



Resumen Mensual

Actividad del Volcán Tungurahua, Enero del 2008

Instituto Geofísico-EPN, Quito y OVT, Guadalupe



Brillo intenso el cráter observado a simple vista durante la noche del 2 de enero de 2008

Foto: S. Hidalgo

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

1. Síntesis General de la Actividad

Durante el mes de Enero, 2008, el volcán Tungurahua mostró una actividad alta y ascendente, ubicándose entre los niveles 7 a 12 del Índice de Actividad Sísmica (IAS). Este periodo eruptivo estuvo marcado por la ocurrencia de numerosas explosiones y sismos LP's. El volcán estuvo liberando energía de manera sostenida, todavía dentro del ciclo iniciado desde los finales del Noviembre, alternando episodios de emisión pasiva con eventos explosivos y la generación de LP's.

En términos generales, el número de sismos/día fue 120, mayormente LP's. Este valor es alto. VT's fueron pocos y pequeños (12 eventos). Mientras las emisiones--50/día y las explosiones con un promedio de 207/día fueron comparativos en su número de eventos con los registrados en Julio, 2006. Sin embargo, los niveles de energía fueron solo alrededor de la mitad que fue liberada en Julio, 2006 (Figs. 1-6). En cambio, los LP's tuvieron un número similar con los de Julio, 2006, con igual alto nivel de energía liberada (Fig. 3).



En el principio del mes se registro una actividad superficial con tendencia ascendente, lo mismo que empezó en los finales de 2007 y que genero explosiones y tremor armónico de corta duración, así causando un alza notable en el IAS—que trepo desde estable a ascendente continúa. La tasa de emisión de los gases fue alrededor de 1000 T/día. En la segunda semana se evidencio un incremento progresivo desde nivel 7 a 10 en el IAS. Se registró 316 explosiones en un solo día, el 03 de Enero y a veces fueron escuchadas las ondas acústicas en Ambato. Se produjo poco contenido de ceniza. Los gases subieron hasta un promedio de 1800 T/día. Mientras la deformación quedo en una tendencia deflacionaria.

Durante la tercera semana la actividad eruptiva del volcán Tungurahua alcanzó sus niveles más altos, luego de las erupciones del 2006. El índice de actividad sísmica se incrementó progresivamente hasta un nivel superior del IAS de 12 hasta el 13 de enero. Se produjo un incremento en el número de explosiones, alcanzando un máximo de 311 el día viernes. Algunas explosiones estuvieron acompañadas de cañonazos moderados a fuertes. Se empezó de registrar fuertes fuentes de lava y además caídas de cenizas en las partes occidentales— llegando hasta Riobamba, pero hubo comunidades más cercanas como El Manzano, donde registro 3 mm en 24 horas. La sismicidad fue dominada por los eventos de emisión y LP's, aunque algunos episodios de tremor no estuvieron vinculados con manifestaciones superficiales notables, sugiriendo que su origen está en el interior del volcán.

En la cuarta semana de enero se noto una disminución en las intensidades de las explosiones, hubo una ausencia de bramidos muy frecuentes; al contrario se registra la ocurrencia de momentos de actividad baja—con pocas señales. Posteriormente, se generó unas explosiones, cuyas cañonazos y bramidos fueron notables y oídos hasta Cevallos. Se produjo caída de ceniza negra gruesa en Puela y Chogluntus, con una acumulación de 1.5 mm.

Posteriormente la actividad se caracterizó por la emanación frecuente de gases, bloques y ceniza, cuya fuente parece ser bastante somera, según lo denotan: la fácil dispersión de material por todos los flancos acompañando a las emisiones, la presencia de incandescencia por varios minutos en el interior del cráter y la recurrencia y facilidad con la que se producen las emisiones. Las señales sísmicas registradas corresponden a los eventos de emisión y se mantuvo en una tasa alta, siempre superior a los 100 eventos por día. La deformación no muestra cambios importantes y la emisión de gas ha sido más bien baja, en comparación con periodos eruptivos anteriores (flujo de SO₂ generalmente menor a 1000 t/d).

Lo observado sugiere que la zona de recarga de magma en el volcán se encontraba llena y que aporta con material de manera lenta pero constante. No se presento señales de origen profundo o tectónico que hagan suponer un cambio de las condiciones actuales en el corto plazo, por lo que las características de la actividad antes descritas.

Las señales sísmicas registradas corresponden a los eventos de emisión y se mantuvo en una tasa media-alta, siempre superior a los 100 eventos por día. La emisión de gas ha sido más bien media, en comparación con periodos eruptivos anteriores (flujo de SO₂ generalmente menor a 1000 t/d). Entonces hasta la cierre del mes el volcán seguía en nivel alto pero sin cambios bruscos ni nuevos parámetros presentes importantes.

2. Sismicidad



Periodo	Sismicidad total	LP	VT	HB (Híbridos)	Emisiones	Explosiones
31 Dic - 6 Ene	697	697	0	0	357	1306
7 - 13 Ene	971	971	0	0	371	1813
14 - 20 Ene	891	891	0	0	379	1281
21 - 27 Ene	807	807	0	0	315	1445
28 Ene - 3 Feb	860	857	3	0	199	1229
Total Ene/2008	3707	3706	1	0	1534	6403
Total Dic/2007	2463	2455	8	0	916	1335
Total Nov/2007	1899	1888	11	0	934	936
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
Promedio diario Ene/2008	119.57	119.54	0.032	0.0	49.48	206.54
Promedio diario Dic/2007	79.45	79.19	0.25	0	29.54	43.06
Promedio diario Nov/2007	63.3	62.93	0.36	0	31.1	31.2
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	00	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

Tabla 1. Resumen de las estadísticas de actividad sísmica semanal del mes de Enero de 2008 y la registrada en los últimos doce meses.

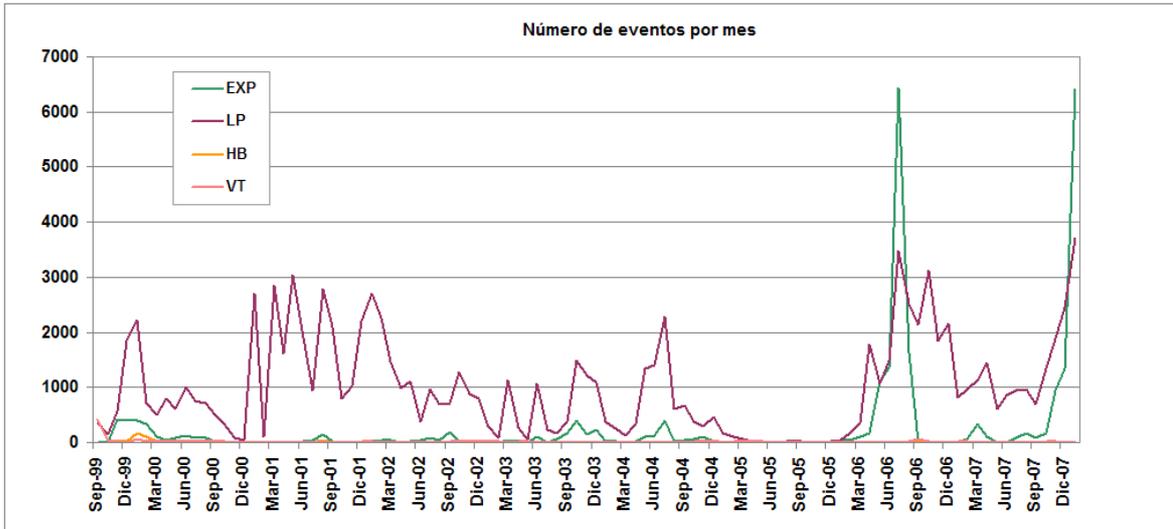


Figura 1. Número de sismos mensuales registrados en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta fines de Enero de 2008.

