



*Miércoles 25 de Mayo de 2011, 20:17 UTC. Imagen de una explosión registrada por la webcam de OVT*

## *Resumen Mensual*

### *Actividad del Volcán Tungurahua, Mayo 2011*

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. Conclusiones

#### 1. Síntesis General de la Actividad

Durante el mes de Mayo y dado la reactivación ocurrida desde finales de Abril, la sismicidad cambió sustancialmente respecto al mes anterior. La sismicidad total resultó en 2657 eventos sísmicos, mayormente LP, y un promedio de 85 eventos por día, que representa 83 veces más que lo registrado en Abril. También se observa un incremento en la ocurrencia de sismos VT, 29 registrados, valor que representa 3.6 veces más que el mes anterior. Dado el incremento de actividad desde finales de Abril, se registró 77 explosiones y 432 señales sísmicas asociadas a emisiones de ceniza. De esta manera, el volcán se encuentra en un episodio de mayor actividad, superficial, aunque como en otras ocasiones los sismos VT han jugado un rol importante en periodos de tiempo antes y durante los episodios de mayor actividad eruptiva. Dado el incremento de actividad desde Abril, el IAS en Mayo alcanzó el Nivel 6. Sin embargo en la segunda mitad del mes el volcán empezó a disminuir su actividad, la que reflejó una tendencia en disminución del IAS. El flujo diario de SO<sub>2</sub> tuvo un promedio de 1365 t/d. El valor máximo medido fue de 3932 t/d para el 18 de Mayo, y el valor estimado de emisión de SO<sub>2</sub> en la atmósfera alcanza un valor de 42322 t de SO<sub>2</sub>, valor relativamente similar a lo registrado el mes anterior, 47462 toneladas en Abril. Por otra parte, dado la

Teléfonos: (2) 2225-655; (2) 222-5627; Fax: (593-2) 256-7847

Página Web: [www.igeqn.edu.ec](http://www.igeqn.edu.ec); Correo Electrónico: [geofisico@igeqn.edu.ec](mailto:geofisico@igeqn.edu.ec)  
Dirección: Campus Ing. José Rubén Orellana - Calle Ladrón de Guevara E11-253  
Apartado Postal 2759 - Quito - Ecuador



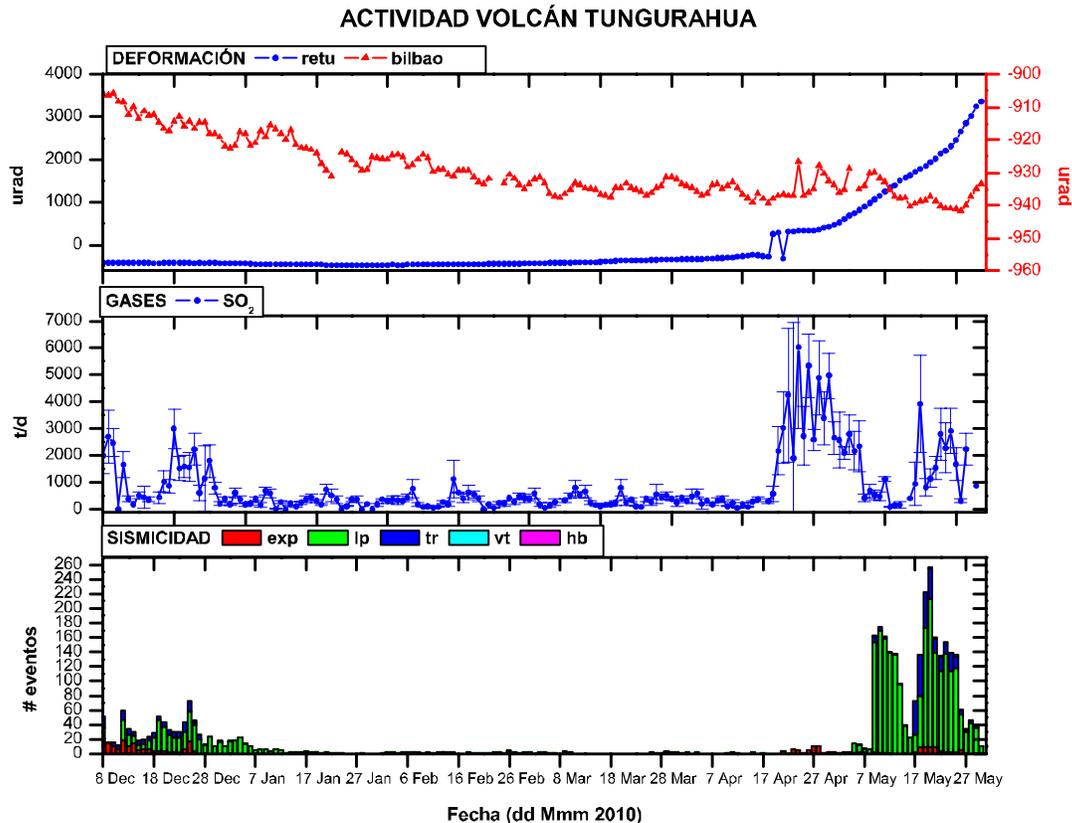
## INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

continuidad del proceso eruptivo en Mayo, fue notoria la generación de nubes de ceniza por las explosiones y principalmente emisiones, que alcanzaron alturas entre 6 km y 10 km sobre el nivel del mar. Las nubes de ceniza fueron dispersadas por los vientos principalmente al Oeste del volcán, y en menor ocurrencia hacia el Este y Noreste. Adicionalmente, ocurrieron caídas de ceniza en los alrededores del volcán y afectaron las poblaciones de Baños, Riobamba, Cevallos, Mocha, Ambato, entre otras.

La red de estaciones de inclinómetros, especialmente las estaciones de RETU y BILBAO indicaron una tendencia inflacionaria en los ejes radiales, mientras que la estación PONDOA muestra un patrón deflacionario en el eje radial. Se destaca la tendencia inflacionaria en los dos ejes de RETU. La estación de PONDOA, indica deflación en el eje radial, mientras que el eje tangencial muestra una tendencia deflacionaria variable. La estación de BILBAO, el eje radial muestra una tendencia inflacionaria hasta mediados de Mayo, mientras que en la tercera semana se nota una tendencia deflacionaria, sin embargo a finales de mes y hasta principios de Junio se observa una tendencia inflacionaria en el eje radial. Al mismo tiempo, la estación Mazon-Borehole muestra una tendencia deflacionaria en el eje radial e inflacionario en el eje tangencial.

Durante Mayo, especialmente a inicios y finales del mes, el clima se presentó desfavorable y predominaron los días nublados. La presencia de lluvias moderadas en la zona del volcán, en particular la última semana, generó el descenso de lahares y de agua lodosa por todas las quebradas del volcán, afectando en gran parte la carretera Baños-Penipe. Por lo contrario, a mediados de mes, el clima fue significativamente mejor, pudiéndose observar al volcán despejado durante varias horas del día y de la noche.

Finalmente, las tendencias inflacionarias de RETU y BILBAO, así como la ocurrencia de los sismos VT, indicarían un reajuste de las presiones internas de la cámara, que posiblemente esté asociada a una intrusión poco profunda, con un posible dique localizado en la parte superior del edificio volcánico en las cercanías de la estación RETU. Posiblemente el nuevo episodio de mayor actividad, iniciado a mediados de Abril, está relacionado estrechamente con los procesos inflacionarios registrados desde finales de Enero de 2011. Sin embargo, las tendencias deflacionarias registradas en los ejes radiales de Bilbao, Mazon y Pondoá indicarían el paso de un pequeño cuerpo de magma hacia una cámara-fuente poco profunda en las cercanías de la estación RETU.



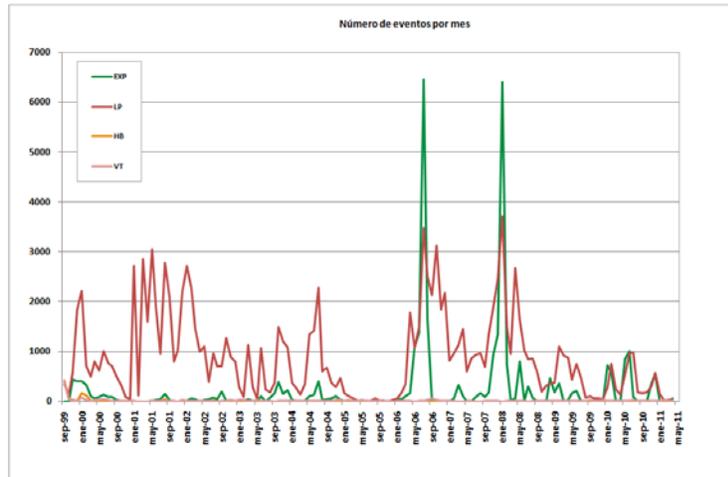
**Figura 1.** Resumen de la actividad del Volcán Tungurahua desde Diciembre de 2010 a finales de Mayo de 2011, basado en datos de sismicidad, gas-SO<sub>2</sub> y deformación. En general durante este mes se nota un incremento importante en los valores de sismicidad durante el mes y una tendencia deflacionaria con varios pulsos de inflación en los valores de inclinómetro de RETU así como un incremento en los alores del gas SO<sub>2</sub> comparado con el mes anterior.

## 2. Sismicidad

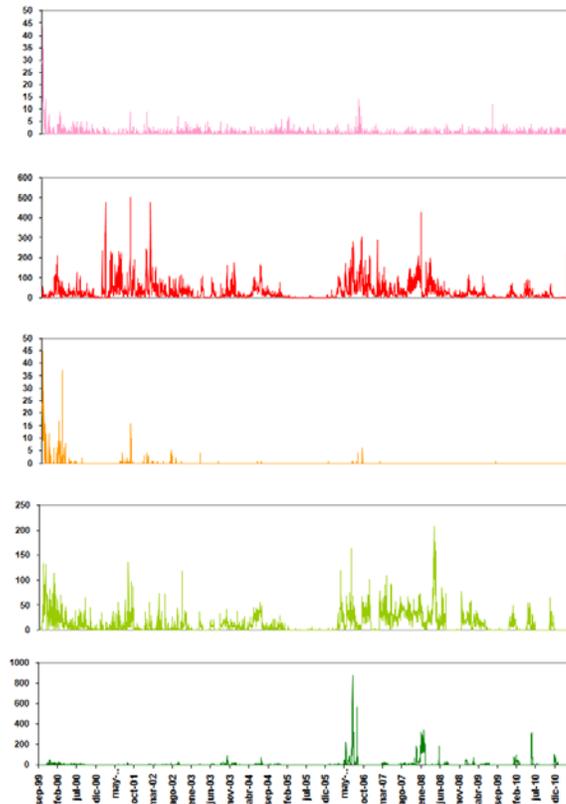
El monitoreo sísmico del volcán Tungurahua se realizó utilizando la red de estaciones telemétricas de periodo corto, la red de estaciones de banda-ancha de la Cooperación JICA-Instituto Geofísico y la estación de periodo medio de la cooperación Alemana. En general, durante este mes el volcán presentó señales sísmicas propias de volcanes activos, tales como sismos de largo periodo (LP) y sismos volcano-tectónicos (VT), con componente de fractura, explosiones y señales de tremor asociadas a emisiones. Durante el mes de Mayo, dado la reactivación desde finales de Abril, la sismicidad cambió sustancialmente respecto al mes anterior. La sismicidad total resultó en 2657 eventos sísmicos, mayormente LP, y un promedio de 85 eventos por día, que representa 83 veces más que lo registrado en Abril. También se observa un incremento en la ocurrencia de sismos VT, 29 registrados, valor que representa 3.6 veces más que el mes anterior. Dado el incremento de actividad desde finales de Abril, se registró 77 explosiones y 432 señales sísmicas asociadas a emisiones de ceniza. De esta manera, el volcán se encuentra en un episodio de mayor actividad, superficial, aunque como en otras ocasiones los sismos VT han jugado un rol importante en periodos de tiempo antes y durante los episodios de mayor actividad eruptiva. La sismicidad se resume en la Tabla 1.

