ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
INSTITUTO GEOFISICO
Campus Ing. José Rubén Orellana
Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

Resumen Mensual
Actividad del Volcán Tungurahua, Diciembre del 2008

Volcán totalmente despejado, se observa columna de emisión de 1.5 km snc y con dirección al N, la cantidad de ceniza es baja, 16 Dic., 2008 (Foto: J. Bustillos, IG-OVT).

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
7. Conclusiones

1. Síntesis General de la Actividad

La actividad eruptiva durante el mes de Diciembre, 2008 fue bruscamente ascendente debido a un incremento de sismos de largo periodo durante la segunda semana, probablemente el producto del nuevo ingreso de magma que empezó por los numerosos sismos de fractura entre Agosto y Octubre, 2008. La primera explosión ocurrió el 17 del mes y posteriormente se incrementó para producir 465 eventos explosivos en todo el mes. Hay que recuerdar que las ultimas explosiones fueron hace 4 meses atrás en Agosto.

En total se registro 361 eventos sísmicos, de los cuales, la mayoría fueron eventos de largo periodo. Este valor es similar de lo que fue registrado el mes anterior. El número de sismos de fractura (VT´s) fue poco—solo 11 eventos, uno que fue sentido en Baños el 12 de Diciembre (07h57TU) y cuya magnitud llego a 2.7. Otros VT´s registrados el 07 y 16 de Diciembre tuvieron magnitudes de 2.9 y 2.7. Los registros de emisiones de vapor y ceniza tuvo una alza importante hasta llegar a 465 episodios. Por otro lado, el tremor armónico también se presentó en franjas fuertes durante el 22-31 del mes. La energía fue tanto que estaciones dístales como Antisana y Cayambe registraron las vibraciones

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

El registro de niveles de energía sísmica generado por el Tungurahua continuaba ascendiendo desde nivel 3alto a 6alto en el IAS, especialmente notable en las ultimas dos semanas. El flujo diario de SO_2 tuvo un promedio de 942 t/d con una desviación estándar de 1226 t/d. Este valor es casi 10 veces mayor al promedio registrado en noviembre. El valor máximo medido fue de 5659 t/d el 19 de diciembre y el valor estimado de emisión de SO_2 en la atmósfera para este mes alcanza el valor de 29202 t.

En respecto a la deformación registrada en tres estaciones inclinométricas, se registraba por la primera vez en meses alzas en unos ejes, sugiriendo inflación desde los principios del mes. La presencia de ceniza fue variable, particularmente pasando el 17 del mes. Las cenizas fueron arrojadas hacia al occidente, suroccidente y al oriente.

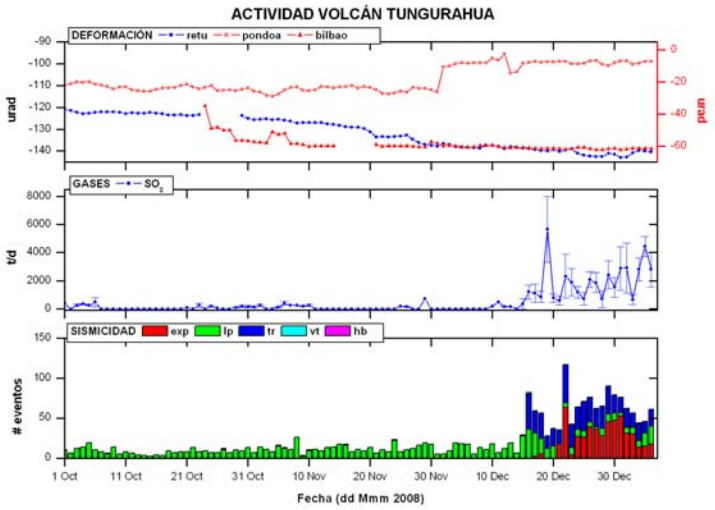


Figura 1. *Resumen de la actividad del Volcán Tungurahua desde Octubre, 2008 al principios de Enero, 2009, empleando datos de sismicidad, gas-SO_2 y deformación. En general durante este mes se nota un incremento importante en los valores de sismicidad, un alza neta en los valores de Pondoa inclinómetro y un ascenso importante en los valores del gas SO2.*

2. Sismicidad

El monitoreo sísmico del volcán Tungurahua se realizó utilizando la red de estaciones telemétricas de periodo corto, la red de estaciones de banda-ancha de la Cooperación JICA-Instituto Geofísico y la estación de periodo medio de la cooperación Alemana.

En general el volcán presentó en este mes señales sísmicas propias de volcanes activos, tales como sismos de largo periodo (LP) y sismos volcano-tectónicos (VT), con componente de fractura y tremores de emisión igual como armónicos.

En Diciembre se registró un número total de 361 eventos sísmicos, la mayoría LP´s. El número total semanal varían entre 32 y 142 eventos— valor que es muy similar de lo registrado el mes anterior. El promedio de eventos/día fue 11.6 comparado con 10.7 en

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

Noviembre. El número de sismos VT´s fue 11 eventos que ocurrieron durante el mes, que es dos veces el número registrado el mes de Noviembre.

La incidencia de tremores de emisión y de explosiones fueron crecientes durante el segunda y tercera semanas del mes.

En general la actividad sísmica del volcán Tungurahua mostró una tendencia de ascenso brusco durante el mes, para ubicarse en nivel 6alto del Indice de Actividad Sísmica.

Período	Sismicidad total	LP	VT	HB (Híbridos)	Emisiones	Explosiones
1-7 Dic.	57	53	4	0	0	0
8-15 Dic.	130	129	1	0	0	0
16-23 Dic.	142	136	6	0	229	117
24-31 Dic.	32	32	0	0	227	345
Total Dic 2008	**361**	**350**	**11**	**0**	**456**	**462**
Total Nov 2008	322	316	6	0	4	0
Total Oct 2008	197	193	4	0	0	0
Total Sept/2008	611	598	13	0	0	0
Total Agosto/2008	873	856	17	0	269	64
Total Julio /2008	841	838	3	0	803	295
Total Junio/2008	1032	1024	8	0	386	9
Total May/2008	1640	1633	7	0	2930	800
Total Abr/2008	2680	2672	8	0	950	51
Total Mar/2008	958	947	11	0	499	22
Total Feb/2008	1503	1495	8	0	363	738
Total Ene/2008	3707	3706	1	0	1534	6403
Total Dic/2007	2463	2455	8	0	916	1335
Promedio Diario Dic/2008	**11.6**	**11.3**	**.35**	**0**	**14.7**	**14.9**
Promedio Diario Nov/2008	10.7	10.53	0.20	0	0.13	0
Promedio Diario Oct/2008	6.4	6.2	0.12	0	0	0
Promedio Diario Sept/2008	20.3	20	0.43	0	0	0
Promedio Diario Agosto/2008	28.16	27.61	0.54	0	8.67	2.06
Promedio diario Julio/2008	27	27	.09	0	26	9.5
Promedio diario Junio/2008	34.4	34.1	0.27	0	12.9	0.39
Promedio diario May/2008	52.9	52.7	0.22	0	97.7	25.80
Promedio diario Abr/2008	89.33	89.06	0.27	0	31.7	1.7
Promedio diario Mar/2008	31	31	0.35	0	16	0.70

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

Promedio diario Feb/2008	51.82	51.6	0.27	0	12.48	25.48
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