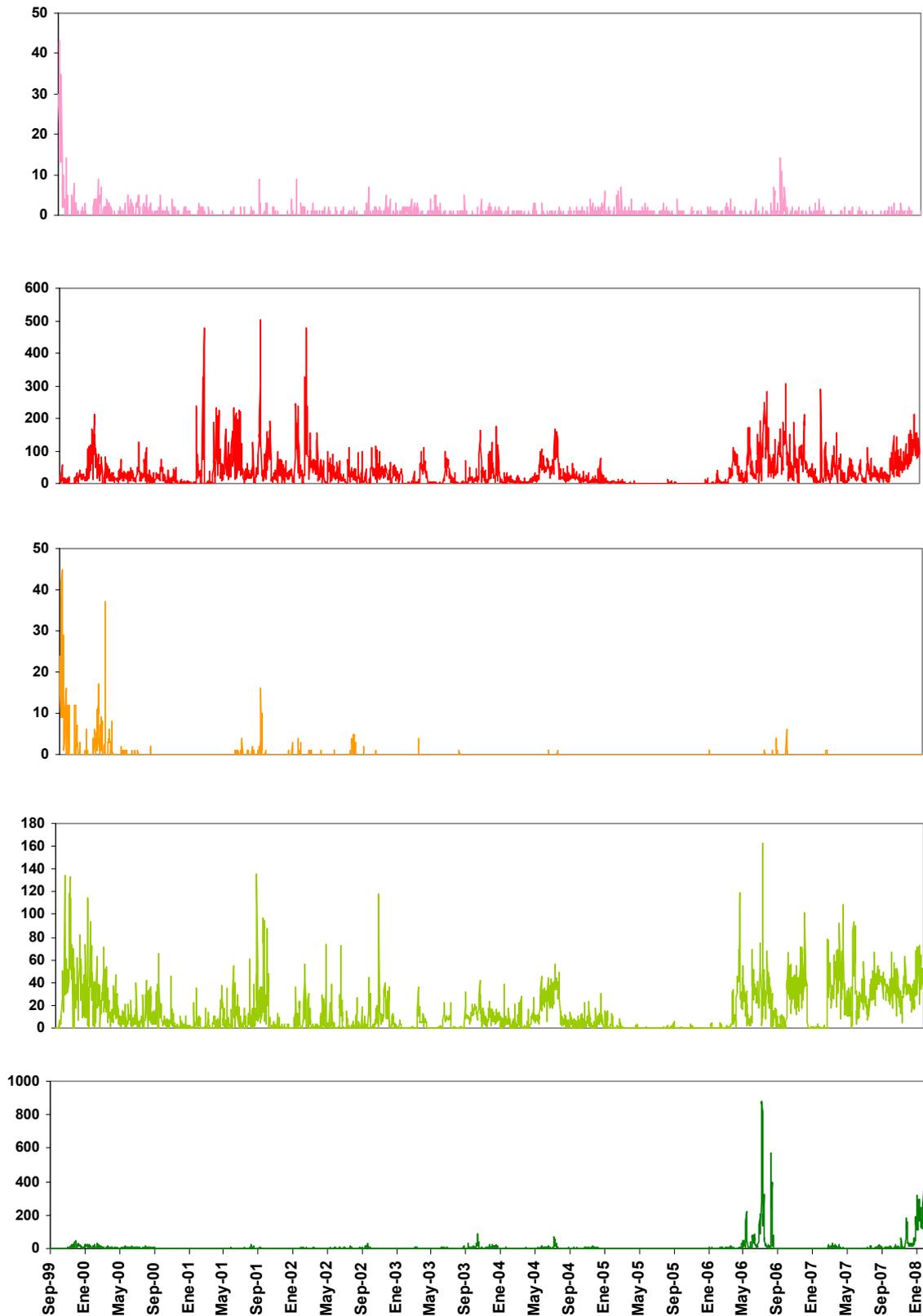


Figura 2. Número diario eventos volcano-tectónicos (VT), largo período (LP), híbridos (HB), emisiones y explosiones en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta fines de Enero de 2008 (en el orden indicado).

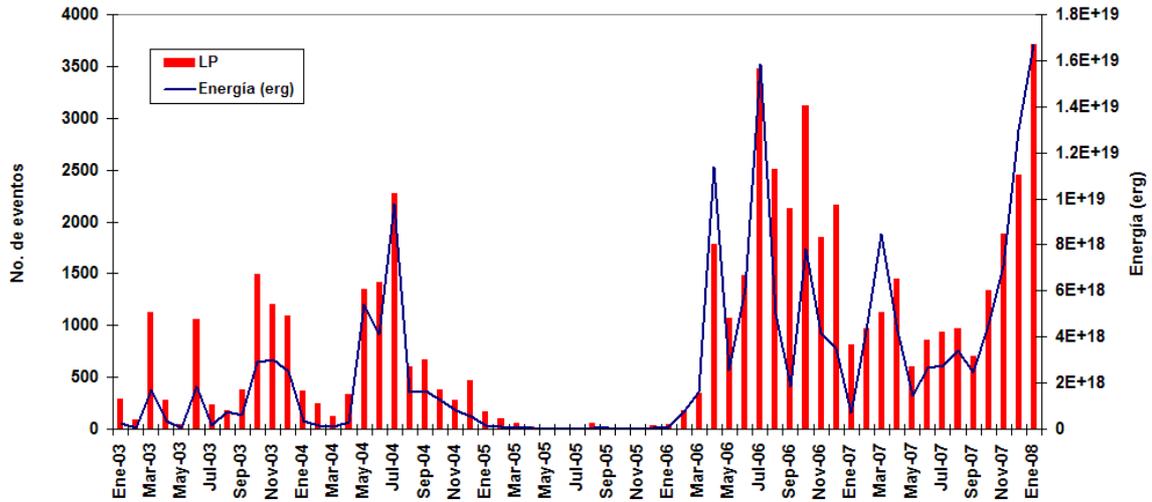


Figura 3. Número mensual de eventos de largo período y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta fines de Enero 2008.

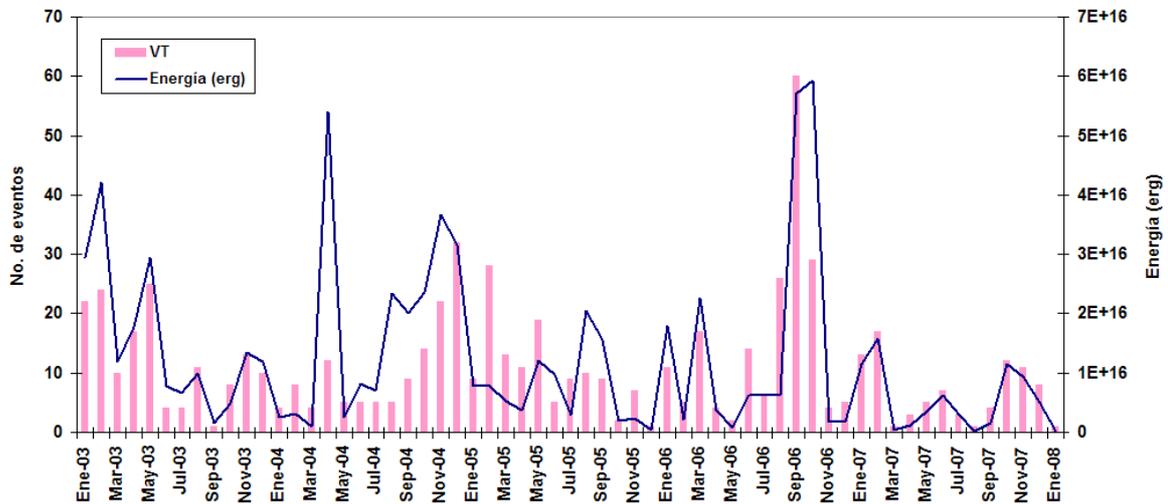


Figura 4. Número mensual de eventos volcano-tectónicos y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta fines de Enero 2008.