Período	Sismicidad total	LP	VT	HB (Híbridos)	Emisiones	Explosiones
01-07 May.2011	343	334	9	0	105	10
08-14 May.2011	1088	1083	5	0	41	4
15-21 May.2011	616	614	2	0	235	47
22-31 May.2011	610	597	13	0	51	16
<b>Total Mayo /2011</b>	<b>2657</b>	<b>2628</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>432</b>	<b>77</b>
Total Abr./2011	32	24	8	0	127	53
Total Mar./2011	36	21	15	0	0	0
Total Feb./2011	29	9	20	0	0	0
Total Ene./2011	152	145	7	0	4	0
Total Dic./2010	592	576	16	0	373	543
Total Nov./2010	306	294	12	0	188	361
Total Oct./2010	212	196	16	0	0	0
Total Sept./2010	166	154	12	0	2	0
Total Ago./2010	188	183	5	0	1	2
Total Julio/2010	1000	975	25	0	272	89
Total Junio/2010	970	966	4	0	599	2
Total Mayo/2010	537	523	14	0	105	2
<b>Promedio Diario Mayo /2011</b>	<b>85.7</b>	<b>84.77</b>	<b>0.93</b>	<b>0</b>	<b>13.93</b>	<b>2.48</b>
Promedio Diario Abr./2011	1.07	0.8	0.27	0	4.23	1.77
Promedio Diario Mar./2011	1.16	0.68	0.48	0	0	0
Promedio Diario Feb./2011	1.03	0.32	0.71	0	0	0
Promedio Diario Ene./2011	4.9	4.68	0.23	0	0.13	0
Promedio Diario Dic./2010	19.1	18.58	0.52	0	12.03	17.52
Promedio Diario Nov./2010	10.2	9.8	0.4	0	6.3	12.03
Promedio Diario Oct./2010	6.84	6.32	0.52	0	0	0
Promedio Diario Sept./2010	5.53	5.13	0.4	0	0.07	0
Promedio Diario Ago./2010	6.06	5.90	0.16	0	0.03	0.06
Promedio Diario Julio./2010	32.23	31.45	0.87	0	8.77	2.87
Promedio Diario Junio./2010	32.33	32.2	0.13	0	19.97	0.07
Promedio Diario Mayo./2010	17.32	16.87	0.45	0	3.39	0.07

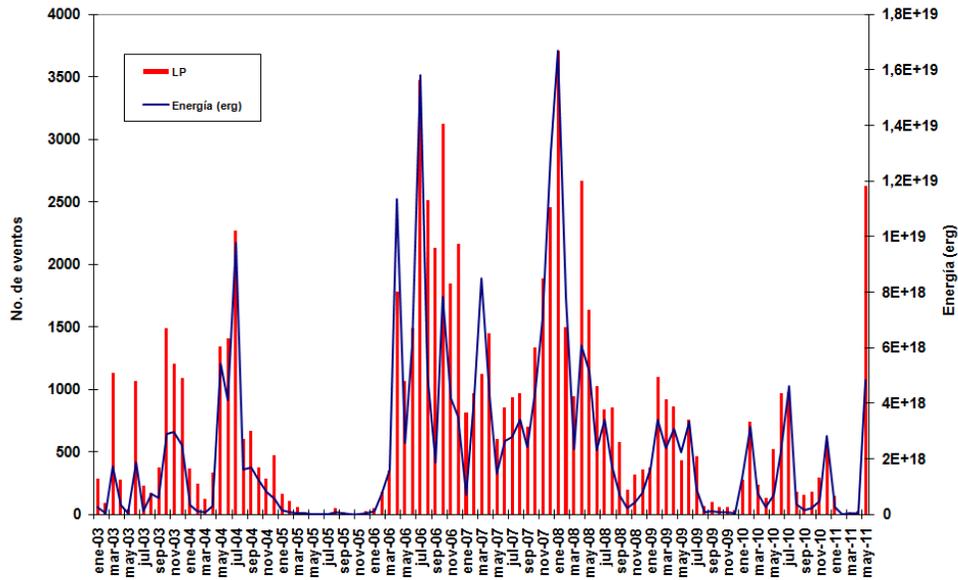
*Tabla 1. Resumen de las estadísticas de actividad sísmica semanal del mes de Mayo de 2010 y la registrada en los últimos doce meses.*



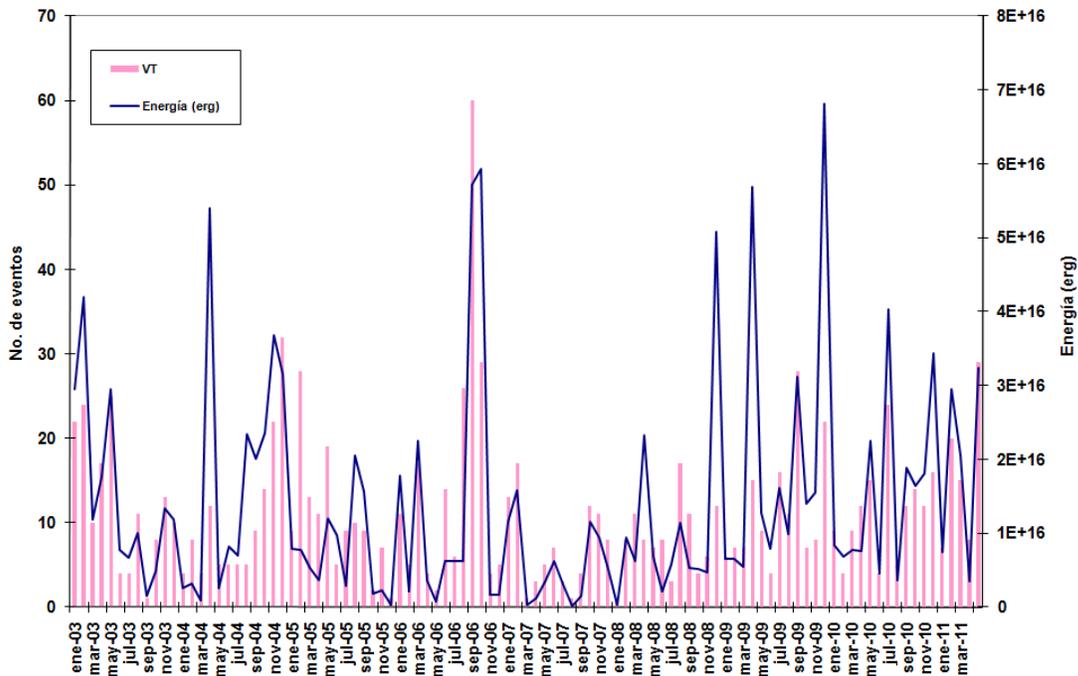
*Figura 2. Número de sismos mensuales registrados en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta Mayo de 2011.*



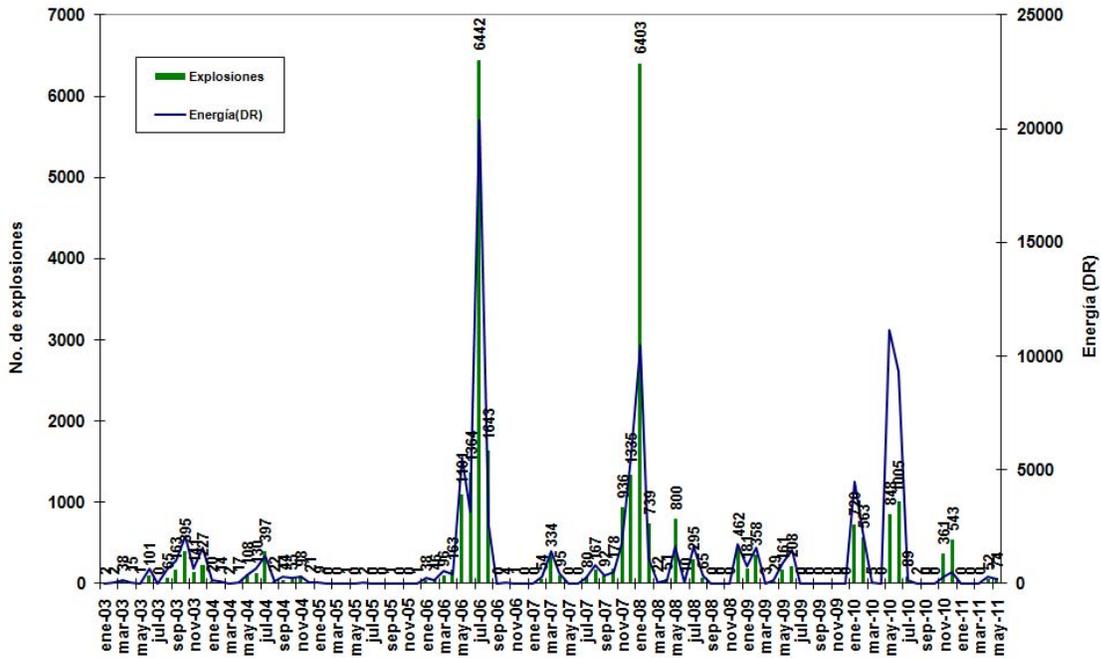
*Figura 3. Número diario eventos volcano-tectónicos (VT), largo período (LP), híbridos (HB), emisiones y explosiones en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta Mayo de 2011 (en el orden indicado).*



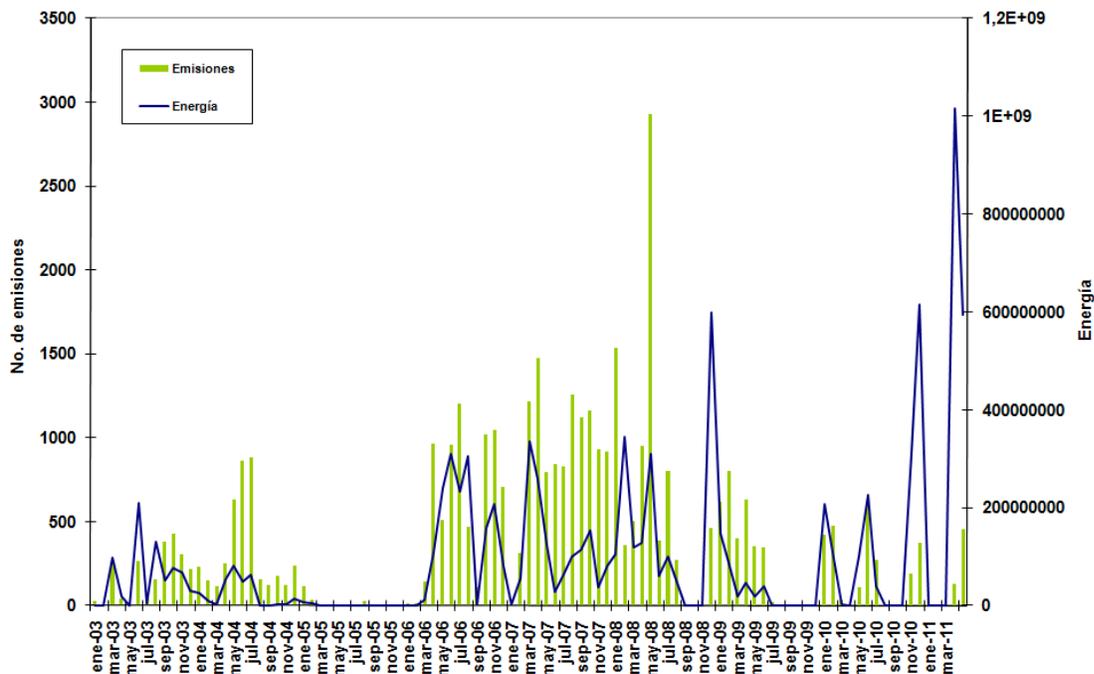
**Figura 4.** Número mensual de eventos de largo período y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Mayo de 2011.



**Figura 5.** Número mensual de eventos volcano-tectónicos y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Mayo de 2011.



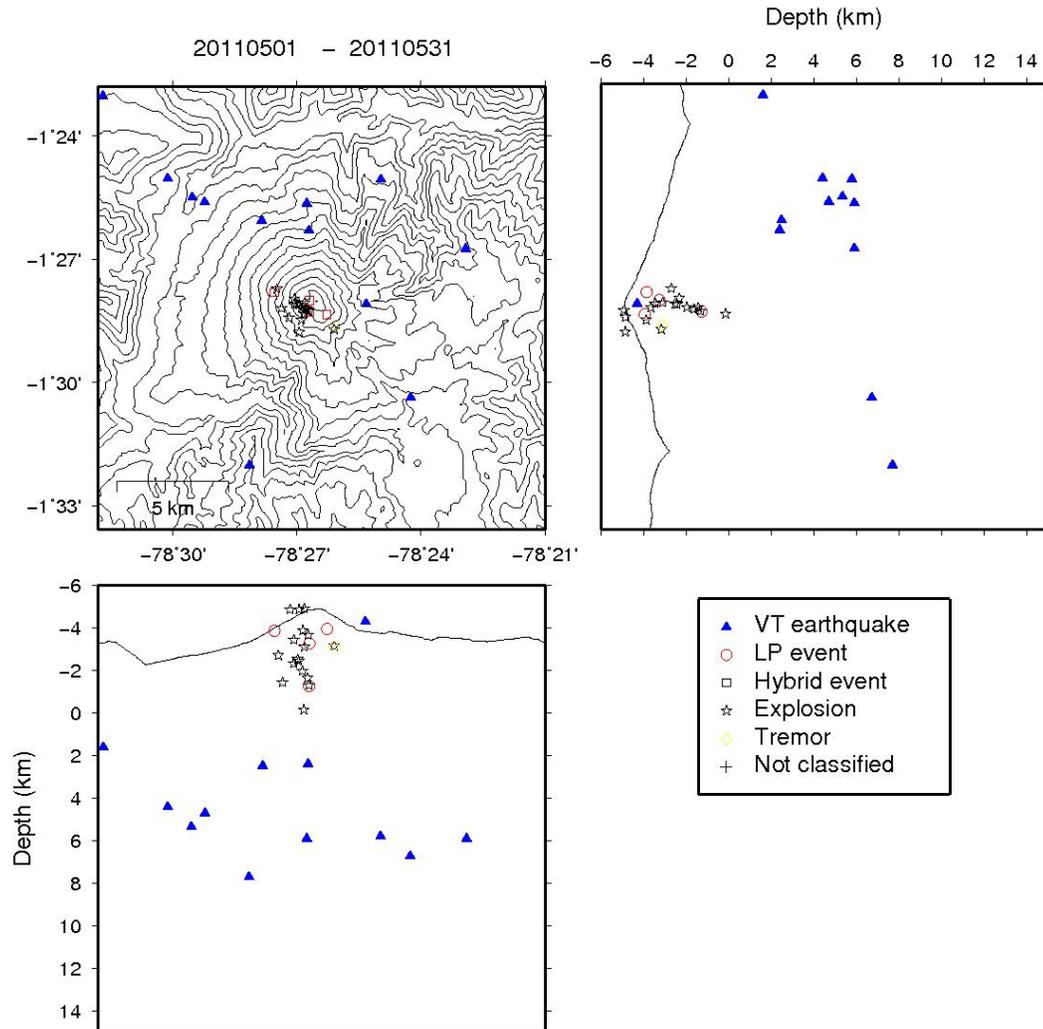
**Figura 6.** Número mensual de explosiones y su energía asociada (DR–desplazamiento reducido-) en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Mayo de 2011.