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

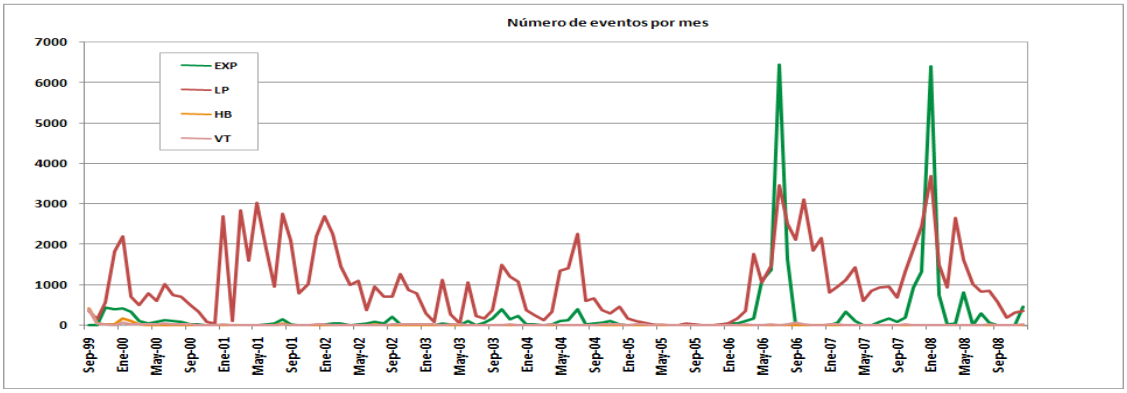


***Figura 2.** Número de sismos mensuales registrados en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta fines de Diciembre de 2008.*

Campus Ing. José Rubén Orellana
Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

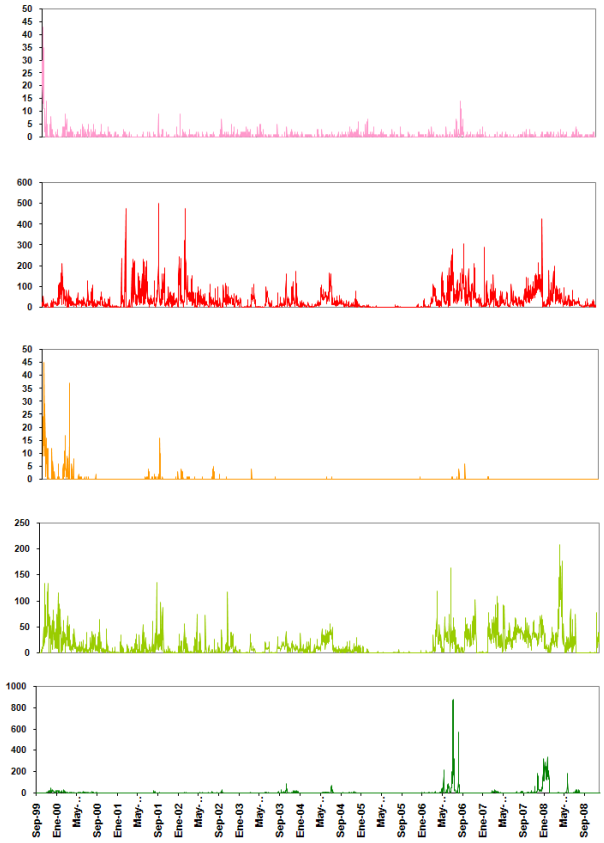


Figura 3. *Número diario eventos volcano-tectónicos (VT), largo período (LP), híbridos (HB), emisiones y explosiones en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta fines de Diciembre de 2008 (en el orden indicado).*

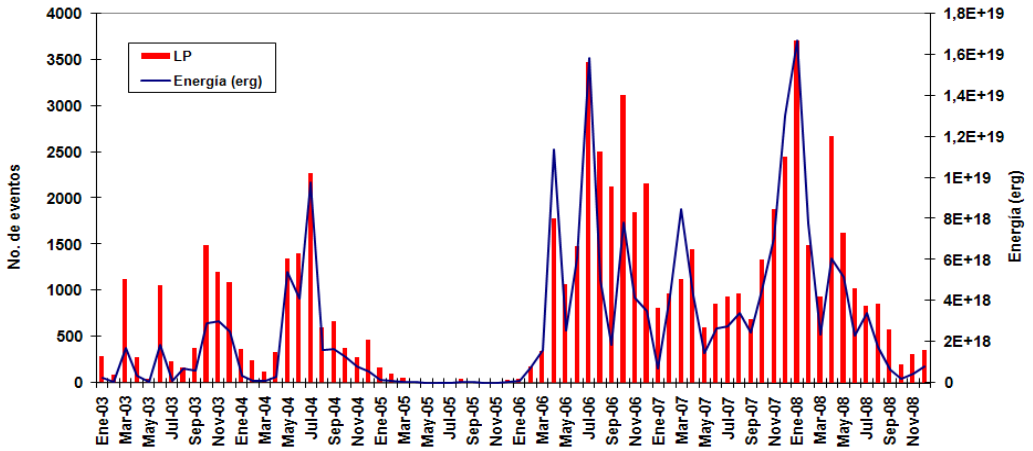


Figura 4. *Número mensual de eventos de largo período y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta fines de Diciembre, 2008.*

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

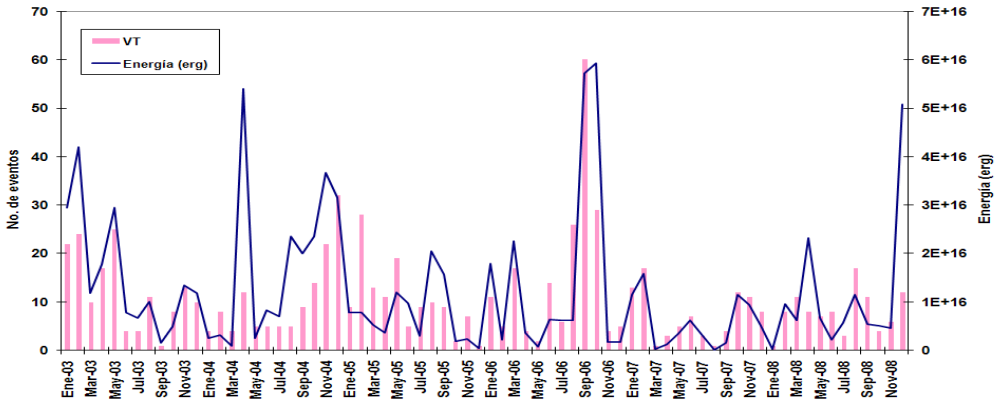


***Figura 5**. Número mensual de eventos volcano-tectónicos y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta fines de Diciembre, 2008.*

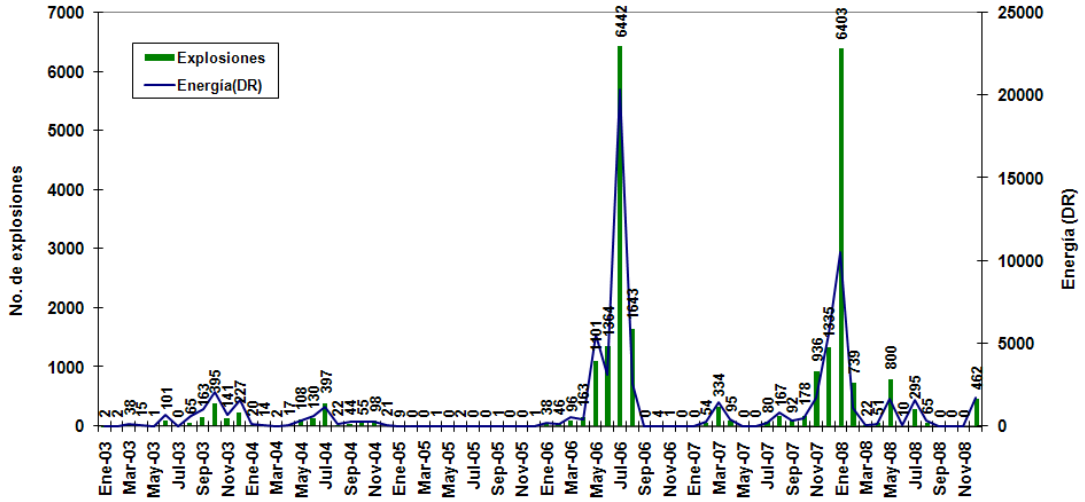


***Figura 6.** Número mensual de explosiones y su energía asociada (DR–desplazamiento reducido-) en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta fines de Diciembre, 2008.*