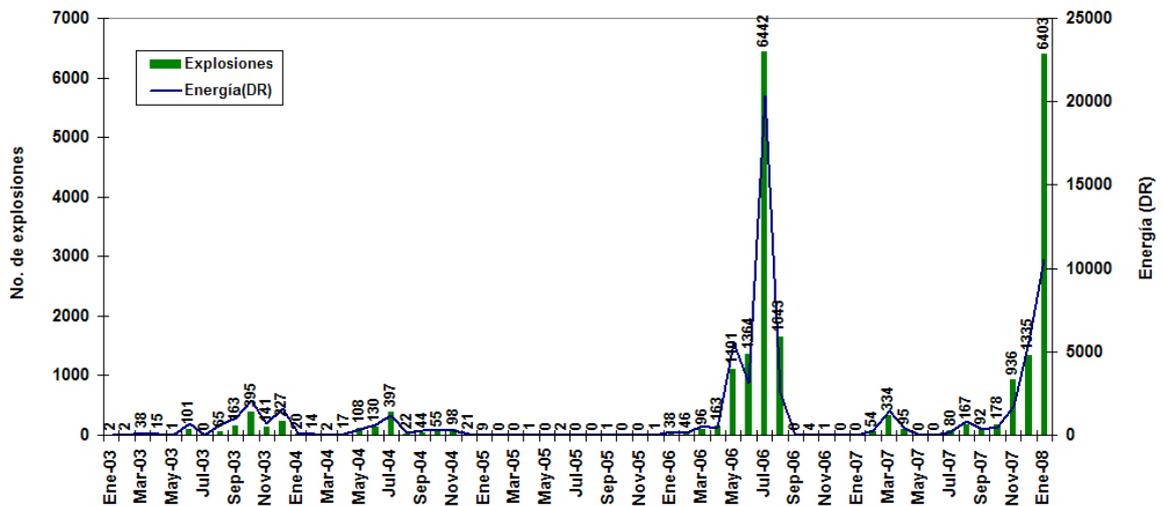


Figura 5. Número mensual de explosiones y su energía asociada (DR–desplazamiento reducido-) en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta fines de Enero 2008.

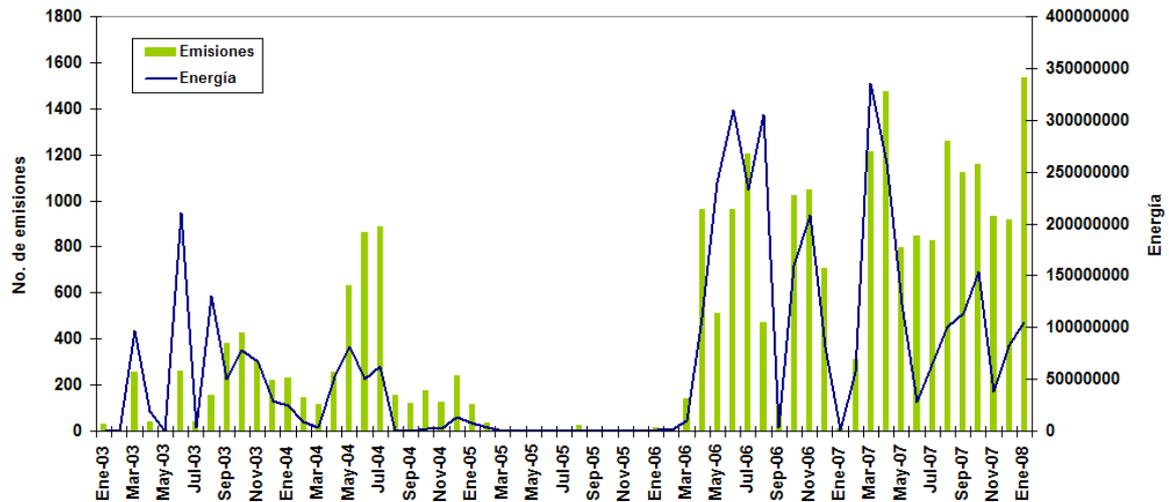


Figura 6. Número mensual de emisiones y su energía asociada (función de la intensidad del movimiento basada en la amplitud y duración) en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta fines de Enero 2008.

2.1 Localizaciones

Debido a problemas fundamentales con el programa de localizaciones, no se presentan el grafico hasta los arreglos están realizados. Posteriormente, se presentan el gráfico

Figuras 7. Localizaciones de eventos durante el mes de Enero 2008.

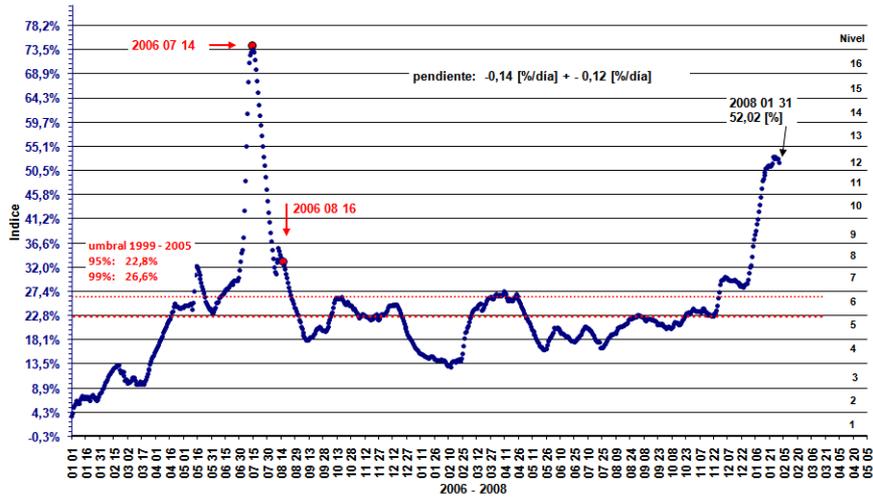
2.2 Índice sísmico

Este parámetro 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 volcánico-tectónicos presentó valores altos y ascendentes en el IAS. Durante el presente mes subió desde nivel 7 a 12 (Figura 8-a). Pese a estar en un nivel que indica una actividad muy alta (Figuras 8-b) el Índice Sísmica Diario no sobrepasan los valores registrados en Julio o Agosto, 2006.

Tampoco, las velocidades ni aceleraciones del índice sísmico (Fig. 8-c y 8-d), no sobrepasaron los umbrales establecidos anteriormente. En Fig. 8-e se observan una comparación entre tres valores del Índice. Finalmente, en Fig. 8-f se observan como durante todo el mes el IAS fue en trayectoria ascendente y solamente en los últimos días del mes se frenó ligeramente.

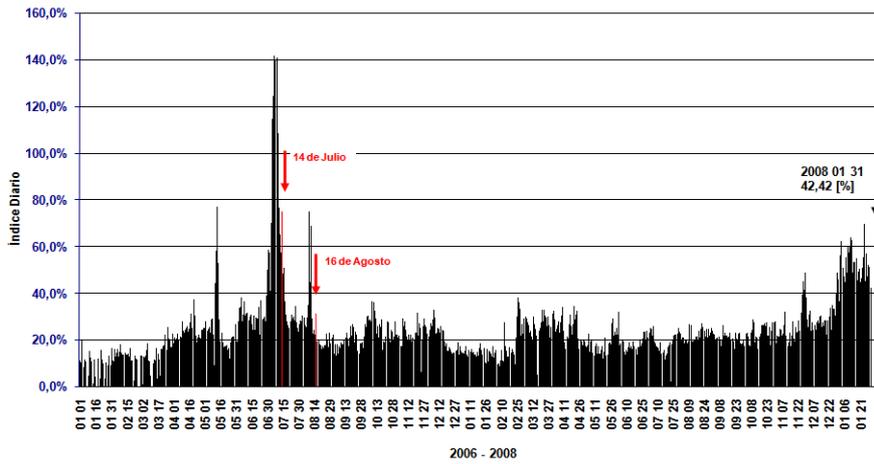


TUNGURAHUA - INDICE DE ACTIVIDAD SÍSMICA (IAS)
(Define la tendencia de los valores diarios)



