de la evaluación de la actividad eruptiva de los volcanes, pues da indicios directos de la presencia, volumen y tasa de ascenso del magma.

El IG-EPN cuenta con un espectrómetro de correlación (COSPEC) desde 1988, con el cual es posible medir las emisiones de SO_2 volcánico cuantificando la absorción de radiación UV solar dispersada por la atmósfera debida a las moléculas del gas. Adicionalmente, opera desde el año 2004 un sistema de dos estaciones autónomas de medición remota de flujos de SO_2 , basadas en la técnica de espectroscopia óptica de absorción diferencial (DOAS) y un instrumento portátil (mini-DOAS) para el mismo fin. Las medidas se realizan en las horas de iluminación solar y su calidad está sujeta a las condiciones meteorológicas. En el mismo sentido, en marzo de 2007 se han



instalado las primeras estaciones del proyecto NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change), financiado por la Unión Europea, que utiliza instrumentos DOAS de última generación.

Durante el mes de Octubre de 2007 el flujo de emisión de gases fue permanente y muy estable, sin presentar variaciones significativas en cuanto a su volumen y dinamismo respecto a los meses anteriores. El proceso de desgasificación del magma ocurrió de manera explosiva en algunas ocasiones, lo que produjo la formación de columnas de pocos kilómetros de altura sobre el nivel del cráter. Sin embargo, la mayor parte del tiempo se observaron plumas débiles, desviadas por el viento a nivel de la cumbre que denotaron un proceso de emisión muy pasivo. El clima, en general, fue adverso para la calidad de las medidas, tanto por la presencia de nubes alrededor del volcán, como por la carga de ceniza y la dirección cambiante de los vientos. Durante varios días fue incluso imposible obtener medidas del flujo de gas porque los vientos desviaron la pluma en direcciones no cubiertas por la red de instrumentos. Esto hace que las medidas obtenidas tiendan a ser subestimaciones de las emisiones reales del volcán. El flujo promedio de gas SO_2 fue de 1148 t/d, con una variabilidad (desviación estándar) de 766 t/d. Un valor máximo de 2706 t/d se midió el 9 de Octubre. La dirección de los vientos varió entre SO y NE y la velocidad medida fue moderada (~10 nudos).

El patrón de desgasificación observado corresponde a la emisión permanente de un cuerpo magmático presente en niveles superficiales desde fines de junio de 2007. Es importante señalar que este parámetro no presentó las variaciones significativas que mostraron la deformación y la sismicidad, lo cual denota que cualquier intrusión permaneció en el reservorio o conducto magmático y ascendió lentamente. También es posible que una eventual recarga de magma se haya producido a niveles profundos, donde el gas aún no puede ser liberado. Variaciones en la tasa de ascenso del magma pueden explicar las variadas condiciones bajo las cuales el gas pudo escapar: de manera libre y pasiva, generando plumas débiles la mayor parte del tiempo; o, de forma explosiva (manteniendo un exceso de presión hasta su salida), dando lugar a la formación de altas columnas con ceniza en otras ocasiones. También puede deberse a cambios en la porosidad del magma, lo que modula la cantidad y dinamismo de la emisión de gases, aún cuando el aporte de los mismos desde el magma más profundo sea más o menos constante.