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

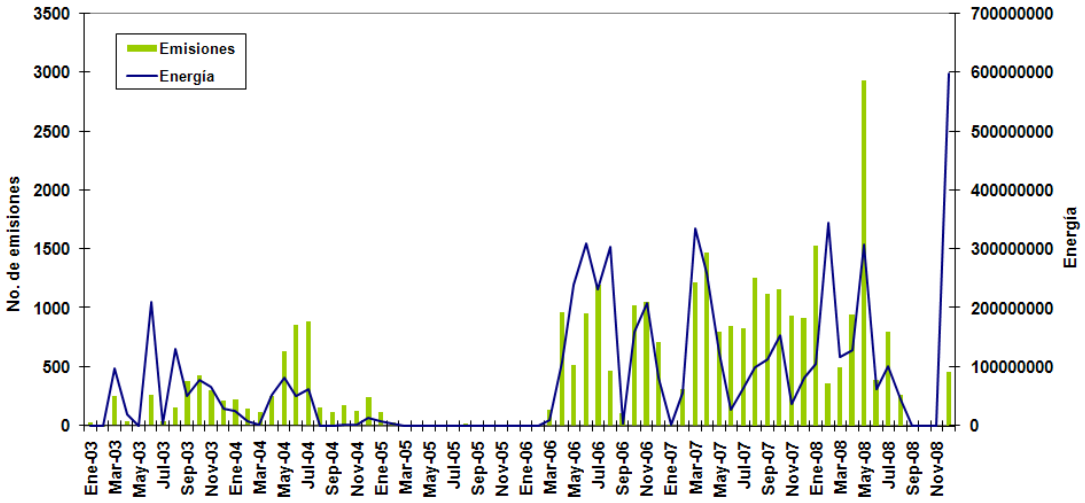


Figura 7. *Número mensual de emisiones y su energía asociada (función de la intensidad del movimiento basada en la amplitud y duración) en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta fines de Diciembre, 2008.*

2.1 Localizaciones

Durante el mes de Diciembre, se localizaron seis eventos VT´s de las señales registradas. Estos eventos de fractura se presentaron profundidades entre 2 km y 10 km bajo la cumbre. Las explosiones están ubicadas entre -4 y 0 km debajo la cumbre.

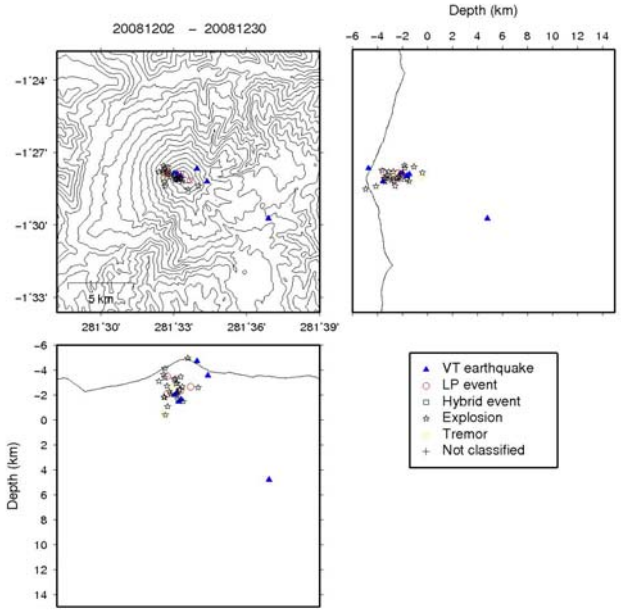


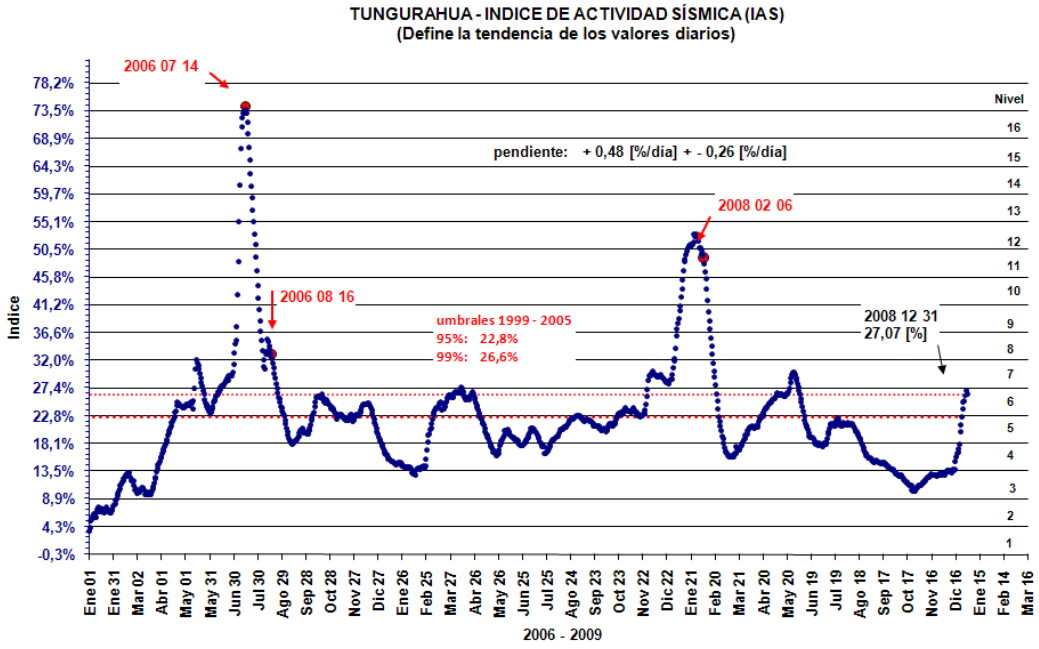
Figura 8. ***Localizaciones de eventos sísmicos durante el mes de Diciembre, 2008.***

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

Índice sísmico

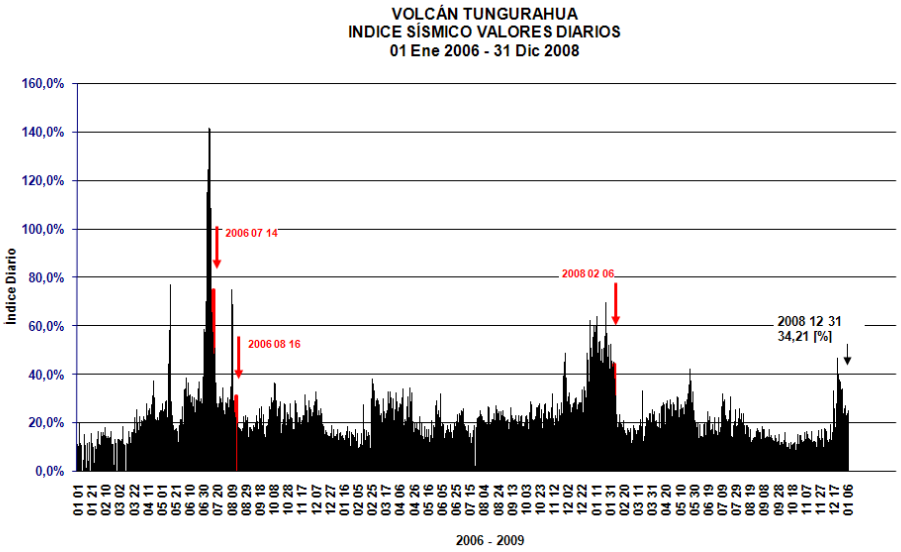
Este parámetro es una medida adimensional que resume en un solo valor tanto la energía como el número de eventos de todas las señales sísmicas: explosiones, tremor, eventos de largo período, eventos híbridos y eventos volcano–tectónicos presentó valores moderados y ascendentes en el IAS. Durante el presente mes de Diciembre, 2008 subió desde nivel 3 a nivel 6 alto (Figura 9-a). El patrón de ascenso ha sido con un pendiente pronunciado desde la segunda semana. En el Índice Sísmico Diario (ISD) (Figura 9-b) puede apreciar que los niveles siguen en su subida en comparación con meses anteriores.