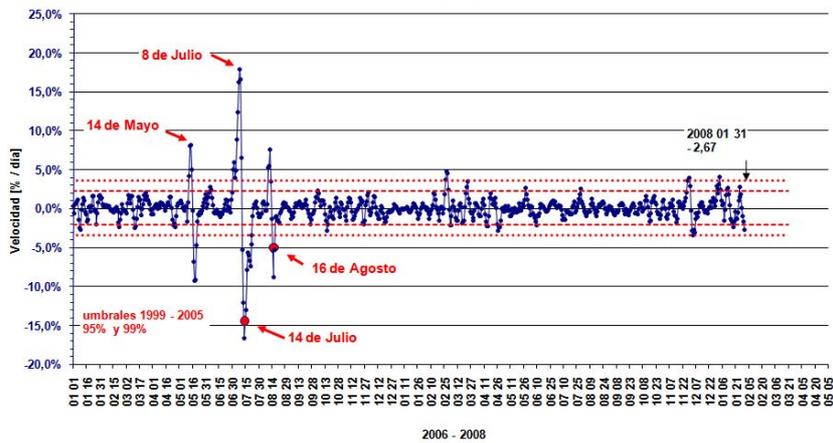
(a)

VOLCÁN TUNGURAHUA
INDICE SÍSMICO VALORES DIARIOS
01 Ene 2006 - 31 Ene 2008



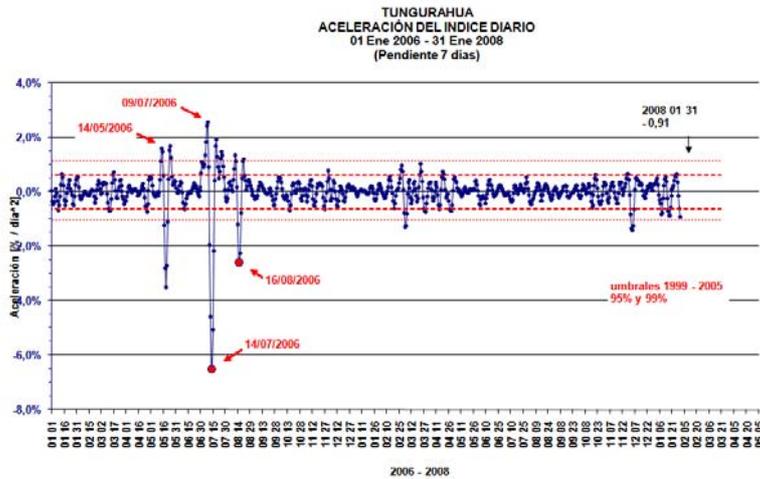
(b)

TUNGURAHUA
VELOCIDAD DEL INDICE DIARIO
01 Ene 2006 - 31 Ene 2008
- Pendiente 7 días -

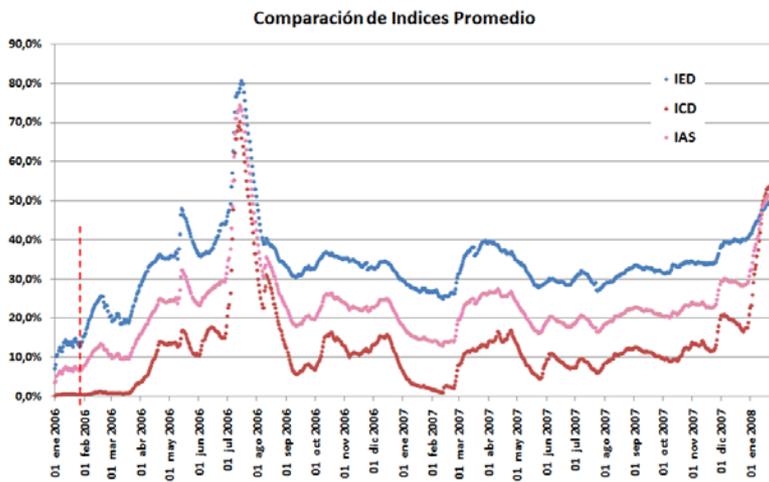




(c)



(d)



(e)

1-ene	2-ene	3-ene	4-ene	5-ene	6-ene	7-ene	8-ene	9-ene	10-ene	11-ene	12-ene	13-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	19-ene	20-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	26-ene	27-ene	28-ene	29-ene	30-ene	31-ene	
8	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(f)

8-a, 8-b, 8-c, 8-d, 8-e y 8-f: 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 y durante el último período, el incremento de la actividad a partir de fines de Noviembre 2007.

2.3 Explosiones



En el mes de enero se analizaron 298 explosiones. Los mayores valores de desplazamiento reducido en la estación de MAS son de 56.7 cm^2 , registrados el 3 de enero a las 14h 24. Este evento también produjo los máximos DRs en la estación de RUN. Los máximos valores de cambios de presión inducidos por las señales de infrasonido son de 320 Pa, y se registraron el 7 de enero a las 22h39 en la estación de MAS a 5.8 km del viento.

En la figura 9-a muestra la distribución de los desplazamientos reducidos de las explosiones en el mes de enero, 2008 en las tres estaciones de banda ancha del proyecto JICA. Se observan dos periodos con altos valores de DR uno entre el 1 y el 8 de enero y el segundo entre el 11 y el 21 de enero. Mientras tanto los valores de infrasonido en las tres estaciones muestran una alternancia de valores altos especialmente entre el 5 y el 10 de enero y el 14 y 31 de enero.

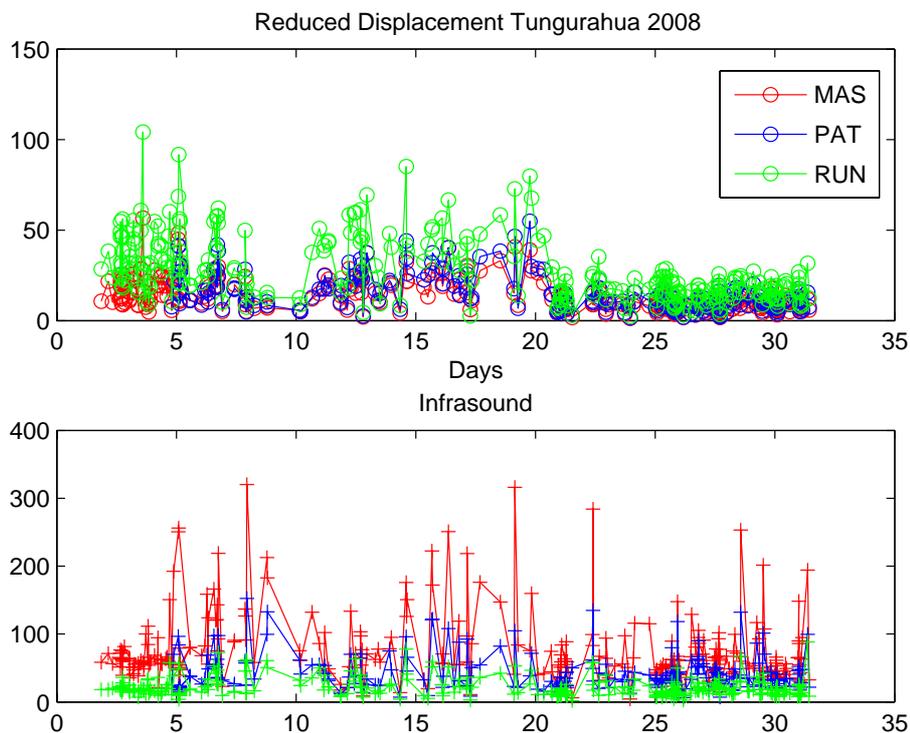


Figura 9-a Desplazamientos reducidos (cm^2) de las explosiones medidas en los sensores sísmicos de banda ancha de la red de JICA (Cooperación Japonesa).

