



**Domingo 27 de Noviembre de 2011, 22:33 UTC. Vista desde el OVT, Flujo piroclástico descendiendo por el flanco occidental del volcán (Foto: G. Viracucha, OVT-IG)**

## *Resumen Mensual*

### *Actividad del Volcán Tungurahua, Noviembre 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

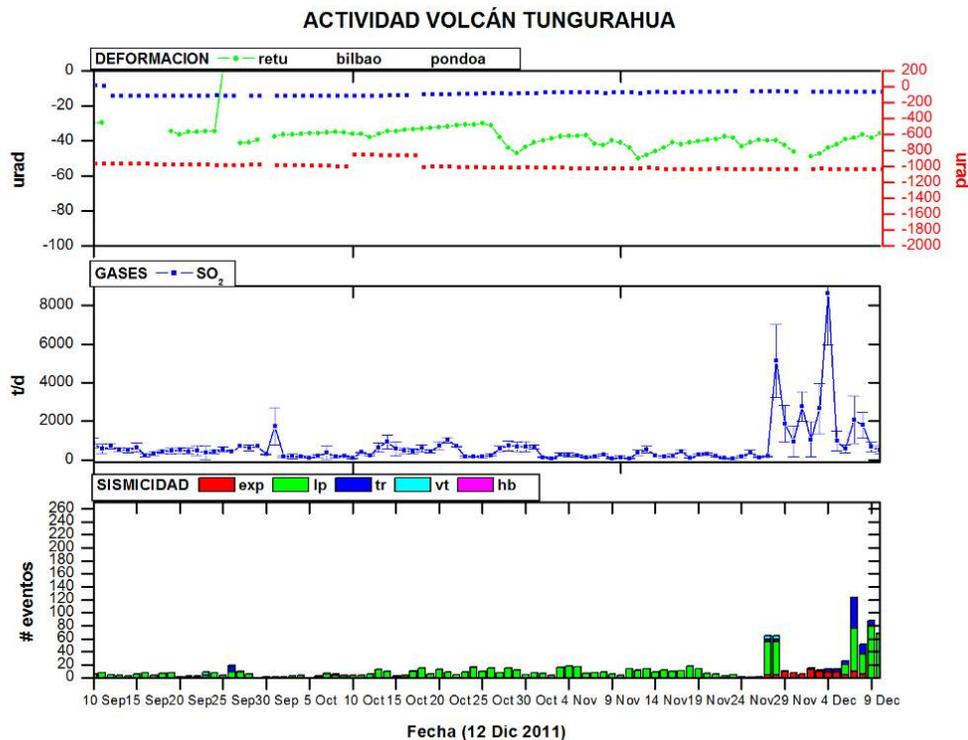
En el mes de Noviembre, el volcán experimento un nuevo episodio eruptivo a finales del mes. La sismicidad total resultó en 464 eventos sísmicos, mayormente LP, y un promedio de 15.5 eventos por día, mientras que el numero de sismos VT, 16 registrados, fue menor que el mes anterior, adicionalmente, se registró 15 explosiones y 69 emisiones. El IAS tiene un nivel 5. Sin embargo en la segunda mitad de Noviembre el volcán empezó a aumentar su actividad, lo que reflejó una tendencia ascendente del IAS.

El flujo diario de SO<sub>2</sub> tuvo un promedio de 450 t/d. El valor máximo medido fue de 5123 t/d para el 28 de Noviembre, y el volumen estimado de emisión de SO<sub>2</sub> en la atmósfera alcanza un valor de 13494 t de SO<sub>2</sub>, relativamente similar a lo registrado el mes de Octubre 14612 toneladas). Las estaciones inclinométricas registraron una tendencia inflacionaria de unos

pocos microradianes en los inclinómetros de RETU, y MAZON, PONDOA, y CHONTAL; mientras que la estación de BILBAO indica una tendencia deflacionaria en los dos ejes.

Las condiciones climáticas en Noviembre, fueron favorables para tener avistamientos completos del edificio volcánico. Las columnas eruptivas alcanzaron alturas variables, en promedio 4 Km snc y las cenizas fueron llevadas en todas las direcciones, aunque con una mayor ocurrencia hacia el WSW y el ENE, afectado a las comunidades asentadas en esas direcciones. Se destaca la ocurrencia de flujos piroclásticos que descendieron por las quebradas del NW un poco más debajo de la cota de los 4000 msnm. Por otra parte, las lluvias ocurridas en Noviembre, facilitaron la generación de flujos de lodo que descendieron por las quebradas del N y NW, afectando la vía Baños Penipe; y en la quebrada Vascun se observó que el flujo alcanzó una altura de 3.2 m desde el lecho del río.