**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 Mayo de 2011.

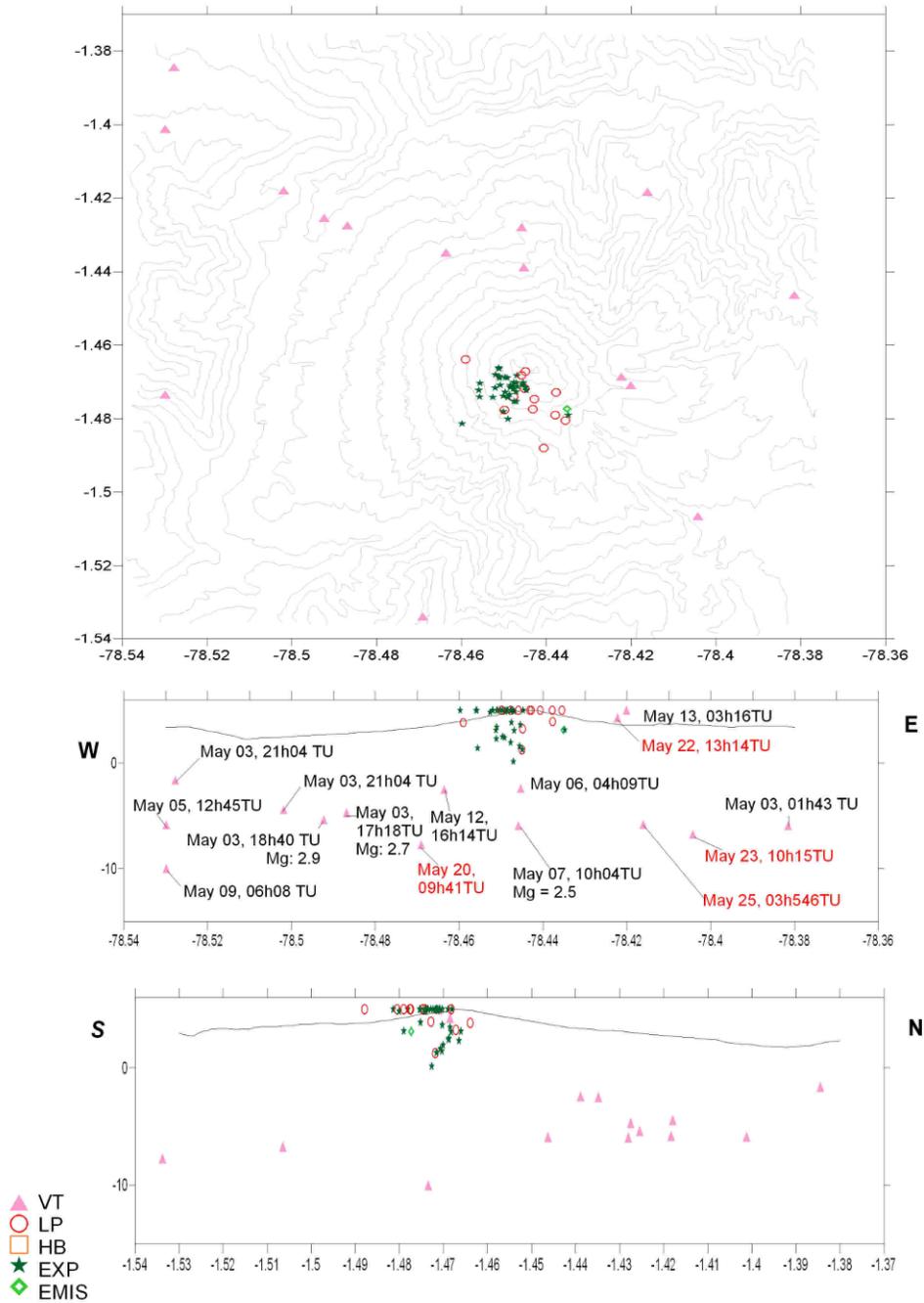
## 2.1 Localizaciones

En el mes de Mayo, se localizaron 12 VT's de las 29 señales registradas, cuatro eventos del tipo LP de los 24 registrados. Adicionalmente, dado el incremento de la actividad a mediados del mes, fue posible localizar varios eventos de explosión. La sismicidad se encuentra entre Estos eventos se encuentran entre 0 y 13 km bajo la cumbre (Fig. 8).



**Figura 8.** Localizaciones de eventos sísmicos durante el mes de Mayo, 2011.

**Actividad sísmica del Tungurahua Mayo 01-31 2011**



*Figura 9. Localizaciones de eventos sísmicos durante el mes de Mayo, 2011, con 3D.*

Evolución de la actividad sísmica del Tungurahua  
6 Abril 2006 - 31 Mayo 2011

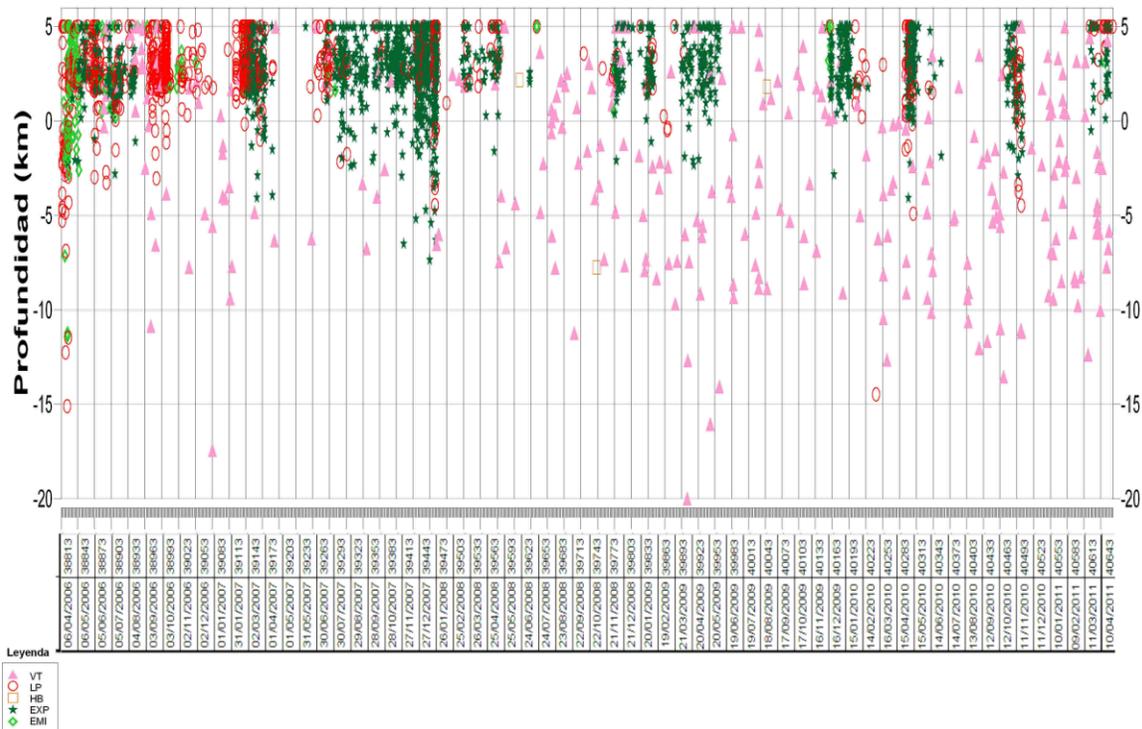


Figura 10. Evolución espacio-temporal de la sismicidad del V. Tungurahua.

## Índice de Actividad Sísmica (IAS)

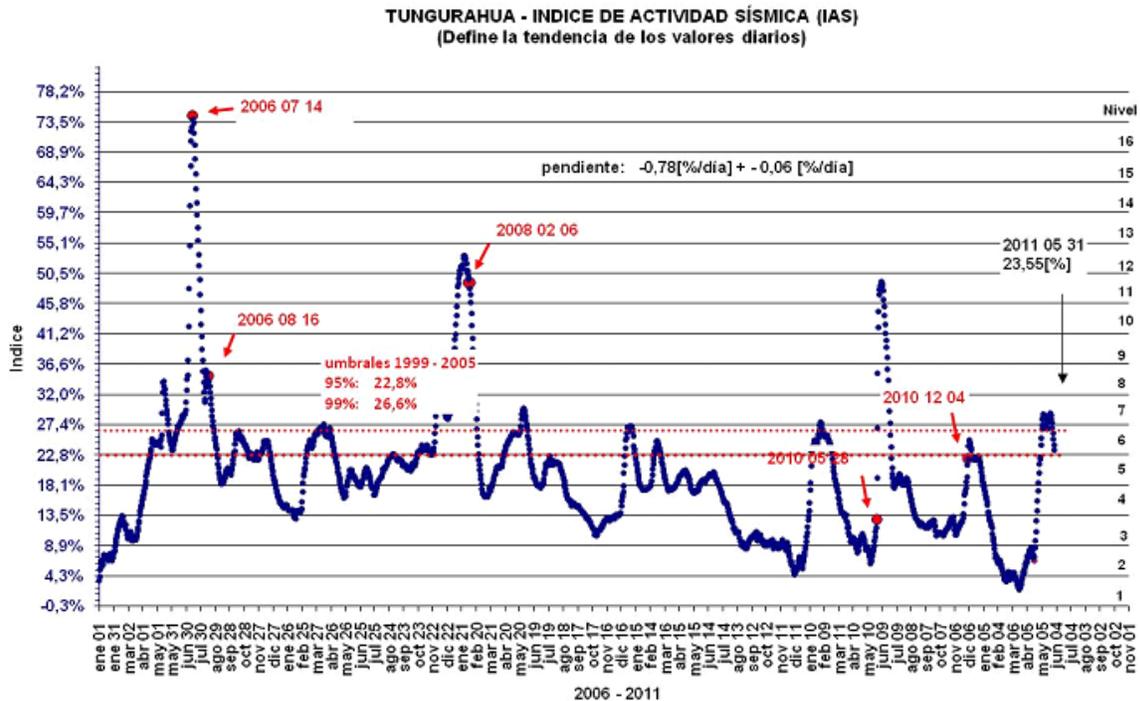
El Índice de Actividad Sísmica (IAS) es un parámetro de medida a dimensional que resume en un solo valor tanto la energía como el número de eventos de todas las señales sísmicas: explosiones, temblor, eventos de largo período, eventos híbridos y eventos volcánico-tectónicos. Los diferentes niveles de IAS reflejan un cambio significativo en el estado físico del volcán y a ellos se relaciona una descripción cualitativa de la actividad sísmica que va desde Muy Baja a Muy Alta como se muestra en la Figura 11a.

A finales del mes anterior se observó una tendencia ascendente y en la primera mitad del mes de Mayo, el volcán Tungurahua alcanzó el Nivel 6 del IAS, correspondiendo a un nivel de actividad moderada-alta. Sin embargo a partir de la segunda mitad de del mes se observa una disminución del IAS, cambia al Nivel 6, con tendencia descendente a finales del mes. (Fig. 11b).

IAS - Nivel de Actividad Sísmica

>= 8	Muy Alta	
7	Alta	
6	Moderada - Alta	
5	Moderada	
4	Moderada Baja	
3	Baja	
2	Muy Baja	
1	Muy Baja	

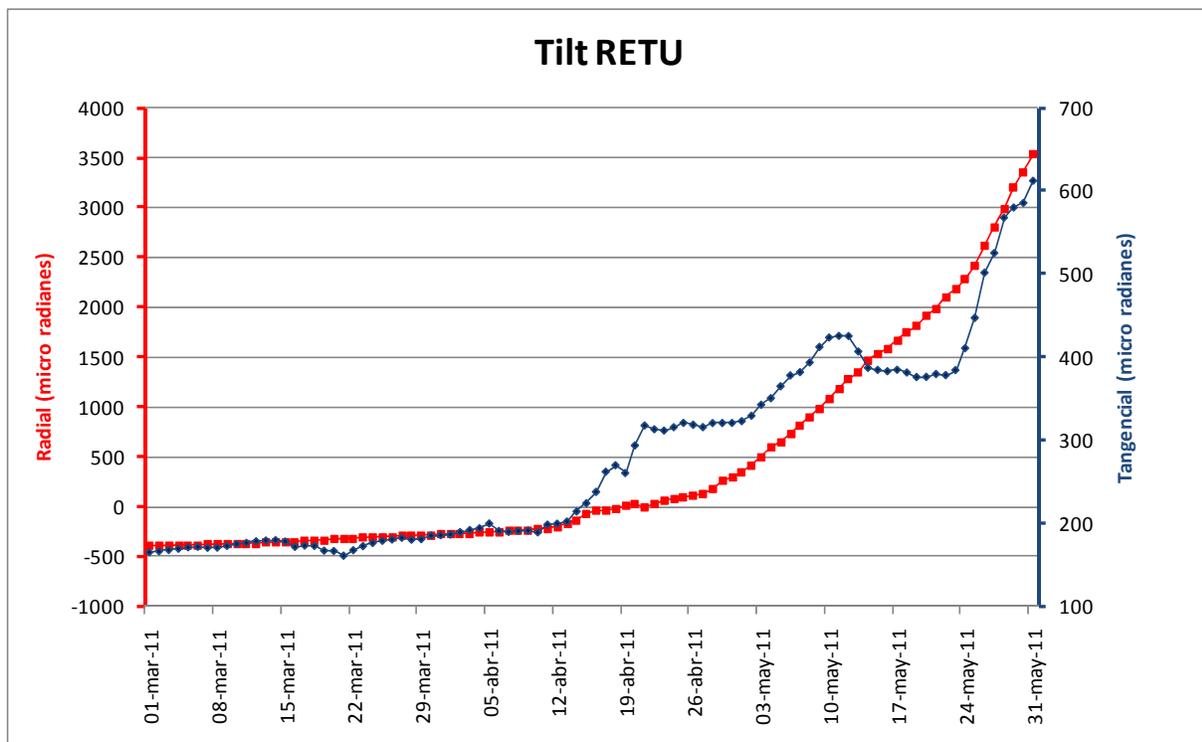
*Figura 11a.* Niveles del IAS y descriptores cualitativos del nivel de actividad. La línea y flecha roja indica el nivel (3) y tendencia (ascendente) hasta finales de Mayo de 2011.