Las velocidades del VID tuvieron importantes alzas en el principio y de luego freno en los finales del mes debido a una disminución en el número de LP´s y su energía (Figura 9-c). Igualmente bajaron las aceleraciones hacía los finales del mes (Figura 9-d). En la Figura 9-e se observa las tendencias de las tres componentes del índice mostrando que el ascenso del índice se debe un incremento leve en el número de eventos, sino a que también estos fueron más intensos cada vez.

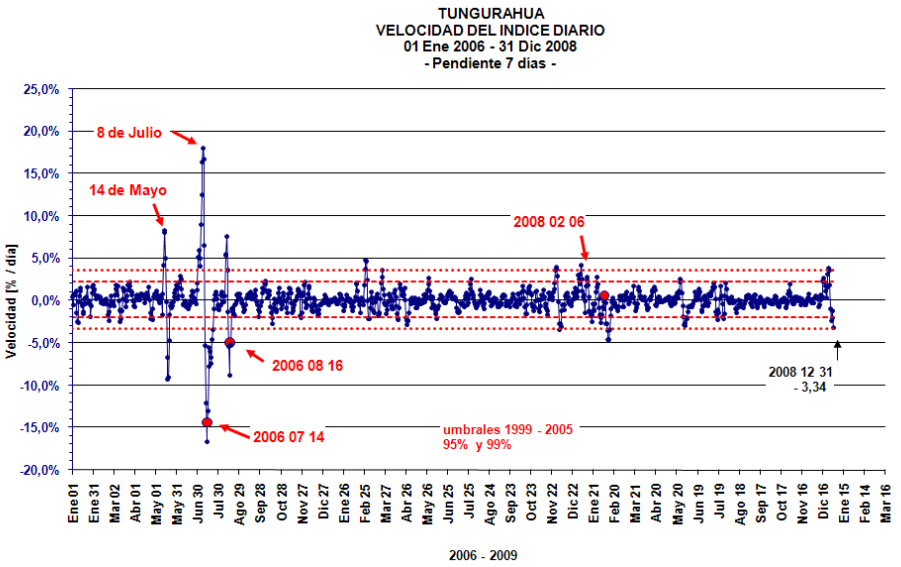


(a)

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

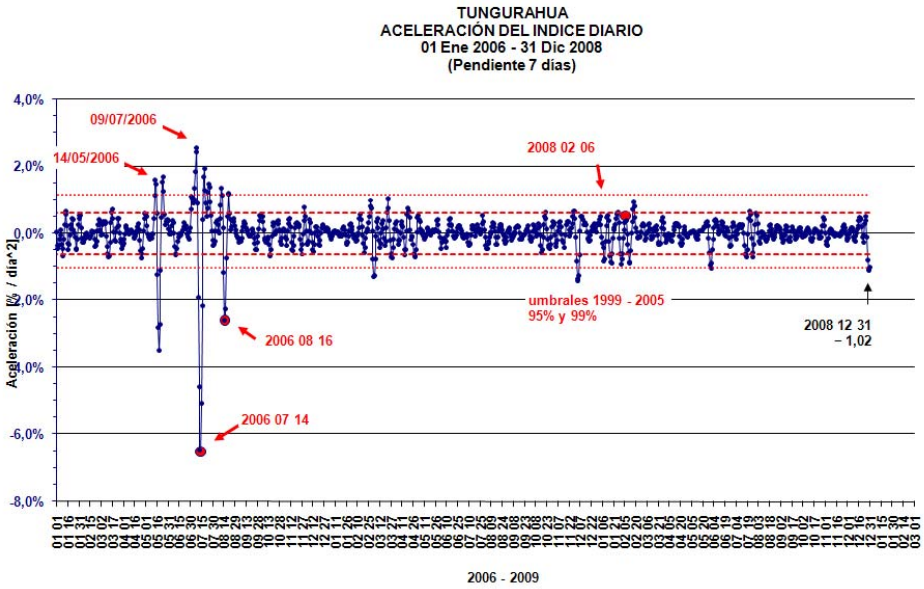


(b)

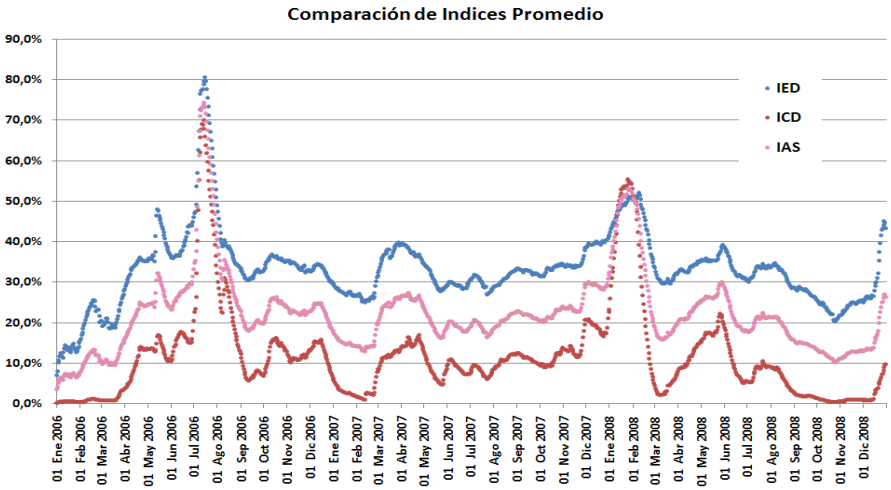


(c)

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec



(d)



(e)