De esta manera, parece que los sismos VT ocurridos en Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre estarían asociados a movimientos de magma en niveles poco profundos y resultarían en estas ligeras perturbaciones en la deformación y que a finales de Noviembre se observó un incremento en la actividad superficial, de esta manera el volcán se encuentra en un episodio de mayor actividad, con un estilo eruptivo del tipo estromboliano.



**Figura 1.** Resumen de la actividad del Volcán Tungurahua desde Mayo de 2011 a principios de Diciembre de 2011, basado en datos de sismicidad, gas-SO<sub>2</sub> y deformación. En general durante este mes se nota un incremento en el número de sismos y en el flujo de SO<sub>2</sub>, dado el nuevo episodio eruptivo.



# INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

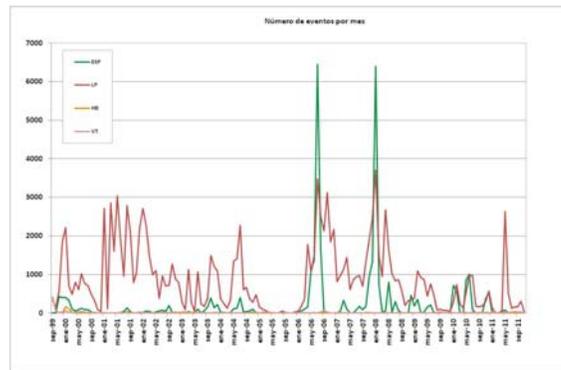
## 2. Sismicidad

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. En el mes de Noviembre, el volcán experimento un incremento en la actividad volcánica, principalmente a partir de la segunda semana del mes. La sismicidad total resultó en 464 eventos sísmicos, mayormente LP, y un promedio de 15.5 eventos por día. Por otra parte, la ocurrencia de los sismos VT, 16 registrados, fue casi dos veces menor que lo registrado en el mes de Octubre. Adicionalmente, dado el incremento de la actividad tanto interna como a nivel superficial, se registró 15 explosiones y 69 emisiones. De esta manera, el volcán se encuentra en un episodio de mayor actividad, con un estilo eruptivo del tipo estromboliano. Como en otras ocasiones los sismos VT han jugado un rol importante antes y durante los episodios de mayor actividad eruptiva. La sismicidad se resume en la Tabla 1.

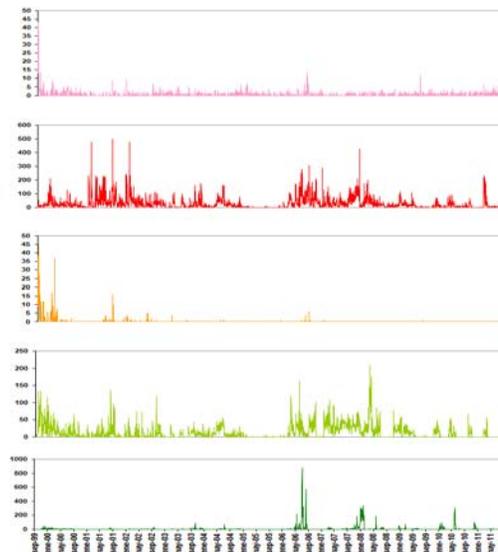
Período	Sismicidad total	LP	VT	HB (Híbridos)	Emisiones	Explosiones
1-7 Nov. 2011	73	71	2	0	0	0
8-14 Nov. 2011	104	101	3	0	0	0
15-21 Nov. 2011	105	102	3	0	0	0
22-30 Nov.2011	182	174	8	0	69	15
<b>Total Nov. /2011</b>	<b>464</b>	<b>448</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>69</b>	<b>15</b>
Total Oct. /2011	332	303	29	0	0	0
Total Sept. /2011	185	160	25	0	0	0
Total Ago. /2011	198	159	39	0	1	0
Total Julio /2011	150	128	22	0	0	0
Total Junio /2011	520	502	18	0	3	0
Total Mayo /2011	2657	2628	29	0	432	77
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
<b>Promedio Diario Noviembre /2011</b>	<b>15.5</b>	<b>15</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>2.3</b>	<b>0.5</b>
Promedio Diario Octubre /2011	10.71	9.8	0.9	0	0	0
Promedio Diario Septiembre /2011	6.17	5.33	0.83	0	0	0
Promedio Diario Agosto /2011	6.39	5.13	1.26	0	0	0
Promedio Diario Julio /2011	4.84	4.13	0.71	0	0	0
Promedio Diario Junio /2011	17.33	16.73	0.6	0	0.1	0
Promedio Diario Mayo /2011	85.7	84.77	0.93	0	13.93	2.48