En la figura 9-b En la segunda grafica se observa la relación (proporción) entre los valores de presión registradas por los sensores de infrasonido y los valores de desplazamiento reducido. Aquí se notan periodos en los cuales hay una mayor proporción de energía que se disipa en la atmósfera (es decir un mayor componente de infrasonido) durante el 8 y 10 de enero y durante el 21 al 31 de enero, lo que sugiere que en estos momentos las explosiones eran generadas por fuentes superficiales de gases. Entre el 1 y el 5 de enero y entre el 10 y el 21 de enero en cambio son predominantes las fuentes de explosividad mas profundas. Cabe señalar que entre el 21 de enero y el 31 de enero existe una coexistencia de fuentes superficiales y profundas.

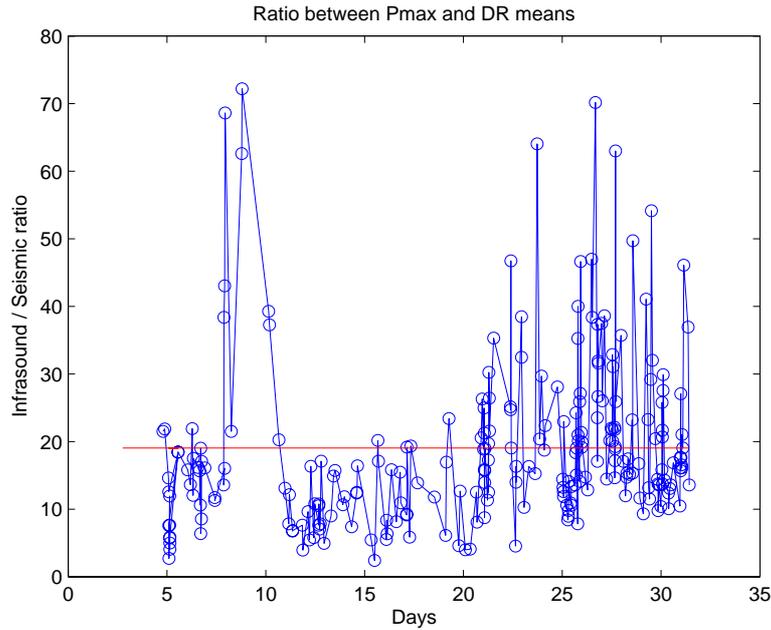
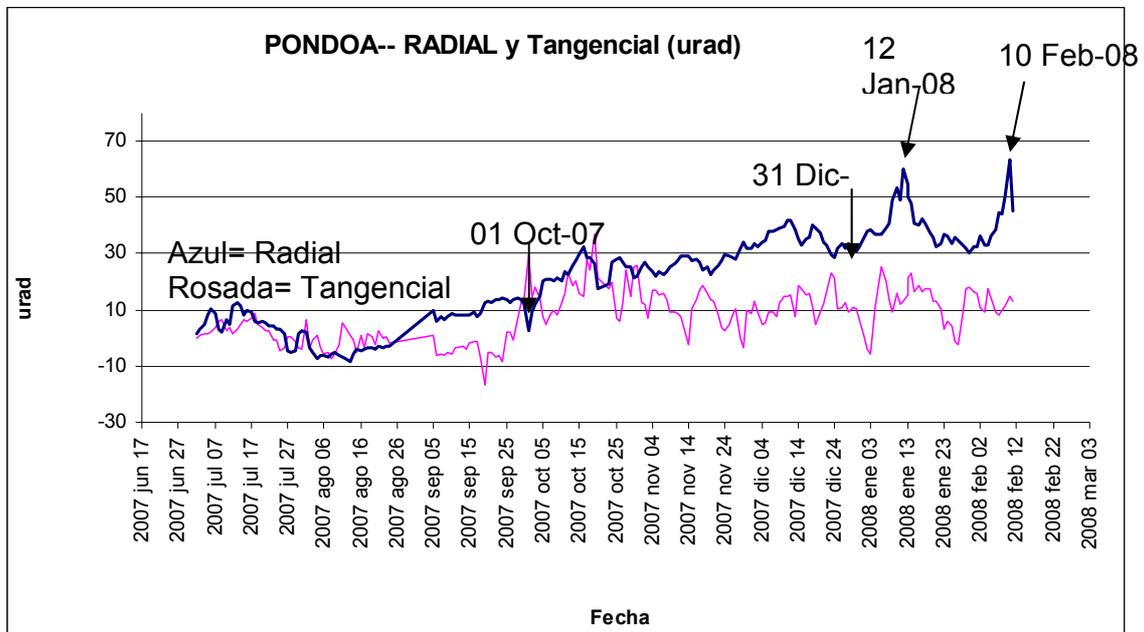
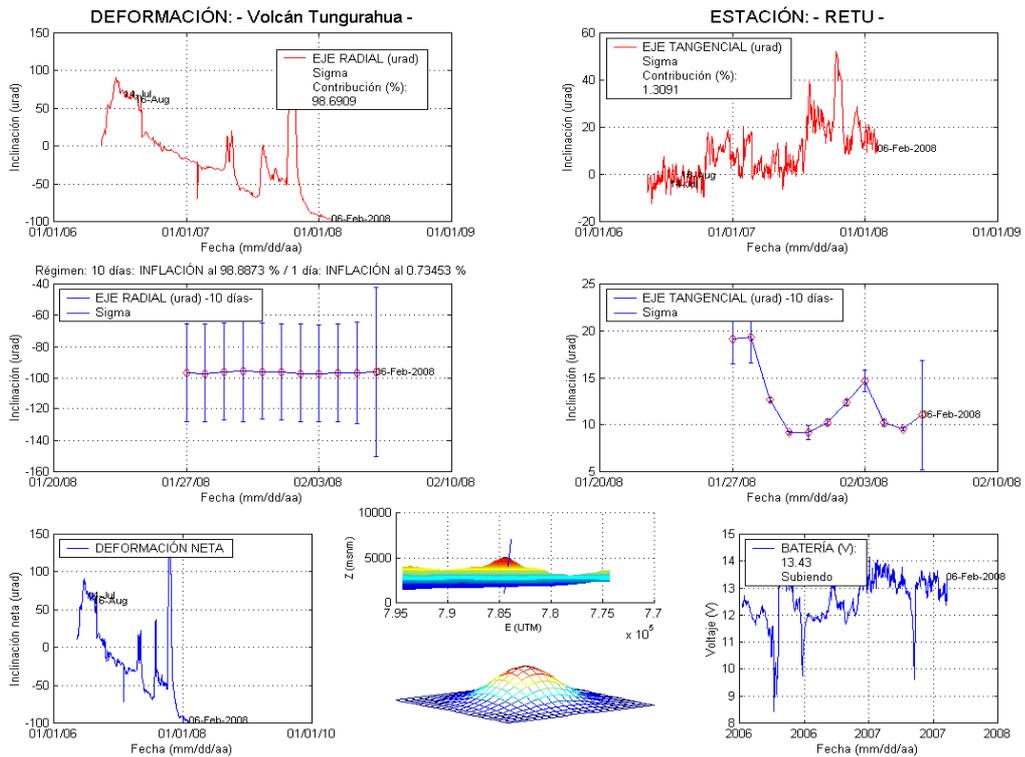


Figura 9-b. Razón de la amplitud de la señal de infrasonido con respecto a la señal sísmica (ASVR). Este parámetro proporciona una idea de la profundidad de la explosión: a mayor valor: más superficial y a menor valor, más profunda.

3. Deformación

En Enero, 2008 las tendencias observadas en los datos provenientes de las dos estaciones fueron: deflación continua en RETU y mayormente inflación en PONDOA. El patrón observado en RETU fue más marcado y continuo, mientras que PONDOA empezó con una tendencia inflacionaria que resulto en 30 microdianas de cambio positivo. Al partir del 12 de enero se bajo paulatinamente, hasta llegar al fin del mes al nivel de donde empezó en los principios de enero. Se sugiere que el patrón de deflación en RETU se debe a la desgasificación continua que estuvo ocurriendo en las partes superiores del cono y por movilización de fluidos, no permitiendo una fuente constante de presión. Mientras se relacione la tendencia inflacionaria mostrada en Pondoá con bultos de gas y poco material magmático cuya presión disipó en el ascenso a la superficie.