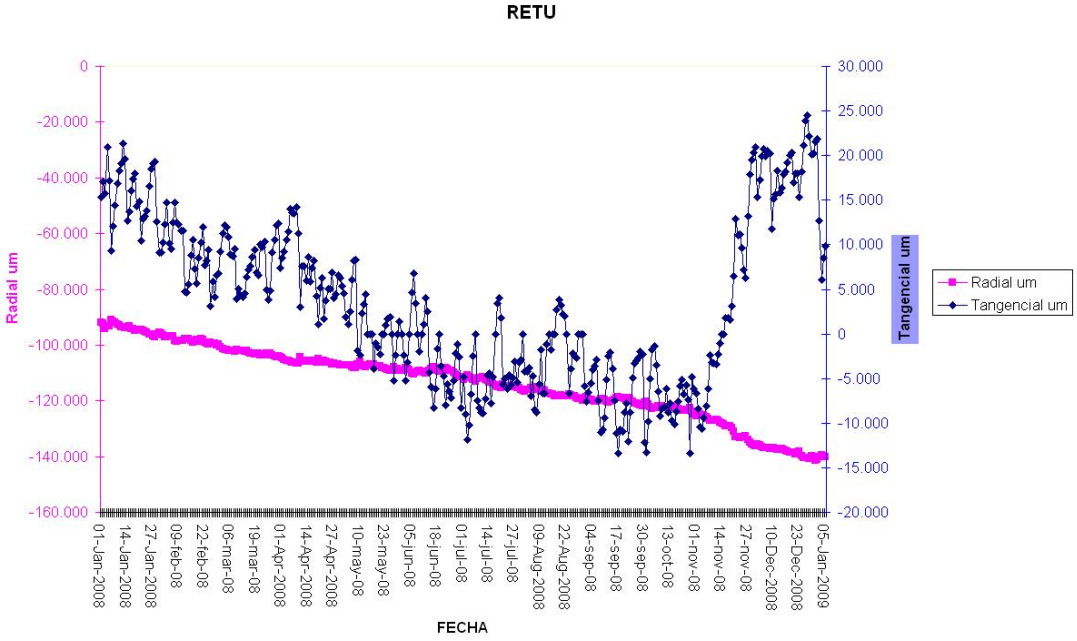
Figuras 9-a, 9-b, 9-c, 9-d y 9-e: *Índice sísmico, tendencia de la variación diaria, nivel de actividad, velocidad y aceleración de la variación del índice sísmico durante Diciembre, 2008. Se resaltan los valores para las erupciones del 14 de julio y 16-17 de agosto y los valores mayormente estables durante los meses de Septiembre-Diciembre, 2006 y Enero, 2007. Luego hubo los periodos entre Marzo a Mayo, 2007 y fines de Noviembre 2007 hasta principios de Febrero de 2008, cuando la actividad fue muy destacable. En el mes de Diciembre, 2008, el nivel de actividad fue mayormente ascendente hasta llegar al nivel de 6alto.*

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

3. Deformación

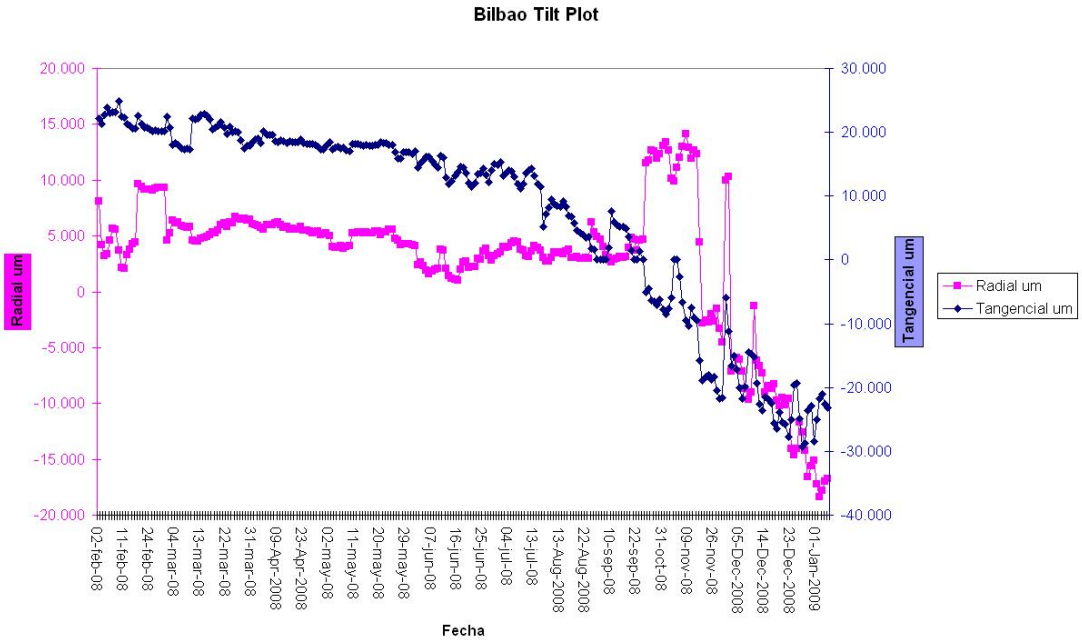
Durante el mes de Diciembre, la tendencia registrada en tres estaciones de inclinometría fue variable y tuvo cambios dado el estado interno de compresión en el volcán. En Retu se nota que los valores del eje tangencial establecidos previamente quedaron altos, indicando inflación en este eje. Mientras que el eje radial acentuó en su tendencia de deflación.

Bilbao tuvo pocas variaciones notables, excepto de una tendencia deflacionaria en los dos ejes, por todo el mes de Diciembre. Estos patrones indiquen que hubo cambios de esfuerzos internos en el volcán. Mientras que Pondoa mostró un patrón caótico y no muy creíble durante este mes, sin embargo, no hubo cambios mayores.

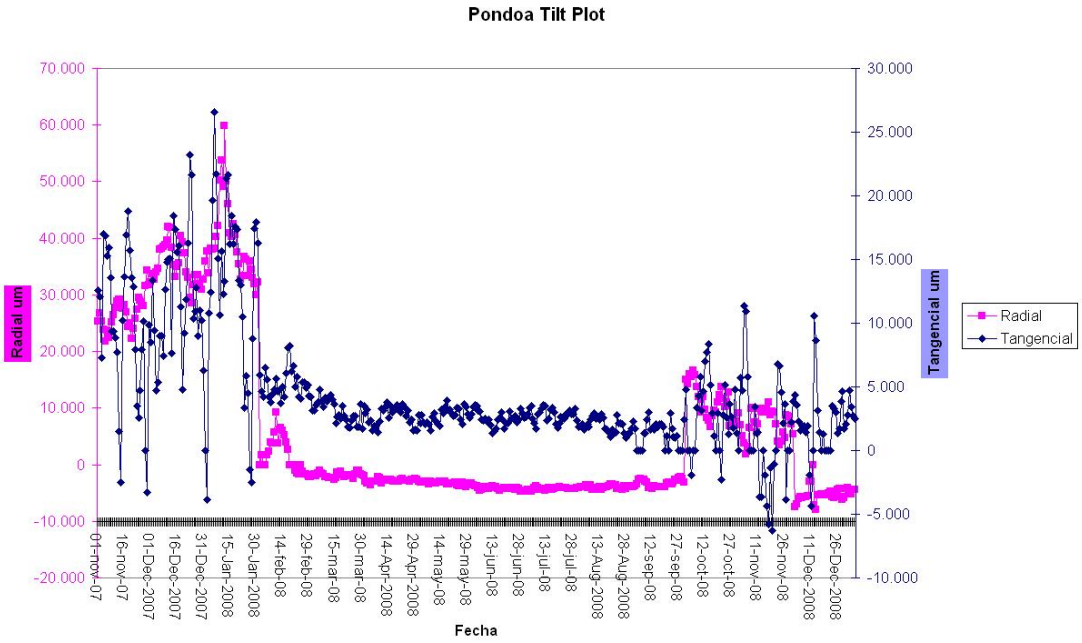


10-a

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec



10-b



10-c

Figuras 10-a, 10-b y 10-c Representación de los valores de los ejes radial y tangencial

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

de las estaciones inclinométricas Retu, Pondoa y Bilba hasta principios de Enero de 2009.

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 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, desde marzo de 2007 se cuenta con una red de 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 diciembre de 2008 la emisión de gas SO_2 del volcán Tungurahua presentó un incremento notable respecto a los tres meses anteriores. A partir del 16 de diciembre, las emisiones fueron sostenidas y se mantuvieron en valores superiores a las 1000 t/d, coincidente con las observaciones de magma en superficie y de actividad explosiva. La desgasificación del volcán ocurrió de manera simultánea al incremento de la sismicidad.