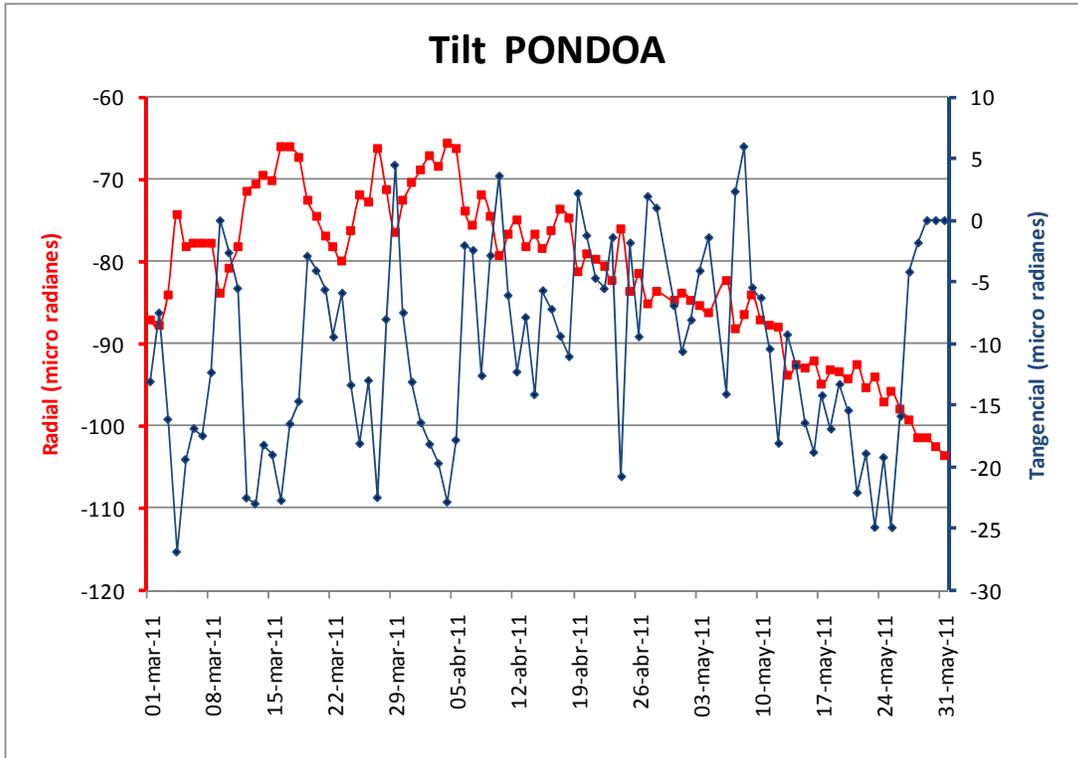
*Figura 11b.* IAS desde Enero 2006 hasta finales de Mayo de 2011.

### 3. Deformación

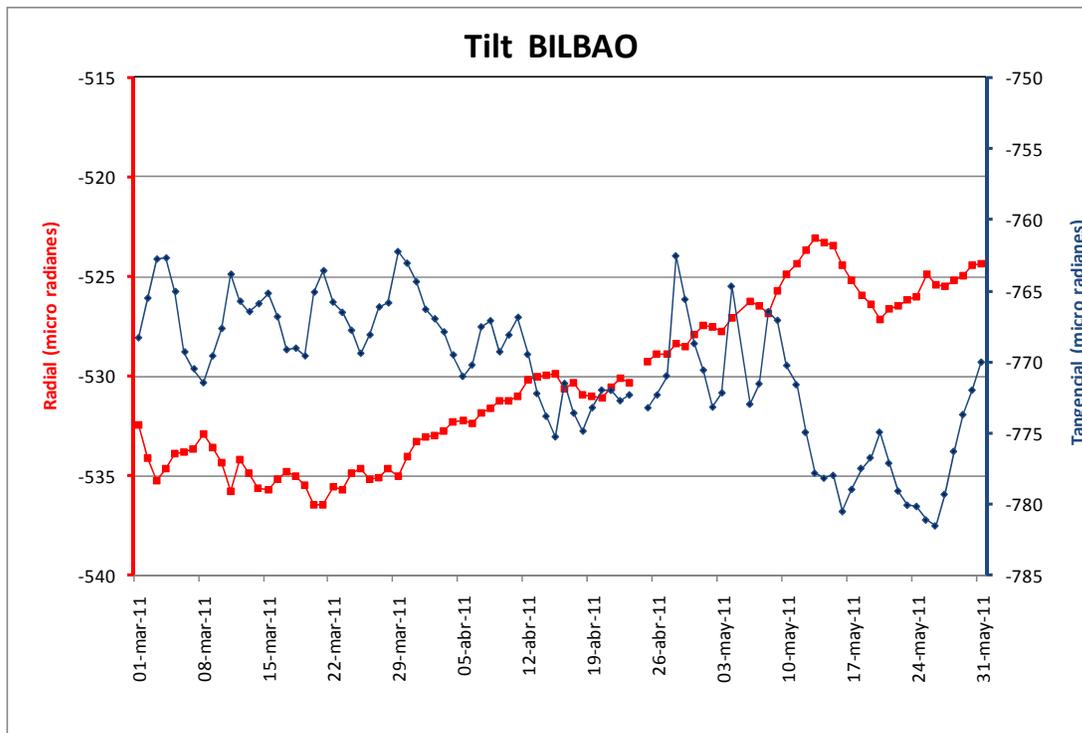
En el mes de Mayo de 2011, las estaciones de RETU y BILBAO indica una tendencia inflacionaria en los ejes radiales, mientras que la estación PONDOA muestra un patrón deflacionario en el eje radial. Se destaca la tendencia inflacionaria en los dos ejes de RETU, a una tasa de 97 urad/día en el eje radia y 6.55 urad/día en el eje tangencial, resultando una inflación hacia el noreste. La estación de PONDOA, indica deflación en el eje radial a una razón de -0.62 urad/día, mientras que el eje tangencial muestra una tendencia deflacionaria variable. Por otra parte, el eje radial de BILBAO muestra una tendencia inflacionaria entre el 01 al 13 de Mayo razón de 0.35 urad/día, mientras que entre el 13 al 20 de Mayo se observa una deflación a una tasa de -0.62 urad/día. Sin embargo a finales de mes y hasta principios de Junio se observa una tendencia inflacionaria en el eje radial a una tasa de 0.23 urad/día. Al mismo tiempo, la estación Mazon-Borehole muestra una tendencia deflacionaria en el eje radial e inflacionaria en ele je tangencial (Fig. 12 a, b, c,d). Las tendencias inflacionarias de RETU y BILBAO indicarían un reajuste de las presiones internas de la cámara, que posiblemente esté asociada a una intrusión poco profunda, con un posible dique localizado en la parte superior del edificio volcánico en las cercanías de la estación RETU. Posiblemente el nuevo episodio de mayor actividad, iniciado a mediados de Abril, está relacionado estrechamente con los procesos inflacionarios registrados desde finales de Enero de 2011. Sin embargo, las tendencias deflacionarias registradas en los ejes radiales de Bilbao, Mazon y Pondoia indicarían el paso de un pequeño cuerpo de magma hacia una cámara-fuente poco profunda en las cercanías de la estación RETU.



*Figura 12a, Plot de datos del inclinómetro de RETU*



*Figura 12b, Plot de datos estación Pondoá.*



*Figura 12c, Plot de datos estación Bilbao.*



*Figura 12d, Plot de datos estación Mazon-Borehole.*

#### 4. Geoquímica

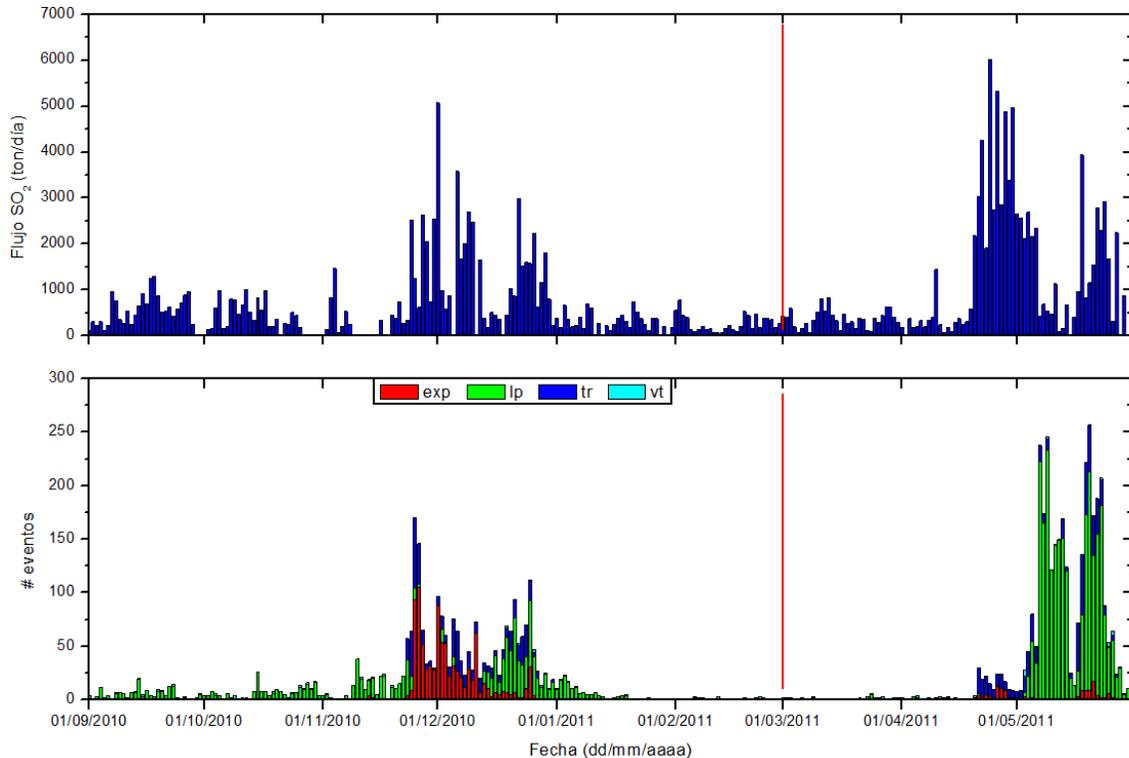
##### Emisiones

La medición del flujo de  $\text{SO}_2$  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  $\text{SO}_2$  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  $\text{SO}_2$ , 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.

En la primera semana del mes de Mayo de 2011 la emisión de gases del volcán Tungurahua se mantuvo en valores de  $\text{SO}_2$  por encima de las 2000 toneladas diarias, mientras que en la siguiente semana se notó una disminución del flujo. En hecho, en la segunda semana el flujo descendió a valores inferiores a 1000 toneladas, mientras que en la tercera semana ocurrió una mayor desgasificación, con valores superiores a 1100 ton/día, y pocos días con

valores entre 2200 y 2900 ton/día (en las dos últimas semanas del mes) llegando al valor máximo de 3932 toneladas de SO<sub>2</sub> el día 18 de mayo.



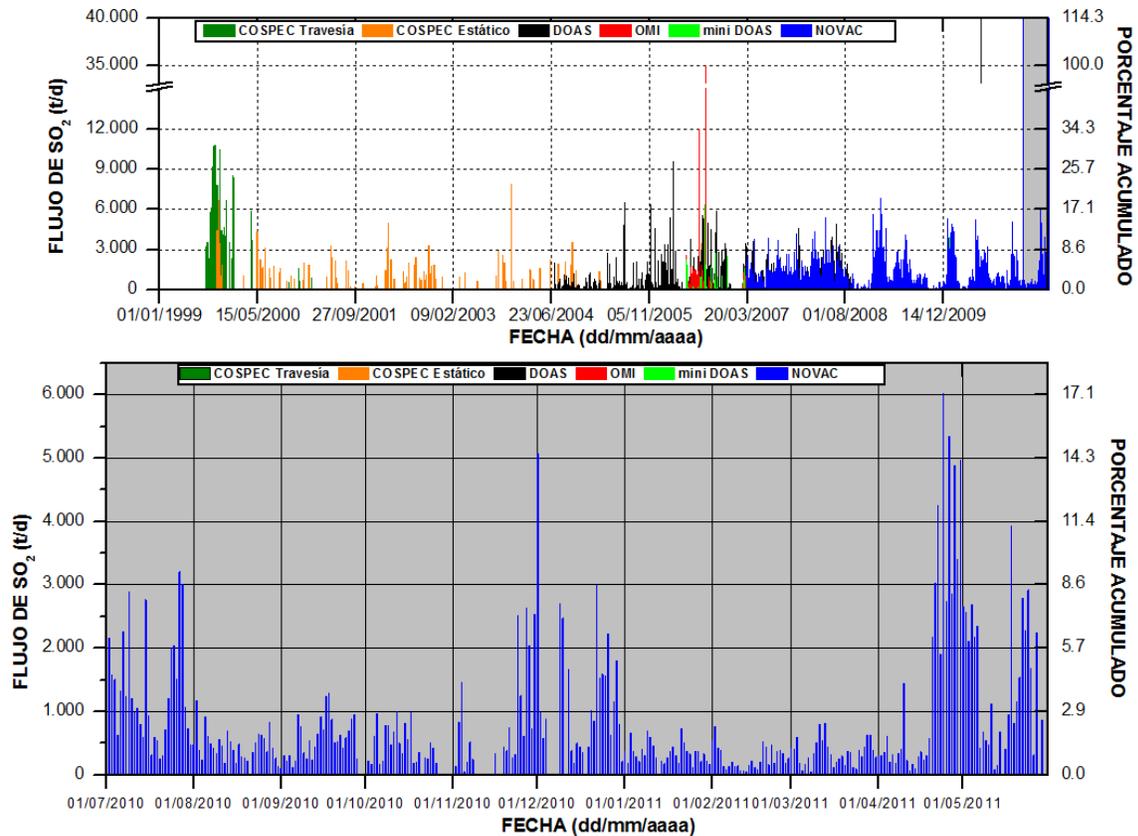
**Figura 13-a.** (Arriba) Flujo diario de SO<sub>2</sub> desde junio de 2009 hasta el final de mayo de 2011. (Abajo) Número de eventos sísmicos para el mismo periodo. Este gráfico permite ver la evolución de estos dos parámetros, y establecer posibles correlaciones entre ellos.