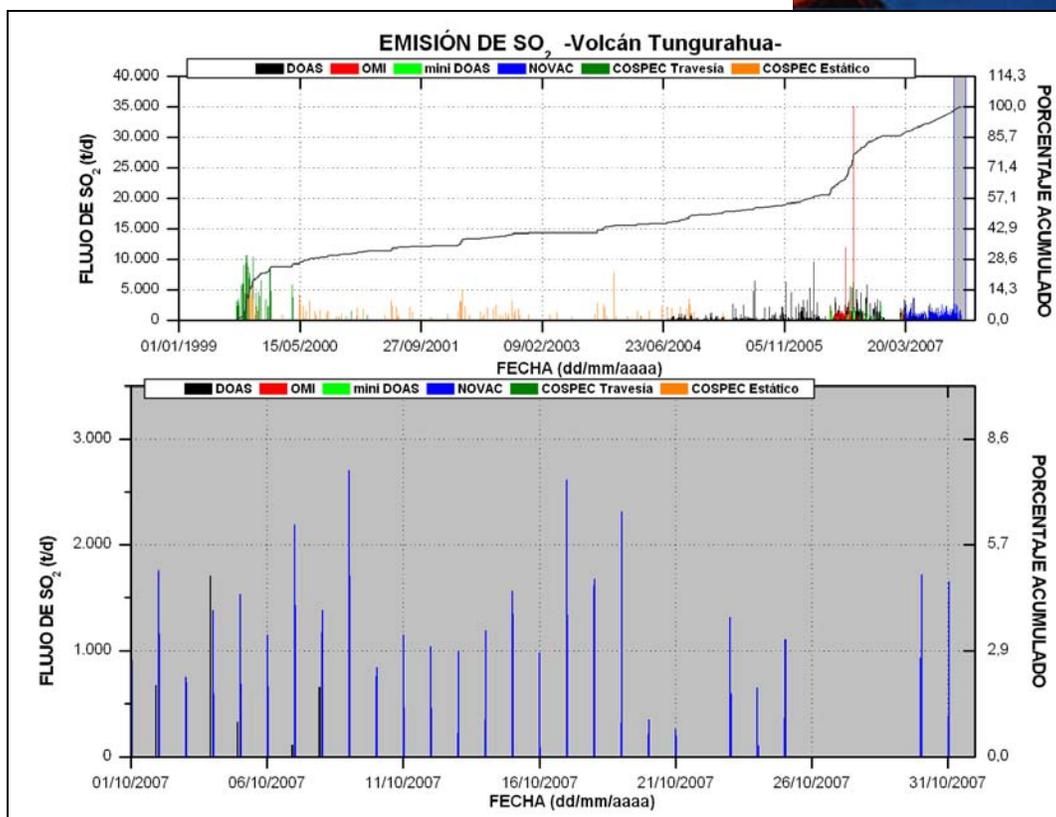


Figura 10-a. (Arriba) Flujo diario de SO₂ emitido por el volcán Tungurahua durante el periodo Agosto 1999 - Octubre 2007. (Abajo) La zona sombreada corresponde al registro de emisiones de SO₂ durante el mes de Octubre de 2007. Las técnicas COSPEC, DOAS, mini DOAS y NOVAC son operadas permanentemente o en campañas de campo por el IG-EPN. La técnica OMI es un sensor satelital operado por JCET/UMBC/NASA

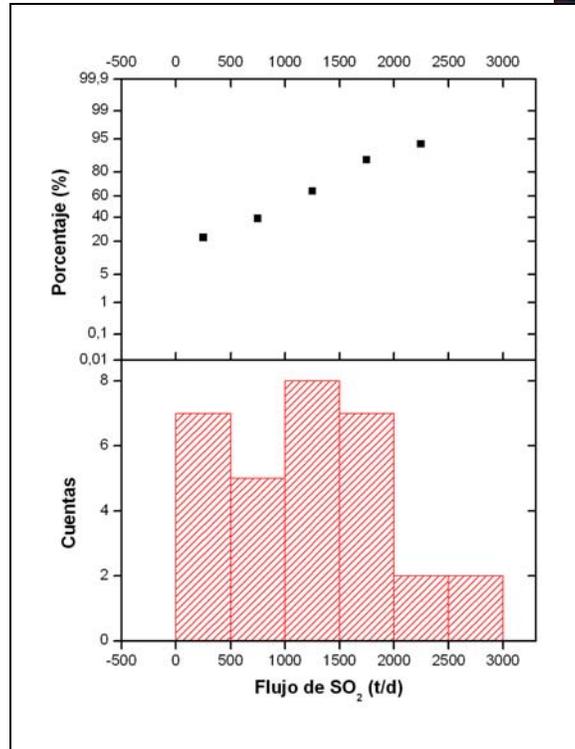


Figura 10-b. (Arriba) Conteo acumulado de rangos de emisión de SO₂ medidos con el método DOAS de operación permanente. (Abajo) Histograma de frecuencias de flujos diarios de SO₂ medidos con el método DOAS