El flujo diario de SO_2 tuvo un promedio de 942 t/d con una desviación estándar de 1226 t/d. Este valor es casi 10 veces mayor al promedio registrado en noviembre. El valor máximo medido fue de 5659 t/d el 19 de diciembre y el valor estimado de emisión de SO_2 en la atmósfera para este mes alcanza el valor de 29202 t.

Las condiciones de medición fueron buenas en este mes. Predominaron los días de sol y la pluma pudo ser observada por los instrumentos durante todos los días en los que la emisión fue sostenida. El contenido de ceniza fue variable, en general, las emisiones tuvieron poca carga de ceniza, pero ciertas explosiones arrojaron cantidades considerables de material.

La emisión de gas observada en este mes muestra claramente que hubo una inyección de material magmático rico en gases que alcanzó niveles superficiales hacia mediados del mes. El hecho de que las emisiones ocurrieron paralelamente a la sismicidad y otras variables monitoreadas, como el infrasonido, sugiere que el ascenso se produjo sin acumulación de grandes presiones, es decir que el magma no encontró mucha resistencia a su ascenso. La poca ceniza también muestra que el gas fue capaz de separase del magma lo que puede ser causado por un ascenso lento de éste. La magnitud de las emisiones y la tendencia que

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

tienen hacia el final del mes, indican que existe todavía material suficiente para sostener una actividad similar por varias semanas.

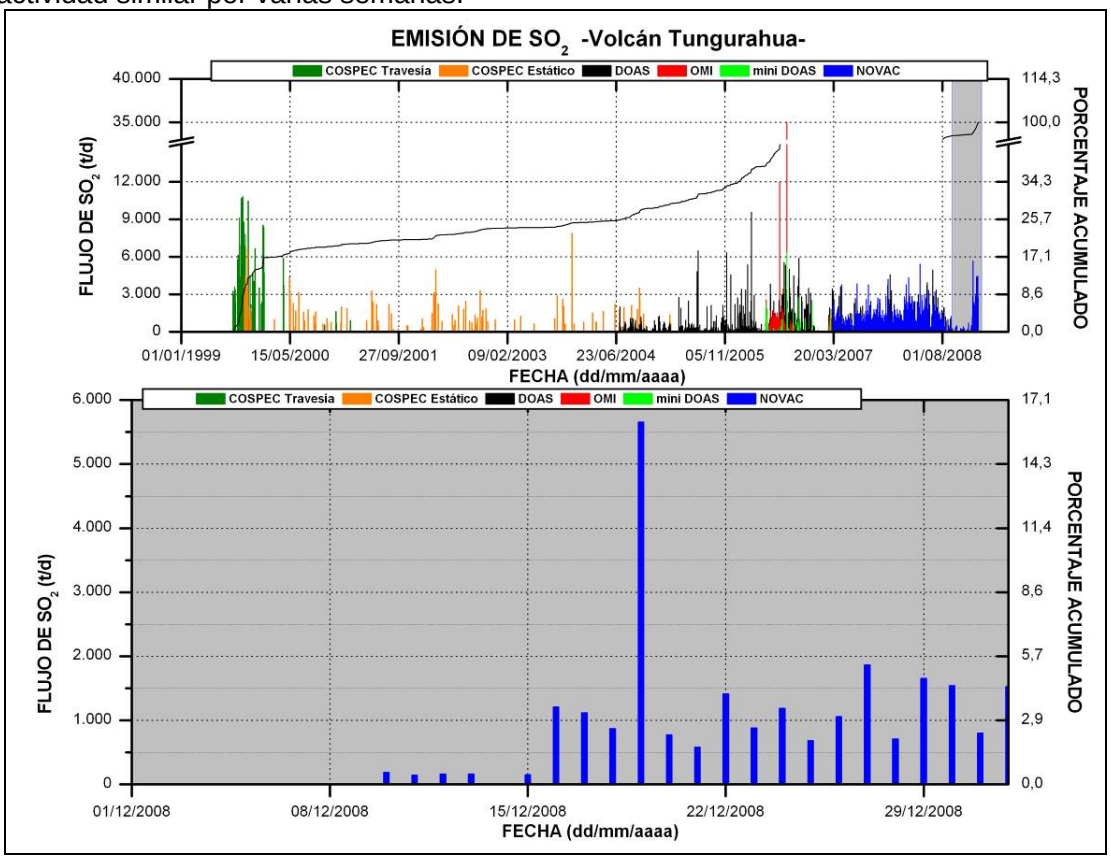


Figura 11-a. *(Arriba) Flujo diario de SO_2 emitido por el volcán Tungurahua desde agosto de 1999. (Abajo) La zona sombreada corresponde al registro de emisiones de SO_2 durante el mes de diciembre de 2008. Las técnicas COSPEC, DOAS, mini DOAS y NOVAC son operadas permanentemente o en campañas de campo por el IG-EPN. La técnica OMI es un sensor satelital operado por JCET/UMBC/NASA*

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

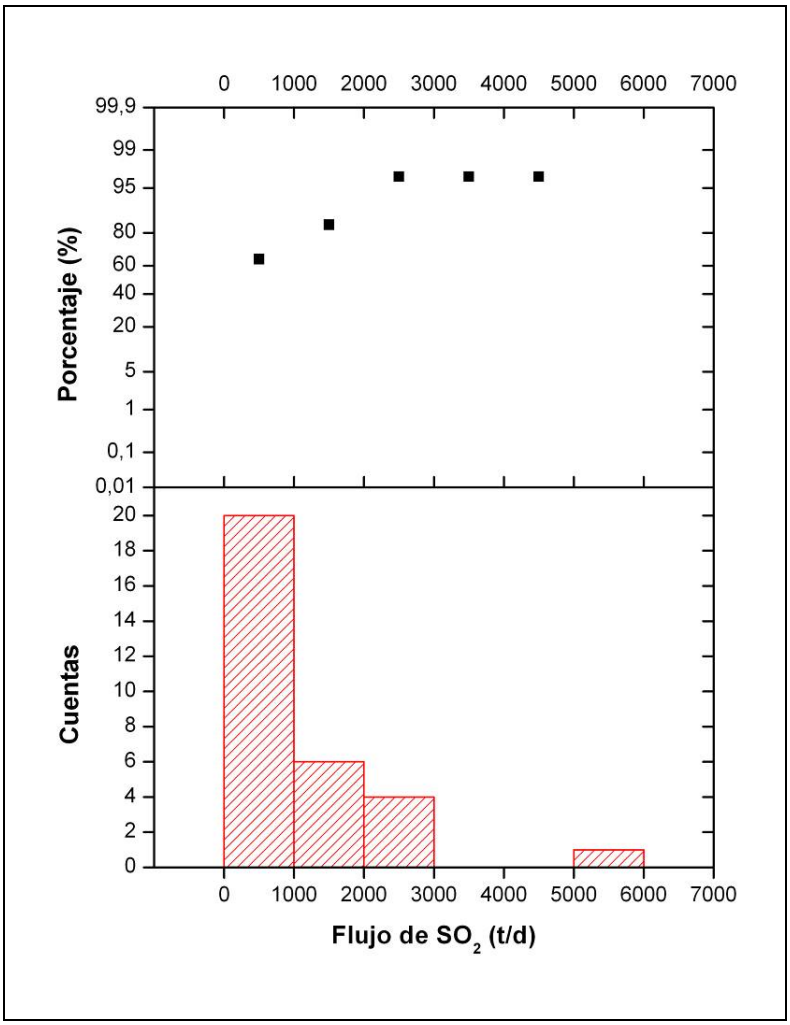


Figura 11-b. *(Arriba) Conteo acumulado de rangos de emisión de SO_2 medidos con el método DOAS de operación permanente. (Abajo) Histograma de frecuencias de flujos diarios de SO_2 medidos con el método DOAS*