El flujo diario de SO<sub>2</sub> tuvo un promedio de 1365 t/d con una desviación estándar de 1071 t/d. El valor máximo medido fue de 3932 t/d para el 18 de mayo, y el valor estimado de emisión de SO<sub>2</sub> en la atmósfera alcanza un valor de 42322 t de SO<sub>2</sub> (por 47462 toneladas en Abril). Hay que tomar en cuenta que aparentemente estos volúmenes de gases emitidos por parte del volcán Tungurahua pudieron afectar las mediciones de SO<sub>2</sub> del volcán Cotopaxi en el sentido de sobreestimar la cantidad de gases emanados por éste último.

En las imágenes satelitales OMI de este mes se registran importantes emisiones (figura 13-d), que son la continuación de las manifestaciones gaseosas que se vinieron observando desde el final del mes de Abril. Estas emisiones se presentaron desde los primeros días del mes hasta el día 10 de Mayo, y continuaron desde el 18 hasta el 23 de Mayo de 2011, claramente visibles en las imágenes satelitales disponibles. Esto correspondería a que la mayor desgasificación registrada por la instrumentación fue en la primera semana y a partir de la tercera, teniendo que para el final del mes esta tasa de emanación gaseosa descienda relativamente.

Por otro lado, se tiene que seguir atentamente la evolución de éste y otros parámetros para ver como la actividad volcánica puede variar y conllevar a un cambio en la tasa de desgasificación.

**EMISIÓN DE SO<sub>2</sub> -Volcán Tungurahua-**

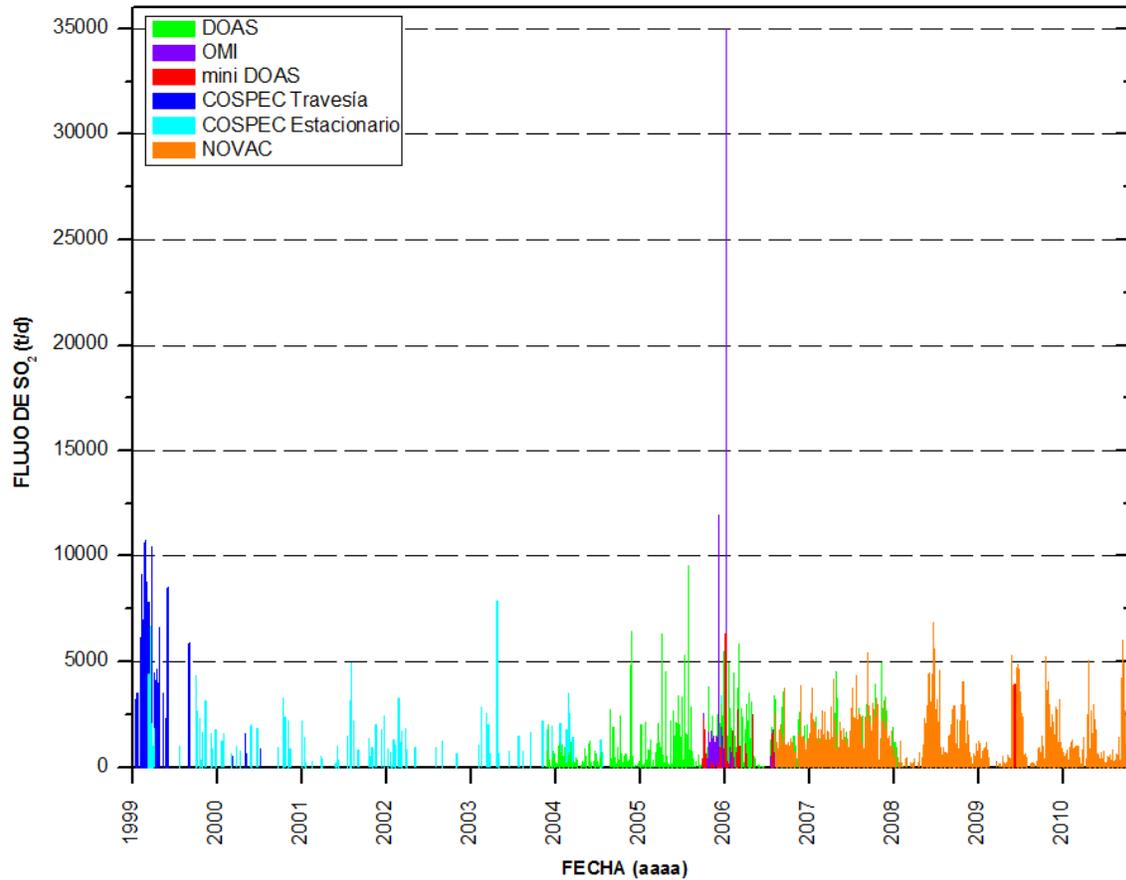


**Figura 13-b.** Flujo diario de SO<sub>2</sub> emitido por el volcán Tungurahua desde agosto de 1999. La zona sombreada (parte superior) corresponde al zoom del registro de emisiones de SO<sub>2</sub> hasta el mes de mayo de 2011 (parte inferior). Las técnicas DOAS, mini DOAS y NOVAC son operadas permanentemente o en campañas de campo por el IG-EPN. La técnica OMI es un sensor satelital operado por JCET/UMBC/NASA.

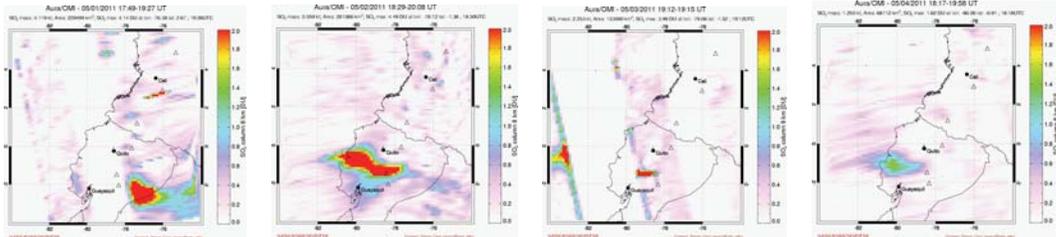
**Estadísticas mensuales:**

Valor medio: 1365 t/d  
 Variabilidad (1σ): 1071 t/d  
 Valor máximo: 3932 t/d (18 de mayo)  
 Emisión estimada: 42322 t de SO<sub>2</sub>

EMISIÓN DE SO<sub>2</sub> - VOLCÁN TUNGURAHUA -



*Figura 13-c. Flujo diario de SO<sub>2</sub> emitido por el volcán Tungurahua desde agosto de 1999 hasta fines de mayo de 2011.*

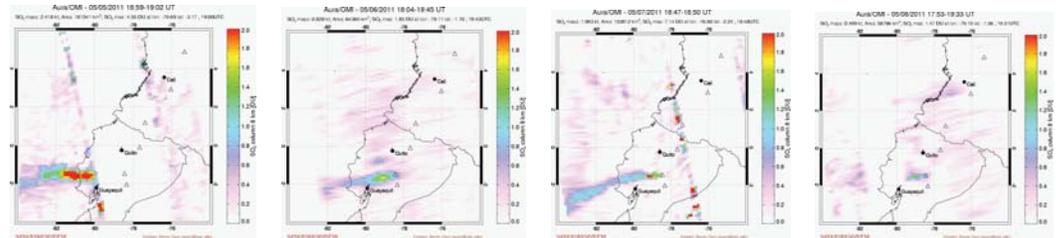


**May 01, 2011**

**May 02, 2011**

**May 03, 2011**

**May 04, 2011**

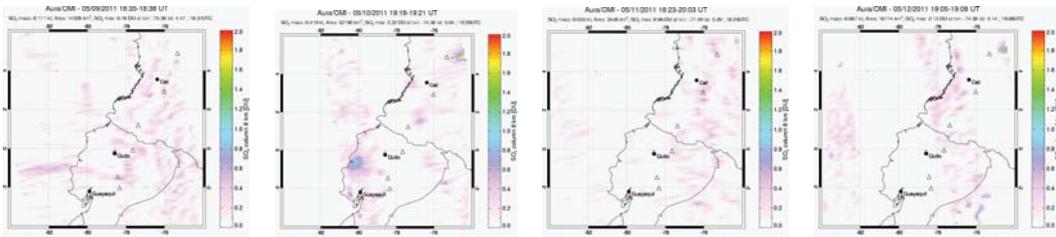


**May 05, 2011**

**May 06, 2011**

**May 07, 2011**

**May 08, 2011**

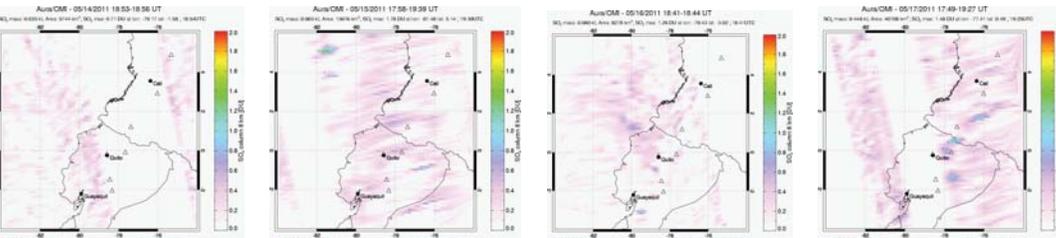


**May 09, 2011**

**May 10, 2011**

**May 11, 2011**

**May 12, 2011**

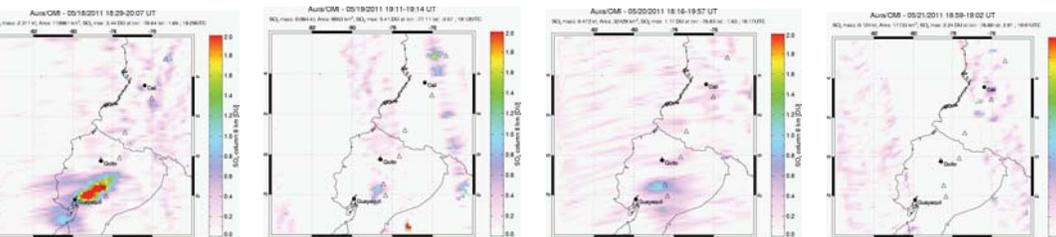


**May 14, 2011**

**May 15, 2011**

**May 16, 2011**

**May 17, 2011**

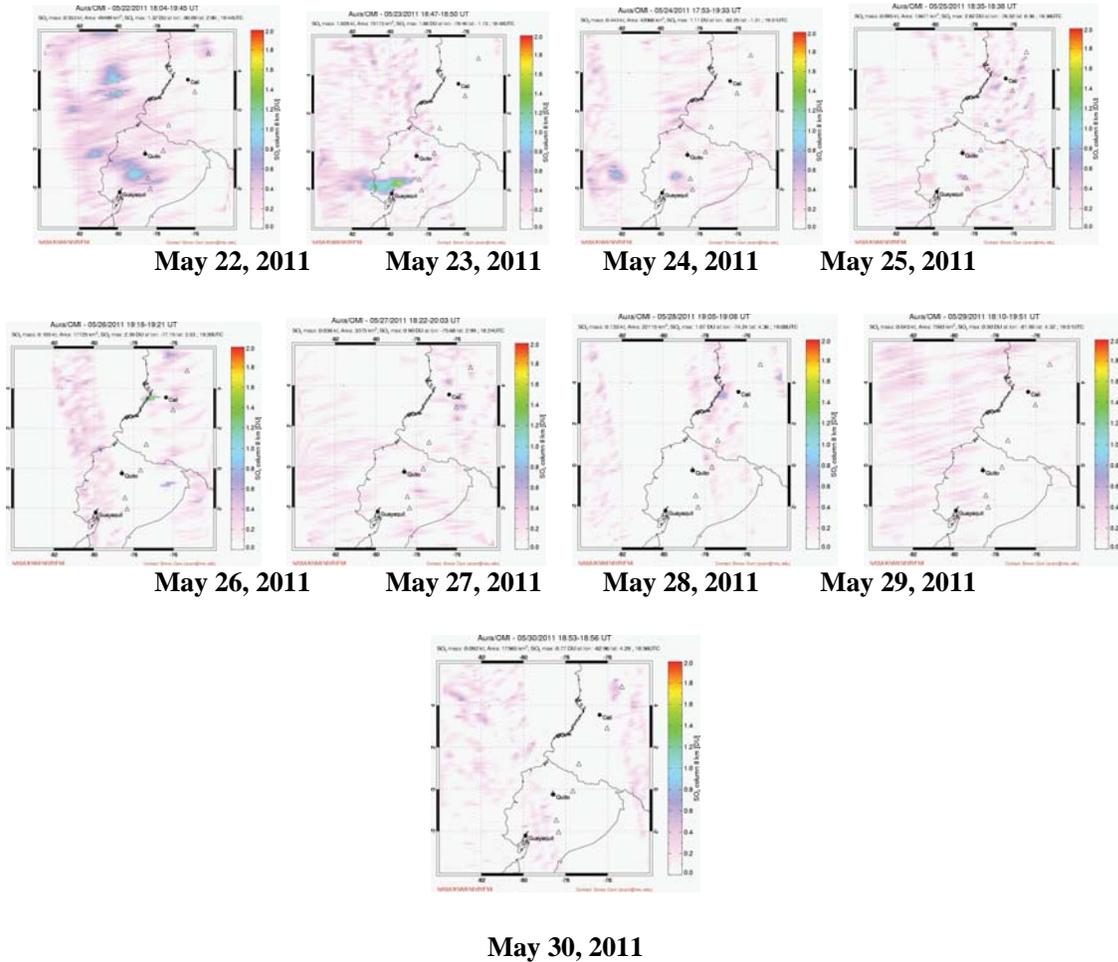


**May 18, 2011**

**May 19, 2011**

**May 20, 2011**

**May 21, 2011**



*Figura 13-d. Imágenes generadas en base a observaciones satelitales con el instrumento OMI (NASA/JCET/UMBC) correspondientes al mes de mayo de 2011. (Fuente: [http://so2.gsfc.nasa.gov/pix/daily/0511/ecuador\\_0511z.html](http://so2.gsfc.nasa.gov/pix/daily/0511/ecuador_0511z.html))*