Figuras 10-a y 10-b Representación de los valores de los ejes radial y tangencial de las estaciones inclinométricas de Retu y Pondoá, hasta principios de Febrero de 2008.

4. Geoquímica

Emisiones



La medición del flujo de SO₂ 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 SO₂ 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 SO₂, 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 Enero de 2008 el flujo de gas SO₂ del volcán Tungurahua mostró una tendencia estable con valores que fluctuaron entre las 500 y 1500 t/d. El valor medio medido fue de 875 t/d con una variabilidad (desviación estándar) de 395 t/d, es decir, se mantuvo una emisión de gases menos variable que en los meses anteriores. La tasa de emisión registrada corresponde a una emisión estimada de 27125 t de SO₂ durante el primer mes de 2008.

Las condiciones de observación fueron regulares, sin embargo, la red de instrumentos de medición de gases que logra una cobertura casi completa de las nubes de emisión volcánica, detectó la presencia de gas todos los días. La emisión se caracterizó por ser permanente, alimentada por frecuentes pulsos explosivos (> 100 eventos por día). Además, hubo una importante carga de ceniza en la pluma que pudo agregar un factor de incertidumbre en la medida de gas volcánico poco despreciable (hasta de un 50%) y difícil de cuantificar.

El dinamismo eruptivo, en general, y el patrón de desgasificación del volcán, en particular, sugieren que la zona de recarga de material magmático se encuentra llena y que su aporte de material profundo casi equipara la tasa de emisión, lo que determina un proceso de liberación de energía permanente y casi estacionario, que presenta ciertas variaciones en su intensidad, y consecuente dinamismo eruptivo, propias de un sistema complejo como es el volcán. Mientras no se presenten condiciones diferentes en el régimen de presión interna del volcán, lo que ha ocurrido hasta el cierre de este informe, se prevé un comportamiento eruptivo similar en el corto plazo.

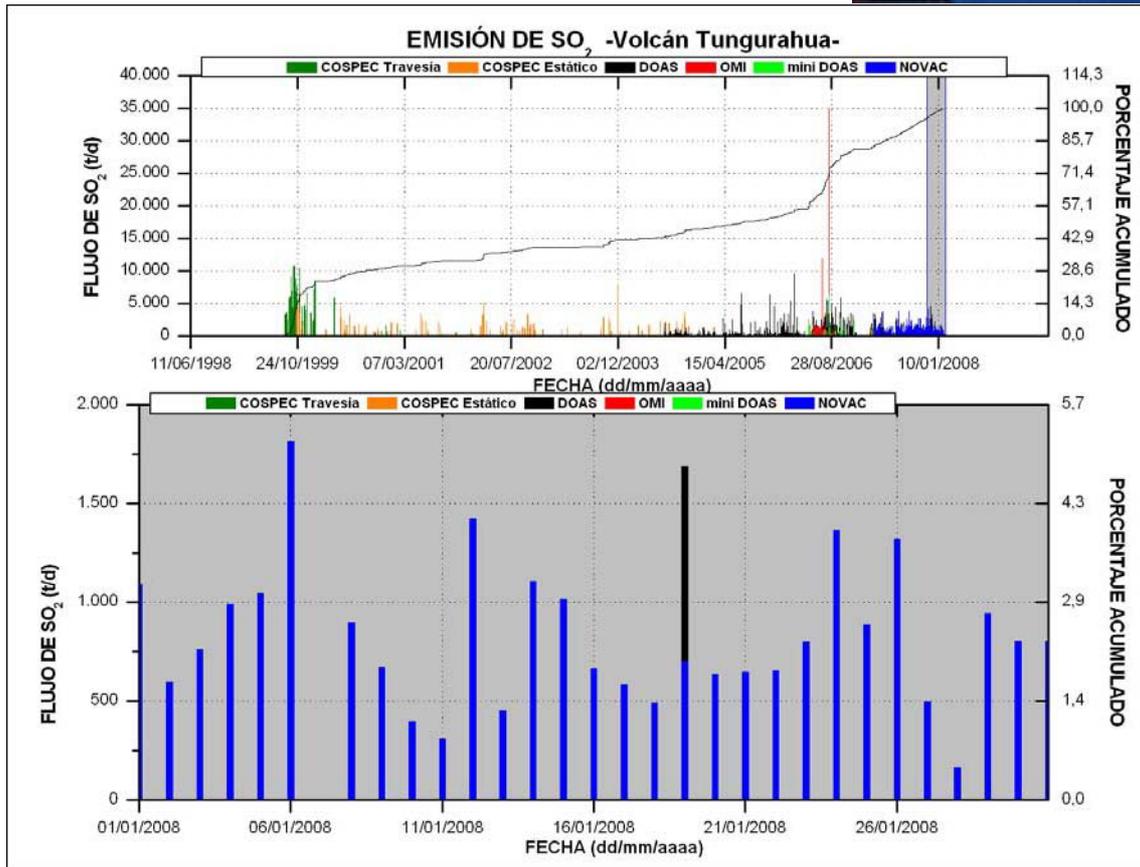


Figura 11-a. (Arriba) Conteo acumulado de rangos de emisión de SO₂ medidos con el método DOAS de operación permanente. (Abajo) Histograma de frecuencias de flujos diarios de SO₂ medidos con el método DOAS

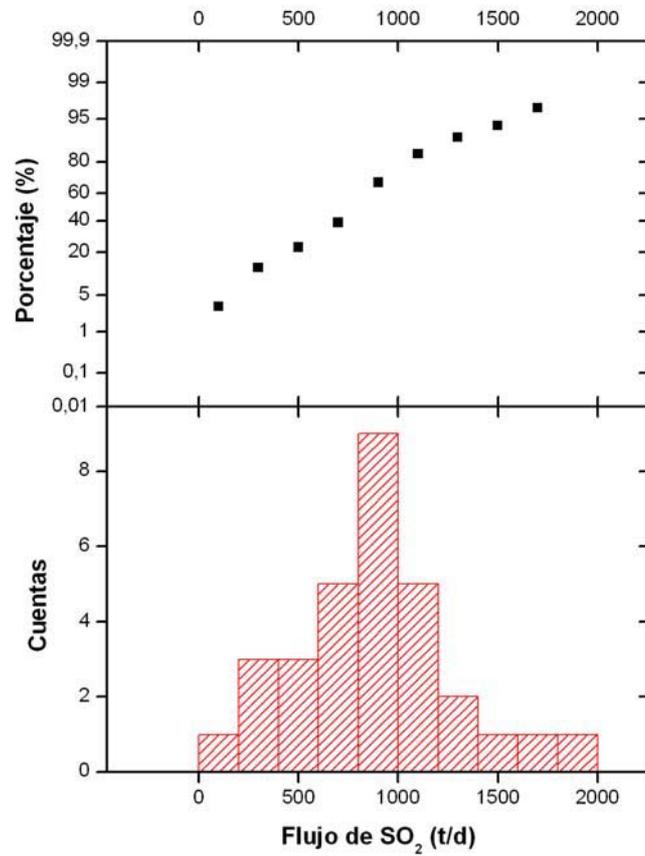
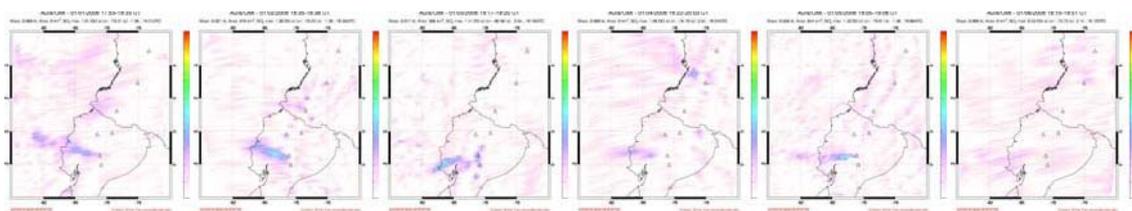
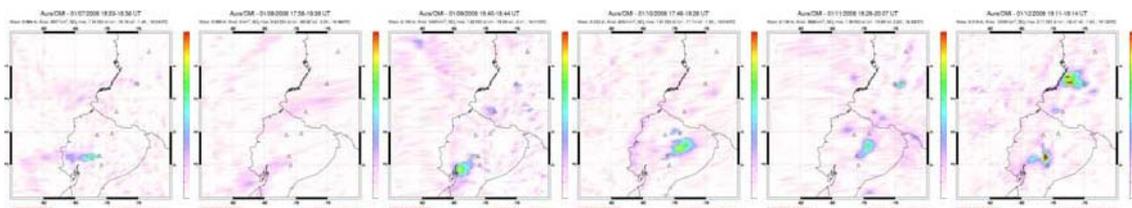