Estadísticas mensuales:

Valor medio: 1148 t/d
Variabilidad (1 σ): 766 t/d
Valor máximo: 2706 t/d (9 de Octubre)
Emisión estimada: 35588 t de SO₂

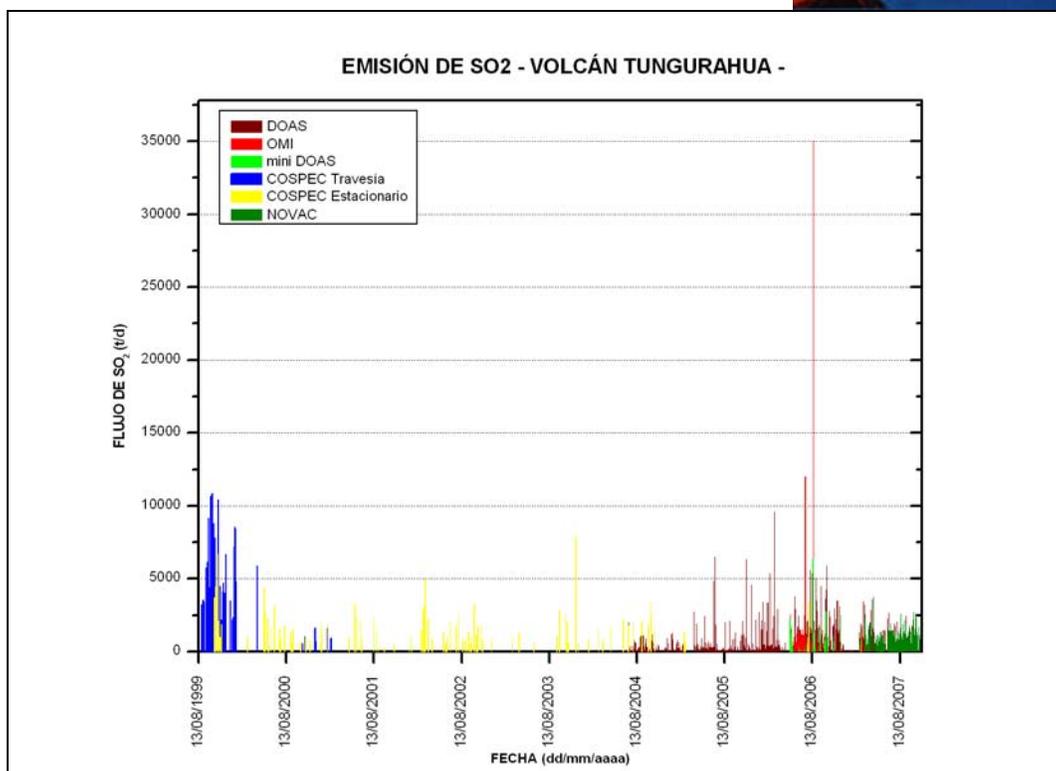
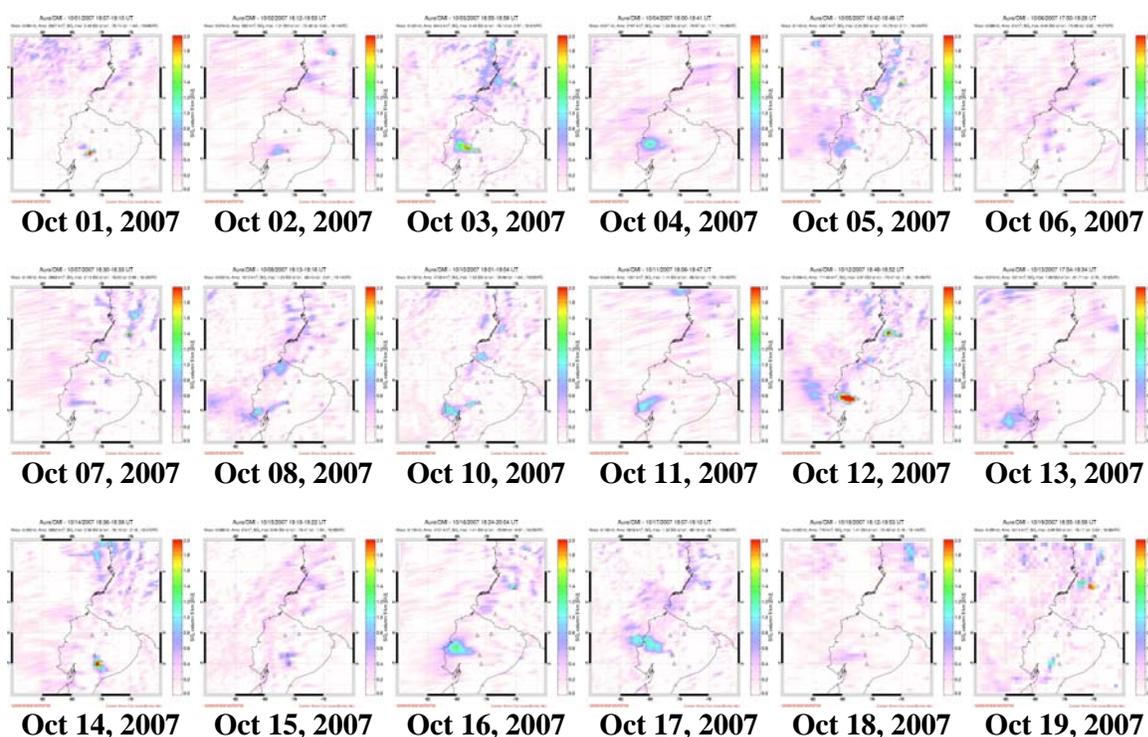