## 5. Observaciones Visuales en el Terreno y Lahares

### Observaciones Visuales en el mes de Mayo-2011

#### 5.1.- Situación Climática

Durante Mayo, especialmente a inicios y finales del mes, el clima se presentó desfavorable y predominaron los días nublados. La presencia de lluvias moderadas en la zona del volcán, en particular la última semana, generó el descenso de lahares y de agua lodosa por todas las quebradas del volcán, afectando en gran parte la carretera Baños-Penipe. Por lo contrario, a mediados de mes, el clima fue significativamente mejor, pudiéndose observar al volcán despejado durante varias horas del día y de la noche.

#### 5.2.- Actividad Superficial

En los primeros 10 días del mes de Mayo el volcán mantuvo una actividad moderada-alta tras su re-activación del 20 de Abril. La actividad se caracterizó por mostrar una señal continua de tremor sísmico de poca amplitud, además de pocas explosiones de ligera

intensidad, y emisiones esporádicas de ceniza. Esta actividad fue disminuyendo considerablemente en la segunda semana del mes. En hecho, ocurrieron emisiones mínimas y débiles de gas, y vapor de agua con muy poca ceniza (Fig.14). Sin embargo, a partir del 17 de Mayo se registra nuevamente una señal continua de tremor sísmico. Este tremor superficialmente fue asociado a una emisión continua de vapor de agua y cantidades variables de ceniza (Fig. 15). Al mismo tiempo del incremento de la actividad, se pudo observar la aparición de una nueva fumarola en la parte media alta del volcán hacia el flanco occidental (Fig. 16 y Fig. 17).El incremento de la actividad superficial del volcán en este nuevo episodio eruptivo fue acompañado por explosiones de moderada intensidad, cuyas columnas de emisión contenían una importante cantidad de ceniza (Fig. 18). En ocasiones, durante la noche se pudo observar actividad estromboliana (Fig. 19).



**Fig. 14:** Emisión de gas y vapor de agua poco energética con casi nulo contenido de ceniza. Dirección de dispersión hacia en NW (Foto: A. Córdova, IG-EPN).



**Fig. 15:** Emisión de ceniza hacia el NE durante la re-activación del 17 de Mayo (Foto: A. Córdova, IG-EPN).



**Fig. 16:** En el recuadro en rojo se muestra la ubicación de la nueva fumarola en la parte media alta del flanco W del volcán. La altura de la emisión de vapor alcanza una altura entre 50-80 metros de altura (Foto: P. Ramón, IG-



**Fig. 17:** En recuadro amarillo se muestra la vista aérea de la ubicación de la fumarola en la parte media alta del flanco W del volcán. (Foto: P. Ramón, IG-EPN).



**Fig. 18:** Pocos segundos después de ocurrida una explosión, el hongo de ceniza alcanza los 2 km de altura. Notar la ceniza que es levantada por los bloques que caen y ruedan por los flancos (Foto: P. Ramón,



**Fig. 19:** Actividad de fuentes de lava y caída de bloques en el flanco superior occidental del volcán (Foto: P. Ramón, IG-EPN).

Dadas las buenas condiciones climáticas durante la tercera semana del mes, se realizó un sobrevuelo al volcán Tungurahua. En donde se observó que el diámetro del cráter interno se ha incrementado respecto a las últimas observaciones aéreas efectuadas el 18 de Marzo, resultando en medidas aproximadas de 250m x 230 m (Fig. 20). Por otro lado se observaron evidencias claras de que una parte del borde occidental interno ha experimentado pequeños colapsos de sus paredes internas y aparentemente el material se ha acumulado en el fondo del vento, posiblemente obstruyendo en forma parcial al mismo (Fig. 21). Es posible que la presencia de este material esté restringiendo parcialmente la salida del material desde el vento. Además se observa que la ocurrencia de estos pequeños colapsos ha afectado también al borde de occidental del cráter, situación que se debe considerar en las estimaciones de la estabilidad del borde occidental del cono. También fue posible observar un cuerpo rocoso en el fondo del vento, el cual podría identificarse como un posible tapón parcial, pues se ha observado que las emisiones son excéntricas respecto al cráter interno. En este sentido, se debe considerar que el vapor y ceniza es emitido por un

sector muy pequeño, y reflejaría que no existe un conducto totalmente abierto. En la Fig. 22 se puede observar la estructura de este cuerpo rocoso y su disposición en el viento.

Las mediciones efectuadas con cámara térmica en el viento indican una temperatura aparente máxima de 284°C (Fig. 23), sin embargo se debe indicar que estas medidas son tomadas en la superficie de las emisiones que ocurrirían al momento de efectuarlas, por lo que las mismas estarían encubriendo las verdaderas temperaturas al interior del viento.



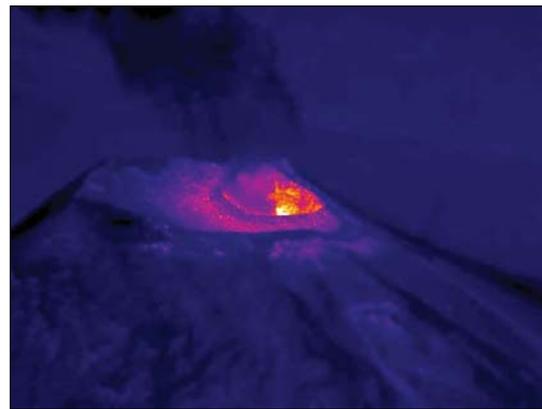
**Fig.20:** Cráter del volcán Tungurahua, se muestra el actual borde del cráter interno (Foto: P. Ramón, IG-EPN).



**Fig.21:** Cráter interno del volcán Tungurahua, se muestra las zonas de pequeños colapsos sectoriales hacia el interior del cráter (Foto: S. Vallejo, IG-EPN).



**Fig.22:** Cráter Interno del volcán Tungurahua, se muestra el probable tapón que se encontraría en el viento (Foto: S. Vallejo, IG-EPN).



**Fig.23:** Imagen Térmica del volcán Tungurahua tomada desde el Oriente. La temperatura máxima registrada fue de 285° C (Foto: P. Ramón, IG-EPN).

### 5.3.- Dispersión y Caída de Ceniza:

**DISPERSION DE LAS NUBES DE CENIZA  
DEL VOLCAN TUNGURAHUA  
MAYO - 2011**

**SIMBOLOGÍA**

Nubes de Ceniza en el mes de Mayo-2011  
Volcán Tungurahua

Altura sobre el nivel del mar

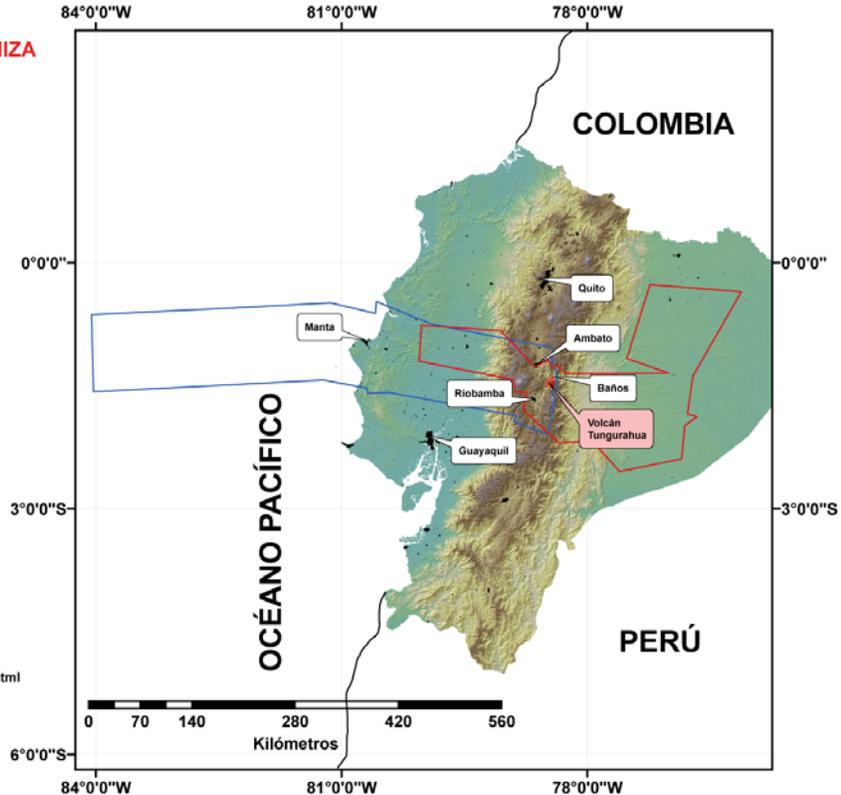
	Nube de ceniza < 25000 pies (7,6 km snm)
	Nube de ceniza > 25000 pies (7,6 km snm)
	Volcanes
	Centros poblados



Modificado de : <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/archive.html>

Elaborado por: MSc. Jorge Bustillos A.

Área de Vulcanología



**Fig.24:** Dispersión de las nubes de ceniza del volcán Tungurahua durante el mes de Mayo de 2011  
(Modificado de <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/messages.html>)

Las nubes de ceniza, generadas por las explosiones y principalmente emisiones sub-continuas, durante el mes de Mayo alcanzaron alturas entre 20000 pies (6, 1 km) y 33000 pies (10 km) sobre el nivel del mar. Éstas, por acción de los vientos fueron dispersadas en todas direcciones, pero principalmente al Occidente y Este-noereste, alcanzando a extenderse por 640 km y 320 km respectivamente desde el cráter del volcán (Fig.24). Las nubes de ceniza que se dirigieron al Occidente (03 de Mayo) alcanzaron unos 347 km aproximadamente desde el perfil costanero hacia el océano Pacífico (Fig. 24). Debido a la acentuada actividad eruptiva del Tungurahua, las nubes de ceniza de mayor dispersión, extensión y por ende de mayor energía se produjeron en la primera quincena del mes.

Acompañado a la generación de estas nubes de ceniza, las emisiones produjeron una importante caída de ceniza en los alrededores del volcán, llegando a afectar a ciudades como Baños, Riobamba, Cevallos, Mocha, Ambato, entre otras. En las tablas 3 y 4 se muestra las zonas que reportaron caída de ceniza, las mismas que disminuyeron notablemente a finales del mes.