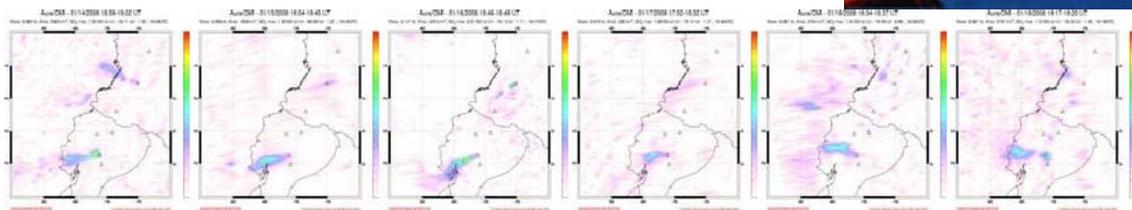
Figura 11-b. Estadísticas mensuales: Valor medio: 875 t/d. Variabilidad (1σ): 395 t/d. Valor máximo: 1816 t/d (6 de Enero). Emisión estimada: 27125 t de SO₂.



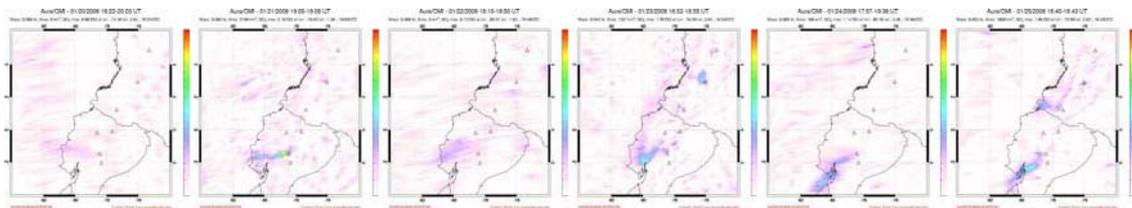
Jan 01, 2008 Jan 02, 2008 Jan 03, 2008 Jan 04, 2008 Jan 05, 2008 Jan 06, 2008



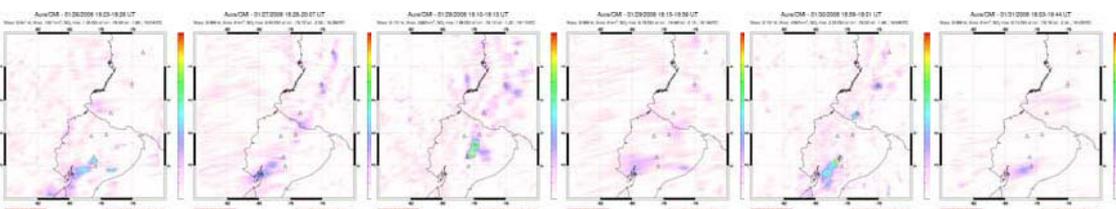
Jan 07, 2008 Jan 08, 2008 Jan 09, 2008 Jan 10, 2008 Jan 11, 2008 Jan 12, 2008



Jan 14, 2008 Jan 15, 2008 Jan 16, 2008 Jan 17, 2008 Jan 18, 2008 Jan 19, 2008



Jan 20, 2008 Jan 21, 2008 Jan 22, 2008 Jan 23, 2008 Jan 24, 2008 Jan 25, 2008



Jan 26, 2008 Jan 27, 2008 Jan 28, 2008 Jan 29, 2008 Jan 30, 2008 Jan 31, 2008

Figura 11-c. Imágenes generadas en base a observaciones satelitales con el instrumento OMI (NASA/JCET/UMBC) correspondientes al mes de Enero de 2008 (Cf. http://so2.umbc.edu/omi/pix/daily/0108/ecuador_0108.html).

Geoquímica de las Aguas Termales

Existen cuatro fuentes termales asociadas al volcán Tungurahua, estas son: El Salado, La Virgen, Santa Ana y Palictagua. Las tres primeras ubicadas en el flanco norte del volcán y la última al lado sur del volcán. En cada una de estas vertientes se realizan medidas periódicas in situ de sus propiedades físico-químicas (temperatura, pH y conductividad), así como también se toma una muestra de agua (1 litro), la que posteriormente es analizada en el laboratorio (EPN y ANNCY desde diciembre del 2007) el contenido de: cationes Bicarbonatos (CO_3^{2-}), Sulfatos (SO_4^{2-}) y Cloruros (Cl^-); aniones Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+ , así como también la concentración de Sílice. Todos estos componentes son medidos en mg/l.