Figura 10-c. Flujo diario de SO₂ emitido por el volcán Tungurahua desde Agosto de 1999 hasta fines de Octubre de 2007





SO	El Manzano									
OSO	Choglontus	G								
OSO	Cahuaji									
ONO	Bilbao									
NO	Cusúa									
NNO	OVT									
NNO	Juive					R				
NNO	Ambato									
N	Pondoa					R				
N	Baños									
NNE	Runtún					R				

Tabla 2. Reportes recibidos de caída de ceniza. Fuente informes semanales OVT. R = ceniza rojiza; G = ceniza gruesa; D = destrucción de cultivos.

Acompañando a la salida del material fue posible escuchar bramidos tipo turbina y “profundos” de baja a moderada intensidad. Los vigías escucharon ruidos de bloques rodando por los flancos asociados con emisiones y explosiones. La mayoría de las explosiones estuvieron acompañadas de cañonazos de baja a moderada intensidad.

Con la ocurrencia de explosiones fuertes se recibió el reporte de vibración de ventanales desde El Manzano y Runtún (jueves 4); El Manzano, OVT, Cusúa y Baños (sábado 20); Cusúa, Juive, Baños, El Pingue, OVT, Pondoa y El Manzano (domingo 21); Pondoa (lunes 22) y OVT (miércoles 31).

Por las noches fue posible observar brillo de leve intensidad. Con la ocurrencia de explosiones y/o emisiones se observaron bloques incandescentes, los que rodaron hasta unos 800 m bnc. Ocasionalmente se observaron fuentes de lava, los bloques eyectados caían en el interior del cráter.