Ubicación	Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N	Ambato															
N	Patate															
N	OVT															
NE	Pititig															
NE	Ponchoa															
NE	Chontilla															
NNW	Juive															
NNW	Cusúa															
NNW	Pelileo															
NW	Cevallos															
NW	Quero															
NW	Mocha															
S	Mathus															
SW	Riobamba															
SW	Guano															
SW	La Providencia															
SW	Penipe															
SSW	Palictagua	G														
SSW	Puela															
SSW	Pachamillay															
SSW	Utuñag															
SSW	Capil															
SSW	Patacocha															
E	Ulba															
E	Puntzán															
E	Río Blanco															
ENE	Baños															
ENE	Runtún															
ENE	San Vicente															
W	Chontapamba															
W	Yuibug															
W	San Juan															
W	Palestina															
W	San Isidro															
W	Santa Fe de Galán															
W	Motilones															
WNW	Pillate															
WNW	Cotaló															
WNW	Chacauco															
WNW	Bilbao															
WSW	Choglontús															
WSW	El Manzano															
WSW	Cahuají															

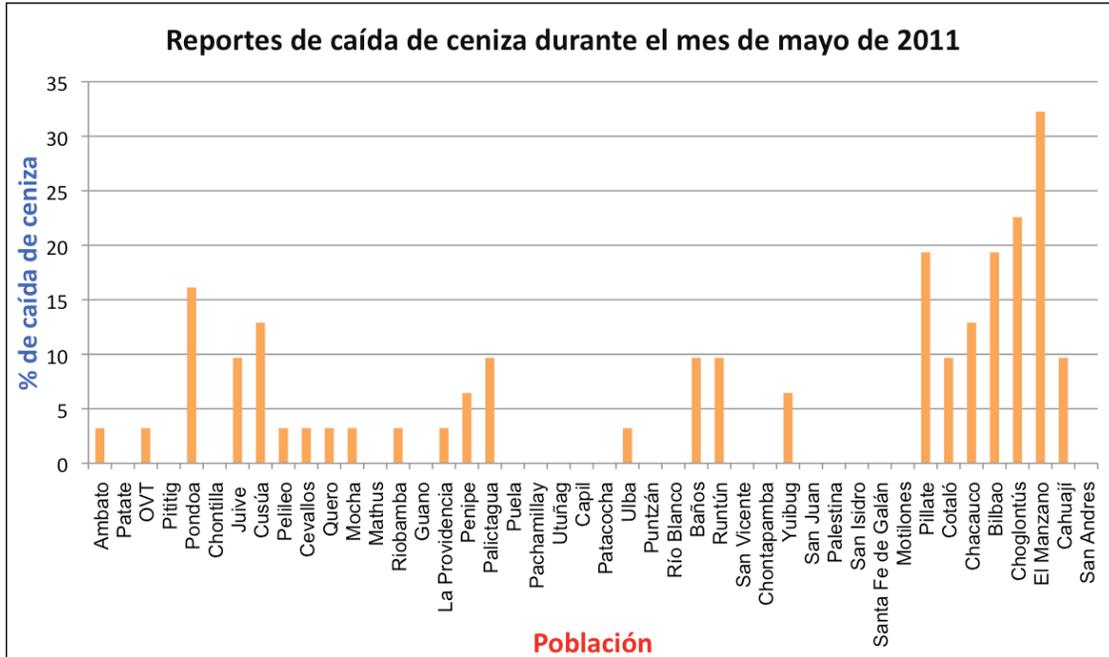
*Tabla 2: Reportes recibidos de caída de ceniza durante la primera quincena de Mayo de 2011. Fuente informes semanales OVT. (Ceniza: **B** = blanca; **R** = rojiza; **N** = negra; **G** = gris; **C** = Ceniza café; **g** = ceniza gruesa; **m** = ceniza media; **f** = ceniza fina.)*

Ubicación	Población	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
N	Ambato							G					
N	Patate												
N	OVT												
NE	Pititig												
NE	Ponchoa				B	N							
NE	Chontilla												
NNW	Juive												
NNW	Cusúa			Bf				G					
NNW	Pelileo												
NW	Cevallos												
NW	Quero												
NW	Mocha												
S	Mathus												
SW	Riobamba												
SW	Guano												
SW	La Providencia												
SW	Penipe				B								
SSW	Palictagua												
SSW	Puela												
SSW	Pachamillay												
SSW	Utuñag												
SSW	Capil												
SSW	Patacocha												
E	Ulba												
E	Puntzán												
E	Río Blanco												
ENE	Baños												
ENE	Runtún			B									
ENE	San Vicente												
W	Chontapamba												
W	Yuibug												
W	San Juan												
W	Palestina												
W	San Isidro												
W	Santa Fe de Galán												
W	Motilones												
WNW	Pillate			Gf							Nf		
WNW	Cotaló			Gf									
WNW	Chacauco			Gf									
WNW	Bilbao						Bf						
WSW	Choglontús										Nf		
WSW	El Manzano			Bf					N				
WSW	Cahuají							Gf					

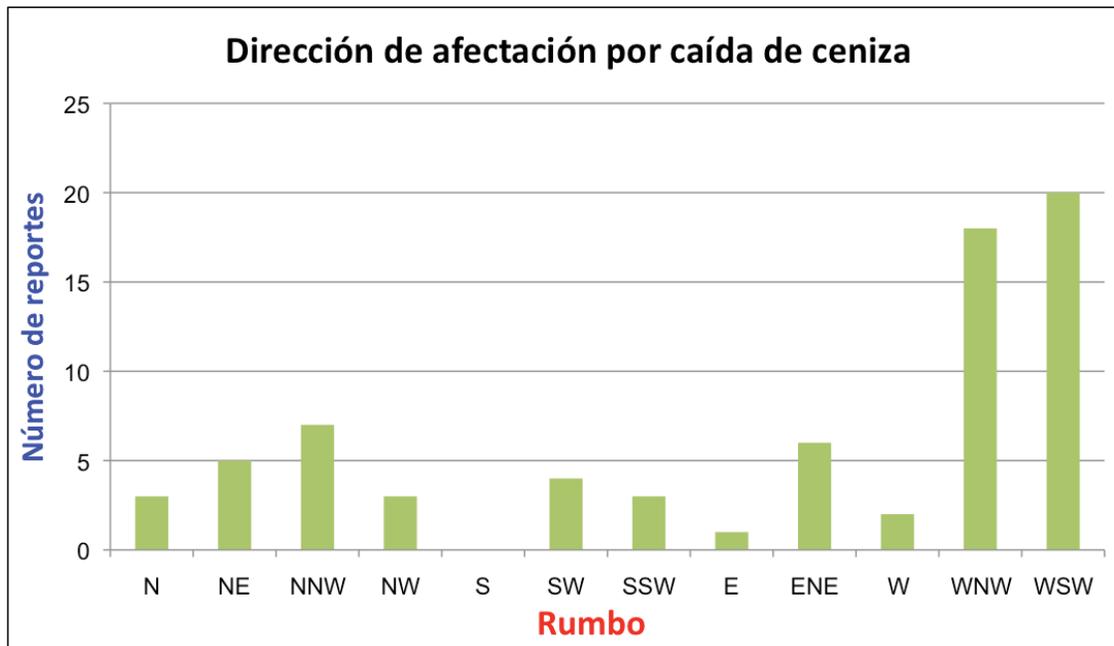
**Tabla 3:** Reportes recibidos de caída de ceniza durante la segunda quincena de Mayo de 2011. Fuente informes semanales OVT. (Ceniza: **B** = blanca; **R** = rojiza; **N** = negra; **G** = gris; **C** = Ceniza café; **g** = ceniza gruesa; **m** = ceniza media; **f** = ceniza fina.)

Teléfonos: (2) 2225-655; (2) 222-5627; Fax: (593-2) 256-7847

Página Web: [www.igeon.edu.ec](http://www.igeon.edu.ec); Correo Electrónico: [geofisico@igeon.edu.ec](mailto:geofisico@igeon.edu.ec)  
Dirección: Campus Ing. José Rubén Orellana - Calle Ladrón de Guevara E11-253  
Apartado Postal 2759 - Quito - Ecuador



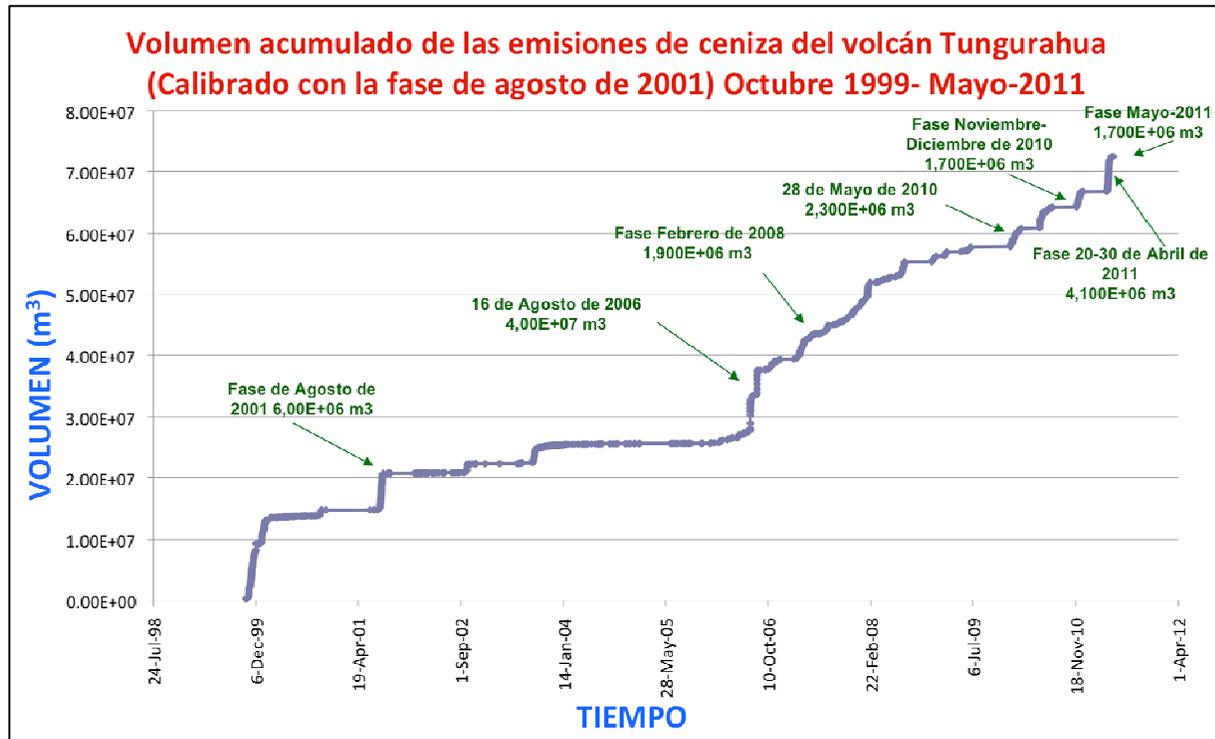
*Fig. 25: Reportes de caída de ceniza recibida por el OVT por parte de los vigías. Pandoa, Pillate, Bilbao, Choglontús y El Manzano han sido las poblaciones con Mayor afectación de caída ceniza.*



*Fig. 25: Dirección de afectación por la caída de ceniza. Las zonas ubicadas al WNW y WSW fueron las mas afectadas.*

#### 5.4.- Cuantificación de la Caída de Ceniza:

Aplicando métodos indirectos, como el modelo de plumas termales (Bustillos, 2010, Ruiz G. et al., 2004), descritos en el informe del mes anterior, se pudo estimar que el volumen de material sólido emitido por el Tungurahua fue de 1,7 millones de m<sup>3</sup> de ceniza (Fig. 26). La emisión de ceniza generó columnas eruptivas cuya altura promedio fue de 6900 m sobre el nivel del mar a un caudal de 0,78 m<sup>3</sup>/seg de material sólido emitido, cuyo volumen por evento fue de aproximadamente 2300 m<sup>3</sup>.



**Figura 26.** Volumen acumulado de material sólido emitido por el volcán Tungurahua desde 1999. Para el cálculo se aplicó el modelo de plumas termales de Sparks et al. (1997) y las calibraciones realizadas por Ruiz et al., 2004 (no publicado)

#### 5.5.- Referencias:

- Bustillos, J., 2010. Transición del estilo eruptivo durante las erupciones andesíticas en sistema abierto: Contribución al estudio de los depósitos de ceniza del volcán Tungurahua. Tesis de Master 2, Universidad de Nice Sophia Antipolis, Francia, 48 pp.
- RUIZ, G., LE PENNEC, J-L., PALACIOS, E., HALL, M. L., YEPES, H., 2004 no publicado. Cálculo Indirecto del Volumen de Material Emitido por el Volcán Tungurahua 1999-2004.

## Lahares del volcán Tungurahua durante Mayo de 2011

El ciclo eruptivo que empezó en la última semana de Abril expulsó un volumen importante de material piroclástico a la atmósfera ( $5-6 \times 10^6 \text{ m}^3$  de ceniza hasta el 30 de Mayo, según las cuantificaciones de J. Bustillos y B. Bernard). Una parte de este material se depositó sobre el cono volcánico, incrementando la probabilidad de generar lahares importantes por las quebradas del volcán si lluvias intensas ocurren en la región.

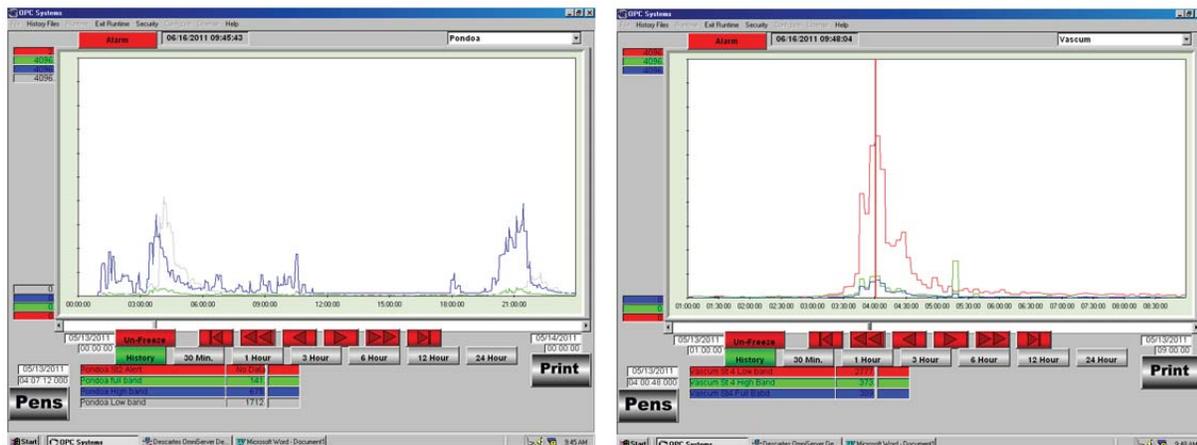
Por otro lado, las condiciones climáticas fueron variables durante Mayo. En la primera quincena del mes hubo días favorables para realizar observaciones de la actividad superficial del volcán, sin embargo en los días restantes la situación cambió y predominaron días con mucha nubosidad que dificultaron la vigilancia visual directa del volcán desde el observatorio. Las lluvias de intensidad variable fueron comunes durante este período y originaron lahares que descendieron por varias quebradas del Tungurahua.