Estadísticas mensuales:

Valor medio:	942 t/d
Variabilidad (1σ):	1226 t/d
Valor máximo:	5659 t/d (19 de diciembre)
Emisión estimada:	29202 t de SO_2

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

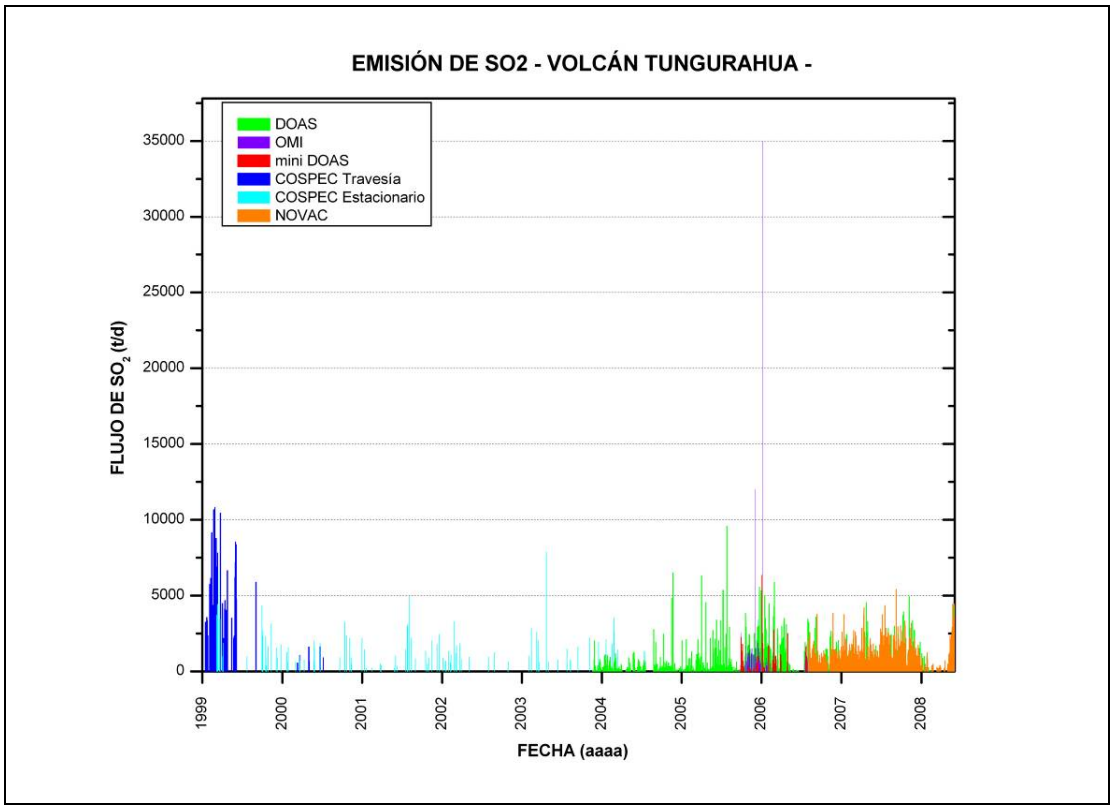
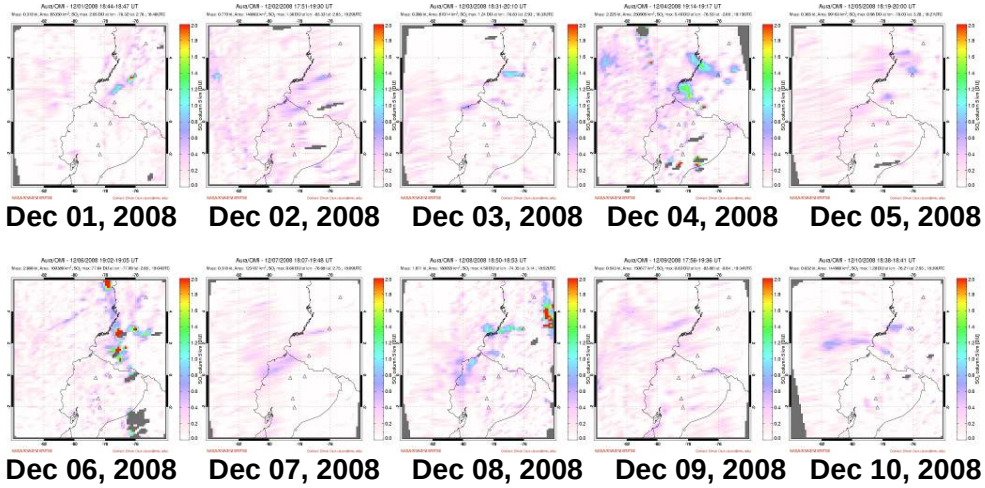


Figura 11-c. *Flujo diario de SO_2 emitido por el volcán Tungurahua desde agosto de 1999 hasta fines de diciembre de 2008*



Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

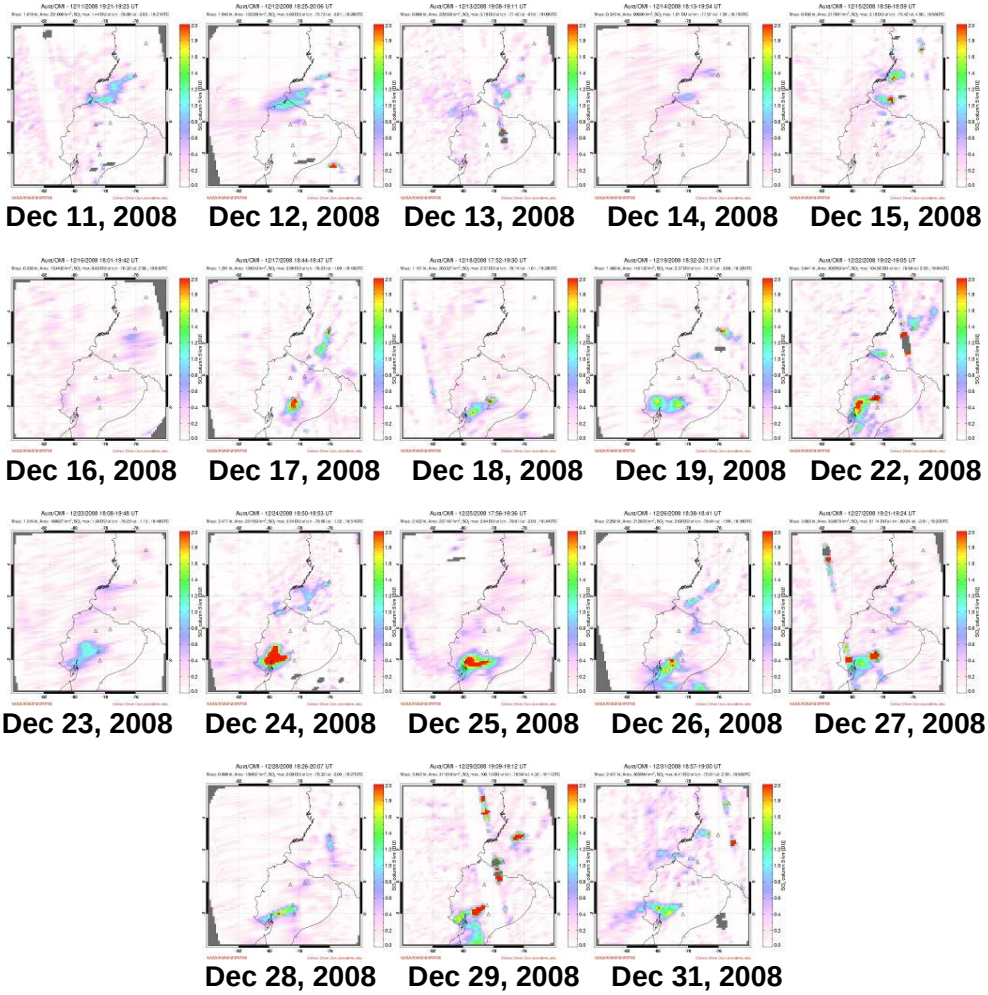


Figura 11-d. *Imágenes generadas en base a observaciones satelitales con el instrumento OMI (NASA/JCET/UMBC) correspondientes al mes de diciembre de 2008. (Fuente: http://so2.umbc.edu/omi/pix/daily/1208/ecuador_1208.html)*