Las fumarolas del flanco NE se presentaron activas durante la primera y última semana del mes.

Lahares

El día martes 9 se produjo el descenso de agua lodosa en La Pampa, La Hacienda, Mandur, Viejo Minero y Bilbao.

Las lluvias más importantes ocurrieron la noche del viernes 19, generando un importante flujo de lodo en el sector de La Pampa. A partir de las 22h00 (TL) los valores del HB (high band o altas frecuencias) de Juive mostraron un incremento sostenido, llegando a saturar la escala de medida a las 22h38. El LB (low band o bajas frecuencias) presentó por el contrario un patrón un tanto diferente, a partir de las 22h00 los valores subieron hasta alcanzar las 700 unidades (22h43) bajando luego a 200 para luego dispararse abruptamente hasta la saturación (11h00). Se dieron tres alertas, la primera correspondiente a la **posibilidad** de ocurrencia de un lahar (03h38, HB=860, LB=87), la **alerta** propiamente dicha de que estaba descendiendo un lahar (03h43, HB=3000, LB=700) y la tercera de **confirmación** de que se trataba de un lahar grande (04h00, HB=4095, LB=4095). Según reportes de la DC, el lahar llegó a La Pampa a las 04h10, es decir 27 minutos después de la alerta y 10 minutos después de la confirmación de la magnitud. El lahar depositó cerca de 3 m de material y acarreó bloques de hasta 1.5 m de diámetro. Un vehículo que circulaba por el sector fue atrapado por el lahar y completamente cubierto por el mismo. Este hecho muestra la vulnerabilidad del sistema.



6. Nubes de Ceniza y Alertas Termales

Las nubes de ceniza generadas por las explosiones y emisiones alcanzaron alturas máximas entre 20000 pies y 29000 pies. Estas nubes fueron llevadas por los vientos principalmente hacia el NO, O y SO en las primeras semanas de Octubre, mientras que para el final del mes las nubes se dirigieron hacia el E, SE; generando caídas de ceniza con mayor frecuencia hacia el NO y SO del volcán y en ocasiones, ligeras caídas de ceniza en la ciudad de Ambato y Baños e incluso en el OVT (Observatorio Volcán Tungurahua) ver Figura 11. Las nubes de ceniza más energéticas y por lo tanto con mayor área de influencia ocurrieron hacia principios y mediados de este mes.