A continuación se resume los principales eventos, en base a los informes semanales del OVT:

### Viernes 13

Durante la noche y madrugada ocurrieron lluvias fuertes sobre el cono, principalmente en el flanco norte. A las 03:44 (TL) se recibió una alerta de alta frecuencia desde el IG-Quito que fue observada en la sísmica de RETU. Los AFM de Pondoá y Vazcún desplegaron señales asociadas a flujos de escombros que descendieron por la quebrada de la Pampa y por el río Vazcún (Fig. 1). Se comunicó esta situación al personal de la SGR-Baños. En el AFM de Pondoá quedó registrado un valor máximo en el canal LB = 1712, HB = 675, FB = 141. Para el caso del AFM del río Vazcún, los valores de los diferentes canales de frecuencias fueron: LB = 2777, HB = 373, FB = 309.

En la mañana siguiente (07:00, TL), los vigías de Bilbao y Chacaucó comunicaron que descendieron flujos de agua lodosa con pequeños bloques por la quebrada Achupashal y La Pirámide. También se recibió un reporte acerca de flujos de agua lodosa por la quebrada Mapayacu.



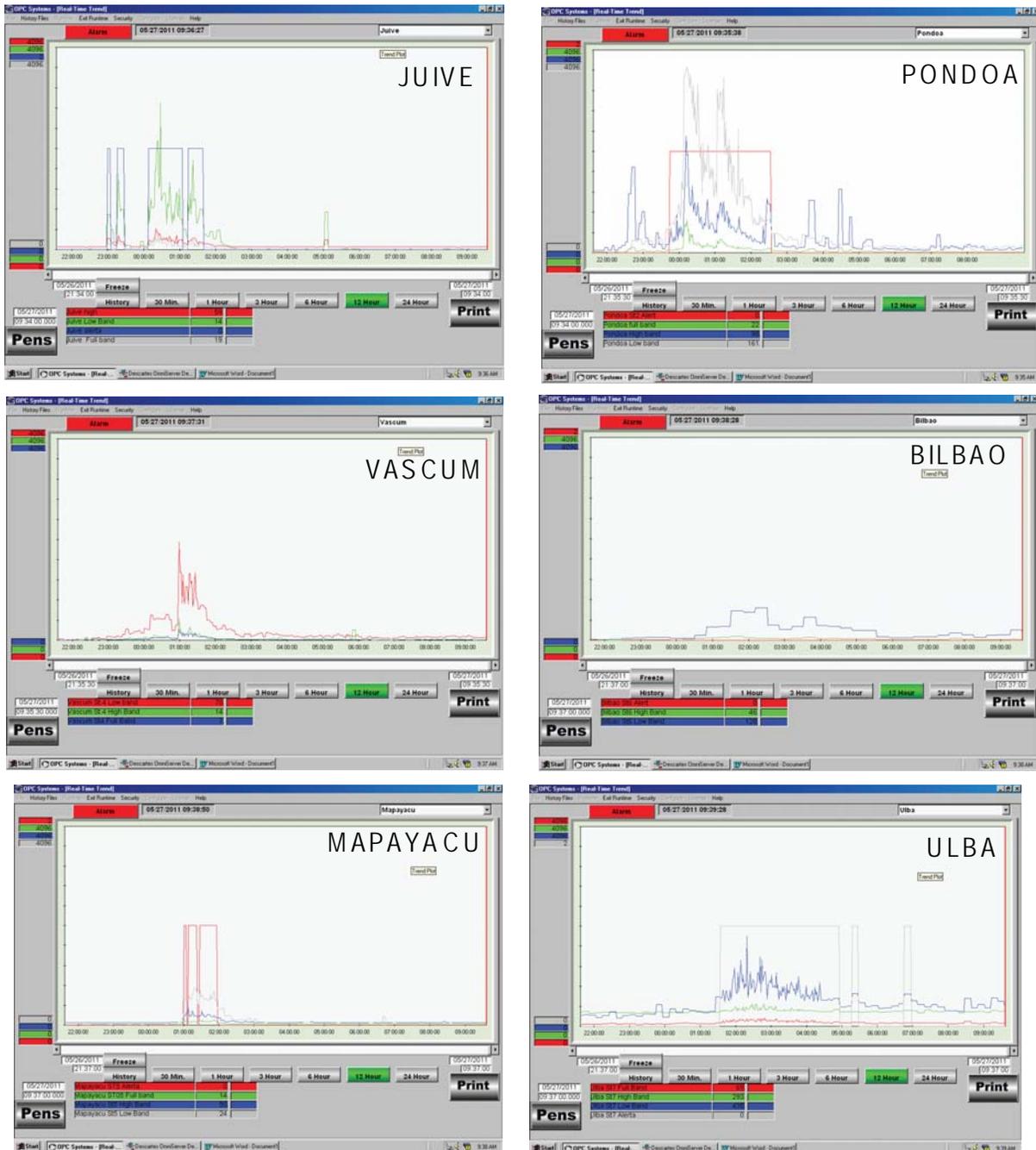
**Figura 27.** Registros gráficos de los AFM de Pondoá (izquierda) y Vazcún (derecha) relacionados a flujos de escombros que se generaron durante el viernes 13 de Mayo.



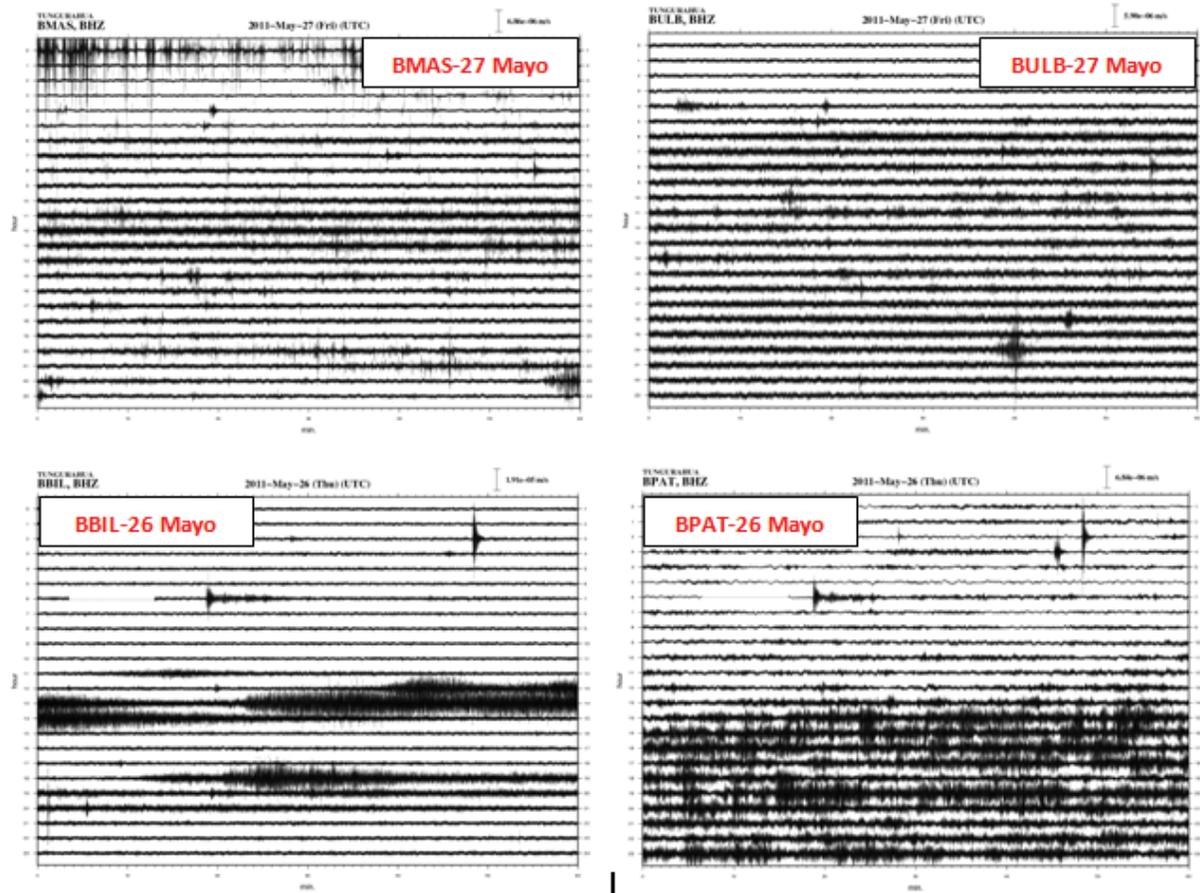
## INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

### **Jueves 26, Viernes 27 y Sábado 28**

Lluvias casi continuas, de moderada y alta intensidad, se hicieron presentes en la región del volcán Tungurahua, desde la madrugada del jueves 26 hasta la tarde del sábado 28, especialmente en el lado occidental. Estas lluvias generaron crecidas de agua lodosa y flujos de lodo en los principales drenajes del volcán: río Ulba, río Vascún, quebradas La Pampa, Achupashal, Pingullo, Bilbao, La Pirámide, Chontapamba, Mapayacu. Estos eventos fueron reportados por los vigías de cada sector afectado pero también fueron registrados por las estaciones laháricas AFM y por las estaciones sísmicas cercanas a estos drenajes (Fig. 28 y Fig.29). Durante la ocurrencia de los eventos laháricos se informó oportunamente a la SGR-Baños y a Hidroagoyán. Los flujos interrumpieron la vía entre Baños y Penipe en su intersección con las quebradas mencionadas anteriormente.



**Figura 28.** Registros gráficos de los AFM instalados en varios drenajes del volcán Tungurahua. Las señales registradas están asociadas a descensos de lahares y flujos de lodo por los drenajes respectivos.



**Figura 29.:** Señales sísmicas de banda ancha donde quedaron registrados los eventos laháricos que ocurrieron durante los días 26 y 27 de Mayo.

## 6. Conclusiones

Dada la reactivación ocurrida en Abril, y que continuó en Mayo, se observa que la sismicidad cambió sustancialmente respecto al mes anterior. En hecho se registró un total de 2657 eventos sísmicos, mayormente LP, así como un incremento en el número de sismos VT, adicionalmente se registró 77 explosiones y 432 señales sísmicas asociadas a emisiones de ceniza, al mismo tiempo el IAS en la primera parte del mes alcanzó el Nivel 6- actividad moderada alta, aunque a finales del mes dado el decrecimiento de la actividad, se reflejó una tendencia descendente del IAS. De esta manera, el volcán se encuentra en un episodio de mayor actividad, caracterizado por un estilo eruptivo del tipo estromboliano, donde el flujo diario de  $\text{SO}_2$  tuvo un promedio de 1365 t/d, y el valor estimado de emisión de  $\text{SO}_2$  en la atmósfera alcanzó un valor de 42322 t de  $\text{SO}_2$ , valor relativamente similar a lo registrado el mes anterior. El nuevo estado eruptivo generó columnas eruptivas de las explosiones y emisiones que alcanzaron alturas variables entre 6 km y 10 km sobre el nivel del mar. Las nubes de ceniza fueron dispersadas por los vientos principalmente al Oeste del volcán, y en menor ocurrencia hacia el Este y Noreste, afectando a las comunidades aledañas al volcán y a las ciudades de Baños, Riobamba, Cevallos, Mocha, Ambato, entre otras.



## INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Por otra parte, aunque en Mayo se presentó un episodio de mayor actividad, que fue disminuyendo a finales del mes, se observa que la red de estaciones de inclinómetros, especialmente las estaciones de RETU y BILBAO indicaron una tendencia inflacionaria en los ejes radiales, mientras que la estación PONDOA muestra un patrón deflacionario en el eje radial, de la misma manera que la estación Mazon-Borehole. Posiblemente las tendencias inflacionarias de RETU y BILBAO, así como la ocurrencia de los sismos VT, indicarían un reajuste de las presiones internas de la cámara, que posiblemente esté asociada a una intrusión poco profunda, con un posible dique localizado en la parte superior del edificio volcánico en las cercanías de la estación RETU. Este nuevo episodio de mayor actividad, iniciado a mediados de Abril, puede estar relacionado estrechamente con los procesos inflacionarios registrados desde finales de Enero de 2011. Sin embargo, las tendencias deflacionarias registradas en los ejes radiales de Bilbao, Mazon y Pondoa indicarían el paso de un pequeño cuerpo de magma hacia una cámara-fuente poco profunda en las cercanías de la estación RETU.

Finalmente, el clima fue algo variable durante las primeras dos semanas de Mayo, con días soleados y noches despejadas pero con pocos días lluviosos. Por el contrario, en las dos semanas finales el clima cambió a condiciones adversas donde días fríos y con mucha nubosidad fueron comunes, además lluvias intensas provocaron lahares y flujos de agua lodosa que descendieron por los ríos Ulba y Vazcún, así como por las quebradas La Pampa, Achupashal, La Pirámide, Bilbao, Pingullo, Chontapamba y Mapayacu.

### Grupo de sismología

Guillermo Viracucha [gviracucha@igeqn.edu.ec](mailto:gviracucha@igeqn.edu.ec)  
Liliana Troncoso [ltroncoso@igeqn.edu.ec](mailto:ltroncoso@igeqn.edu.ec)  
Daniel Pacheco [dpacheco@igeqn.edu.ec](mailto:dpacheco@igeqn.edu.ec)

### Grupo de vulcanología

Gorki Ruiz [gruiz@igeqn.edu.ec](mailto:gruiz@igeqn.edu.ec)  
Jorge Bustillos [jbustillos@igeqn.edu.ec](mailto:jbustillos@igeqn.edu.ec)  
Jorge Ordóñez [jordonez@igeqn.edu.ec](mailto:jordonez@igeqn.edu.ec)  
Francisco Herrera [fherrera@igeqn.edu.ec](mailto:fherrera@igeqn.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.

15 de Junio de 2011 – Quito/gr