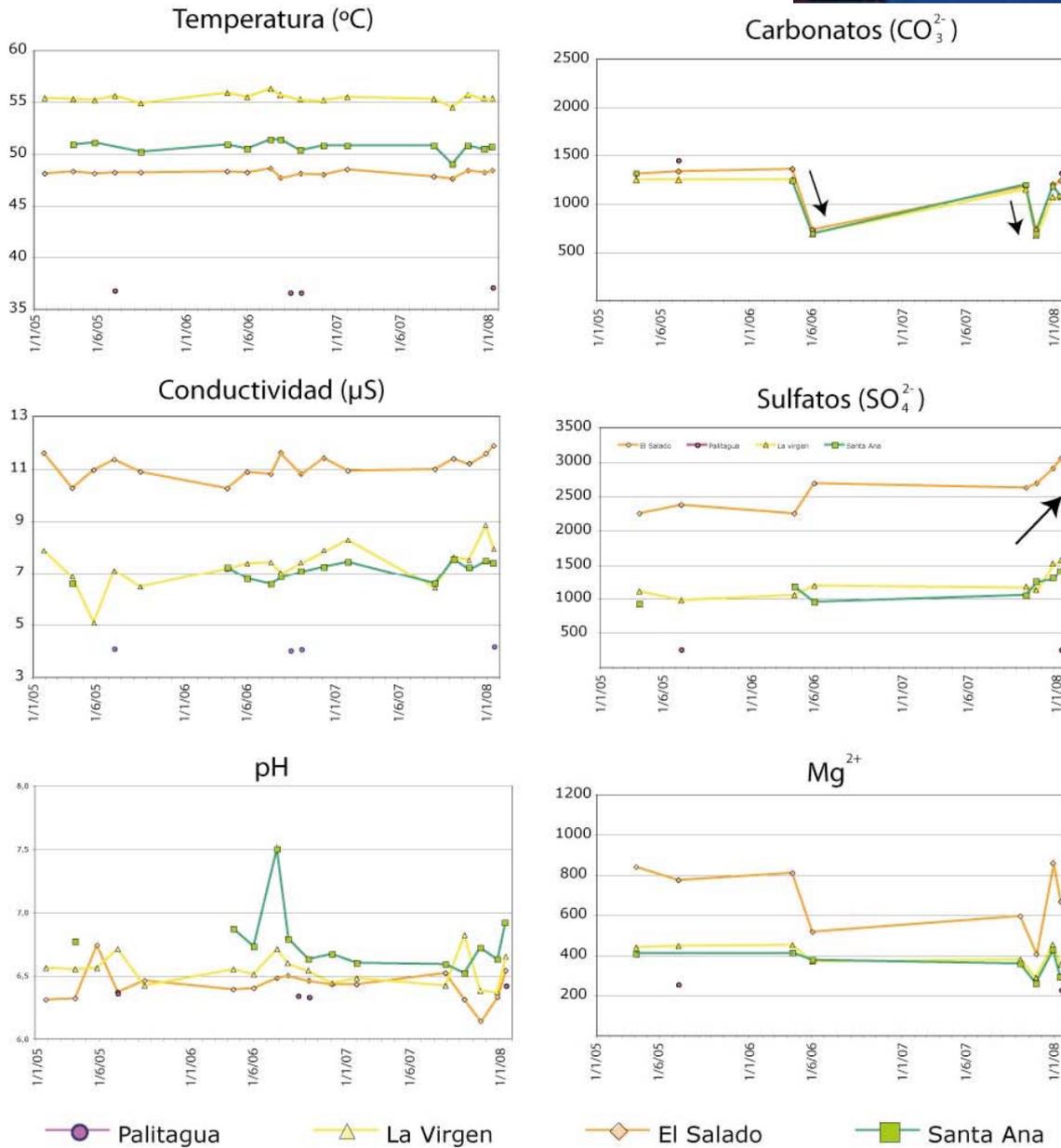


Fig. 11-d. Variación temporal de las propiedades físico-químicas y de algunos componentes químicos que son monitoreados en el volcán Tungurahua, los datos presentados en estos gráficos son del año 2005 hasta la fecha. El monitoreo de las fuentes se lo realiza desde el año 1994.

El muestreo se lo realizó en todas las fuentes termales entre el 16 y el 19 de enero. Respecto a las propiedades físico-químicas únicamente el pH muestra un incremento en todas las fuentes, siendo más notorio en Santa Ana, sin que este pico alcance valores similares a los reportados en el mes de julio del 2006.

En lo que respecta a los componentes químicos se nota un claro y continuo incremento del contenido de Sulfatos desde octubre del 2006, alcanzando este mes el valor más alto registrado desde 1994 (e.g. 3050 mg/l -El Salado), asimismo el contenido de Cloruros de todas las fuentes cayó en este mes, registrándose los valores más bajos desde 1994.



Tras la ocurrencia de continuas lluvias se llegaron a disparar varios lahares que descendieron por diversas quebradas, la siguiente tabla presenta un resumen de las principales características de estos flujos:

Fecha	Quebrada	Tamaño cualitativo	Observaciones
Domingo 6	Bilbao	Mediano	No fue detectado por el AFM, este se encontraba averiado.
	La Pampa	Agua lodosa	
Martes 29	Mapayacu	Pequeño	
	Bilbao	Pequeño	
	La Pirámide	Pequeño	
	Mandur	Pequeño	
	La Pampa	Pequeño	Se cierra la vía
Miércoles 30	Mandur	Agua lodosa	
	Vazcún	Crecida	

Adicionalmente, el jueves 31 tras intensas lluvias en la parte SW del volcán, se produjo un aluvión en la quebrada de Chacauco, cerrando el paso entre Bilbao y Chacauco. La vía fue habilitada pocos días después.

6. Nubes de Ceniza

Durante el mes de enero 2008, las nubes de ceniza generadas por las explosiones y emisiones alcanzaron alturas máximas entre 19000 pies y 28000 pies. Estas nubes fueron llevadas por los vientos principalmente hacia el W, NW, SW y E en la mayor parte del mes. Estas, generaron caídas de ceniza con mayor frecuencia hacia el NW y WS del volcán y en ocasiones ligeras caídas de ceniza en la ciudad de Ambato y Baños, e inclusive en forma moderada en la ciudad de Riobamba, a mediados y finales de mes. Las nubes de ceniza más energéticas y por lo tanto con mayor área de influencia ocurrieron hacia inicios de este mes.

Cabe mencionar que la cantidad de ceniza acumulada desde el 17 de diciembre del 2007 hasta el 30 de enero del 2008 es aproximadamente 2 mm en espesor promedio. Sin embargo, en el cenizómetro del sector de Choglontus se ha acumulado aproximadamente 12 mm de ceniza.

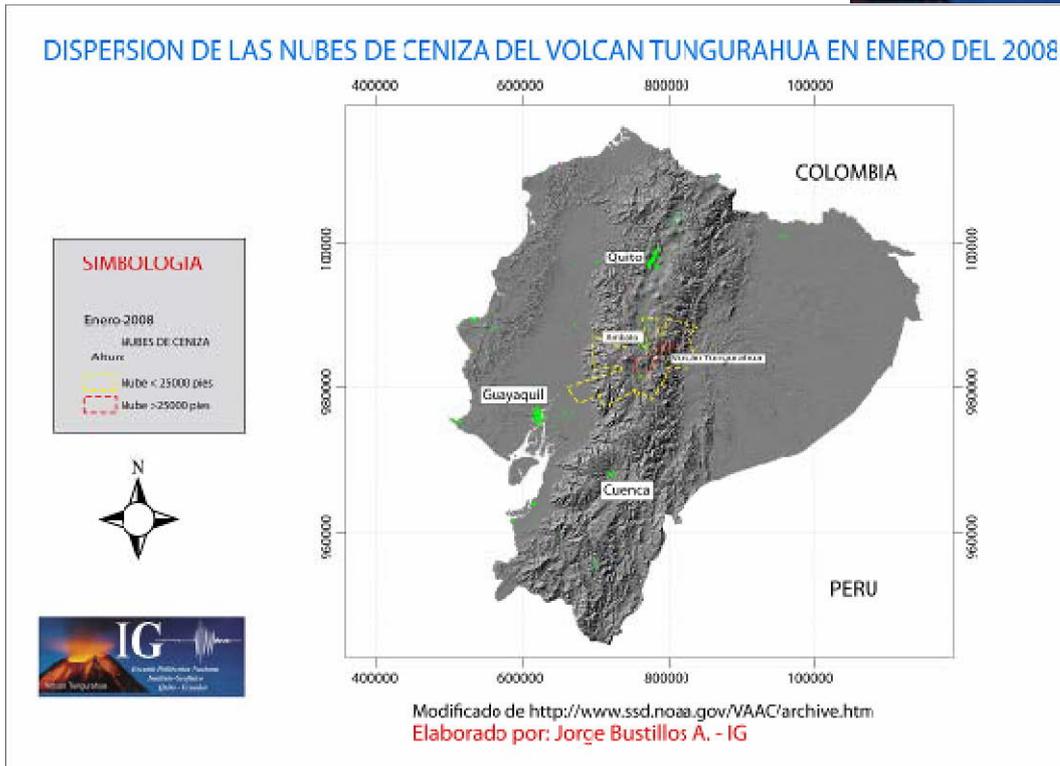


Figura 13. *Dispersión de las nubes de ceniza en Diciembre del 2007.*
Modificado de: <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/archive.html>.

7. Conclusiones

Se ve durante el presente mes que los gases y nuevo material magmático lograron perturbar el sistema hidrotermal y la parte superior del cono, llegando de producir mas de 4400 explosiones durante el mes, la mayoría pequeñas y un gran número de sismos LP's. El alza en el nivel del IAS es resultado del ingreso de estos gases y el nuevo material. Con todo el sistema todavía en un nivel de alta liberación de energía, es probable que produzca actividad eruptiva todavía de importancia en las semanas siguientes.

Grupo de sismología

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

Grupo de vulcanología

Patricia Mothes pmothes@igepn.edu.ec
Patricio Ramón pramon@igepn.edu.ec
Diego Barba dbarba@igepn.edu.ec
Santiago Arellano sarellano@igepn.edu.ec
Jorge Bustillos jbustillos@igepn.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. En especial se da agradecimientos a la Familia Chávez por estar el OVT en su Hacienda Guadalupe.

05 Marzo, 2008 - Quito