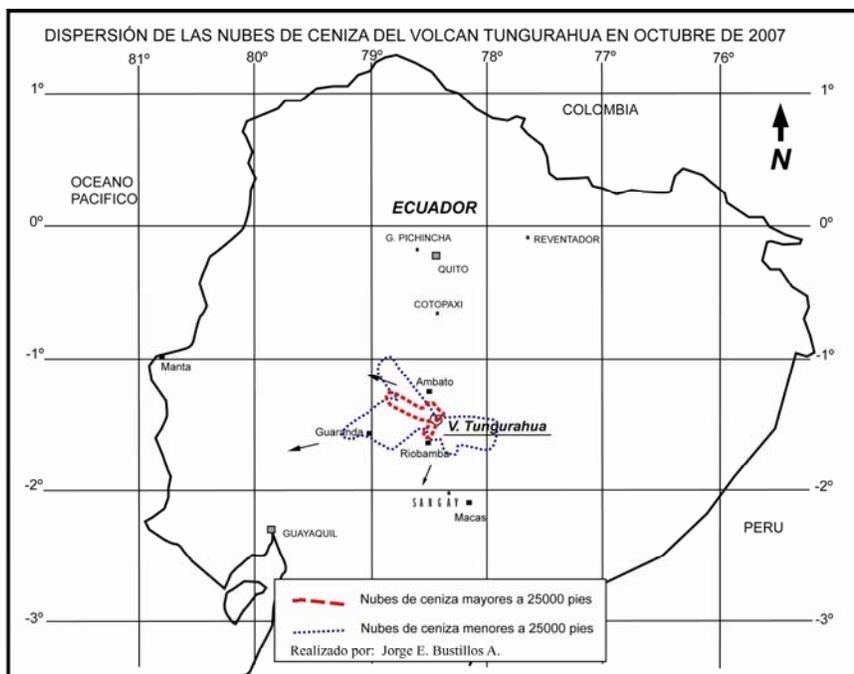


Fig.7. Dispersión de las nubes de ceniza en Octubre de 2007. Modificado de : <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/archive.html>

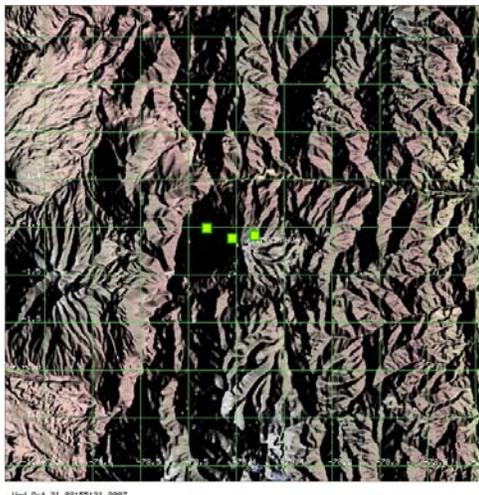
Figura 11. Dispersión de las nubes de ceniza en Octubre del 2007.
Modificado de: <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/archive.html>.

Alertas Termales

TUNGURAHUA:

Alertas termales de MODVOLC durante la última semana

1193587800	A	2007	10	28	06	10	-78.484459	-1.454106
1193587800	A	2007	10	28	06	10	-78.457481	-1.465178
1193587800	A	2007	10	28	06	10	-78.434242	-1.461829



7. Conclusiones

A partir de la ocurrencia de un sismo volcano-tectónico de magnitud 1.8 localizado bajo el flanco norte del volcán se presentó un incremento de los parámetros de deformación y sísmicos que duró hasta fines de este mes. La deformación se caracterizó por un incremento en la inclinación del eje radial del sensor ubicado en Retu (a 2 km al norte del volcán) que alcanzó hasta 200 microradianes hasta el 20 de octubre. Esta deformación fue levemente registrada con unos días de anticipación en el sensor de Pondoá a 4 km del volcán. La sismicidad presentó un incremento pocos días después de terminar la tendencia inflacionaria registrada en Retu. Esta sismicidad se caracterizó por un incremento del número de eventos (de 21 a 77 eventos por día) y por el apareamiento de señales de tremor armónico en todas las estaciones en los días 20 al 22 de octubre. A partir del apareamiento del tremor armónico se observó un incremento de la actividad superficial con la presencia de emisiones con ceniza y de explosiones volcánicas. La desgasificación constante, así como también la tasa de intrusión de magma y su ascenso bajos, al parecer, no crearon las condiciones para que se repita una erupción tipo Agosto 2006.

Grupo de sismología

Guillermo Viracucha gviracucha@igeptn.edu.ec
Pablo Palacios ppalacios@igeptn.edu.ec
Mario Ruiz mruiz@igeptn.edu.ec
Mónica Segovia msegovia@igeptn.edu.ec

Grupo de vulcanología

Patricia Mothes pmothes@igeptn.edu.ec
Diego Barba dbarba@igeptn.edu.ec
Santiago Arellano sarellano@igeptn.edu.ec
Jorge Bustillos jbustillos@igeptn.edu.ec

Estos informes son 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 el BGR (Alemania). Además se reconoce la labor de los vigías y voluntarios de Defensa Civil del Cantón Baños, Patate, Pelileo y Penipe.

21 Noviembre, 2007 - Quito