5. Observaciones Visuales en el Terreno y Lahares

Durante los principios del mes la actividad superficial fue casi nula, sin embargo en el transcurso del mes se produjo columnas de vapor y ceniza, la mayoría del tiempo fue dirigidas al suroriente (Fig. 12).

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

Figura 12: *Vista del volcán, emisión continua de vapor con contenido bajo de ceniza. La dirección de la pluma es hacia el NE. (Foto M. Taipe OVT IG-EPN))*

Lahares chiquitos/medianos ocurrieron el 02 y 09 de diciembre, 2008, sin causar mayores estragos.

6. Nubes de Ceniza

Las nubes de ceniza producto de las emisiones y explosiones alcanzaron alturas entre 18000 pies (5.5 km) y 32000 pies (9.7 km) sobre el nivel del mar. Estas nubes debido a la dirección del viento fueron dispersadas hacia el N, NW, ESE, SE, SW, S y W, extendiéndose por más de 90 km hacia el S y SW; y por 75 km al SE (Figura 13a). Estas nubes de ceniza se originaron por columnas eruptivas que alcanzaron alturas entre 1 km y 6 km (17 de diciembre, segundo día del nuevo periodo de activación) sobre el nivel de la cumbre del volcán (5023 m) con un contendido bajo a moderado de ceniza, y en ocasiones con un contenido alto de material piroclástico (Figura 13b). Producto de estas columnas de emisión se registraron caídas leves de ceniza fina en los sectores de Runtún, El Manzano, Choglontús, Cahuají, Palictahua, La Candelaria y Capil.

Al final del mes, las emisiones y explosiones han ido desminuyendo en número y en energía, esto evidenciado en la poca cantidad de ceniza de las columnas eruptivas, las cuales han estado constituidas principalmente de vapor (Foto 13c).

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

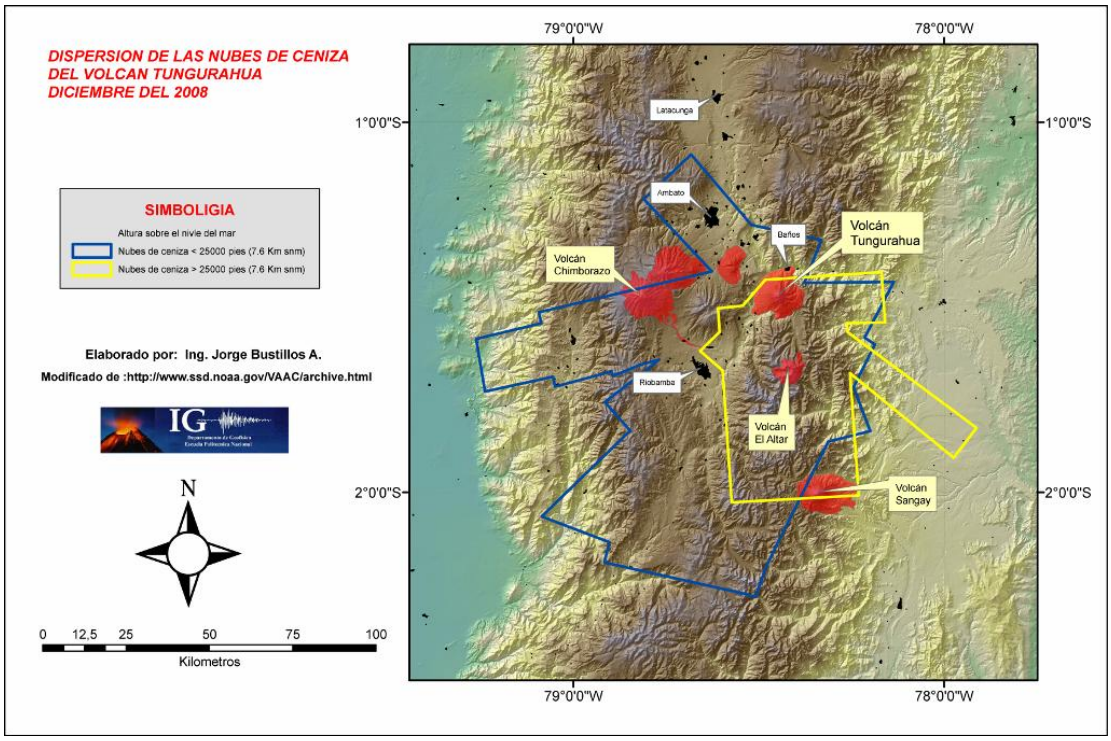


Figura 13a: *Dispersión de las nubes de ceniza del volcán Tungurahua en Diciembre de 2008 (Modificado de http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/messages.html)*

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.igepn.edu.ec

Foto 13b: *Emisión de una columna de vapor de agua y alto contenido de ceniza, el día 17 de diciembre a las 11:23, alcanzó una altura de más de 6 km y se dirigió al S (Foto: P. Ramón OVT-IG-EPN)*

Foto 13c: *Columna de emisión continúa a unos 2 km de altura y en dirección al W, principalmente vapor de agua con bajo contenido de ceniza (Foto. P. Ramon, IG-OVT)*

7. Conclusiones

En el principio del mes de Diciembre, 2008 el IAS estuvo en nivel 3alto y seguía ascendiéndose bruscamente, para quedarse en 6alto a los fines del mes. El freno en el ascenso a los finales del mes se debe una disminución en el número de sismos LP y su menor energía. Estos valores se ubiquen el nivel de actividad del volcán como entre moderado en el principio y finalmente muy alto. Después de 4 meses sin explosiones, se presentaron otra vez, igual como los tremores armónicos. El registro de sismos de fractura fue casi dos veces mayor comparado con el mes anterior. El promedio de la emisión del gas- SO2—fue 10 veces mayor comparado con el mes anterior. Se seguía registrando cambios importantes en la deformación para sugerir que un nuevo magma estuvo compresionando el sistema.

Grupo de sismología

Guillermo Viracucha gviracucha@igepn.edu.ec
Pablo Palacios ppalacios@igepn.edu.ec
Liliana Troncoso ltroncoso@igepn.edu.ec
Mónica Segovia msegovia@igepn.edu.ec

Grupo de vulcanología

Patricia Mothes pmothes@igepn.edu.ec
Patricio Ramón pramon@igepn.edu.ec
Santiago Arellano sarellano@igepn.edu.ec
Jorge Bustillos jbustillos@igepn.edu.ec

Apartado 2759 Telex: 22650 ESPONA Telf: 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Quito - Ecuador Fax: (593)-2-2567847 - www.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.

12 Enero, 2009 – Quito/pm/gv