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

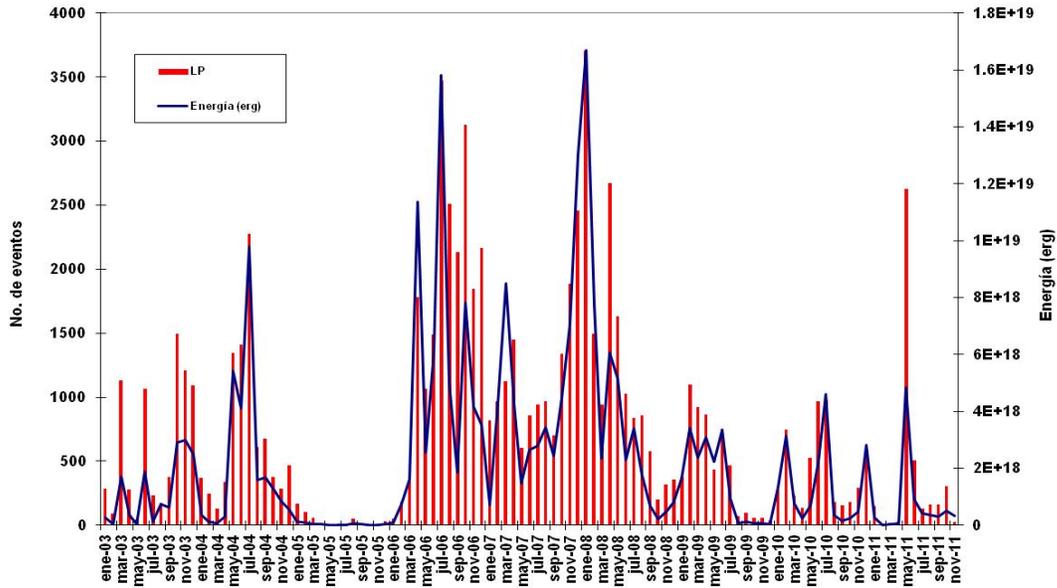
**Tabla 1.** Resumen de las estadísticas de actividad sísmica semanal del mes de Noviembre 2011 y la registrada en los últimos doce meses.



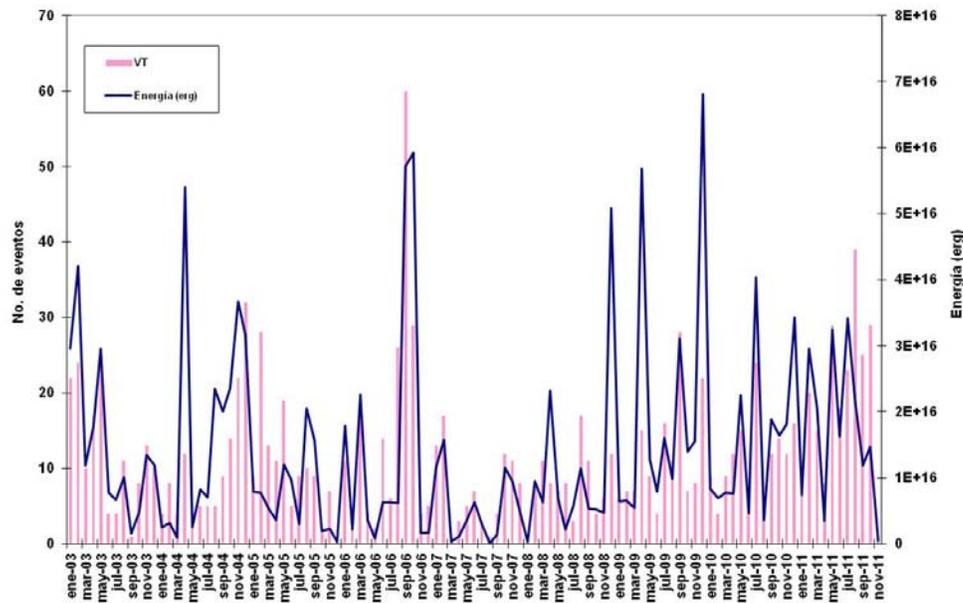
**Figura 2.** Número de sismos mensuales registrados en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta Noviembre de 2011.



**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 Noviembre 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 Noviembre de 2011.*

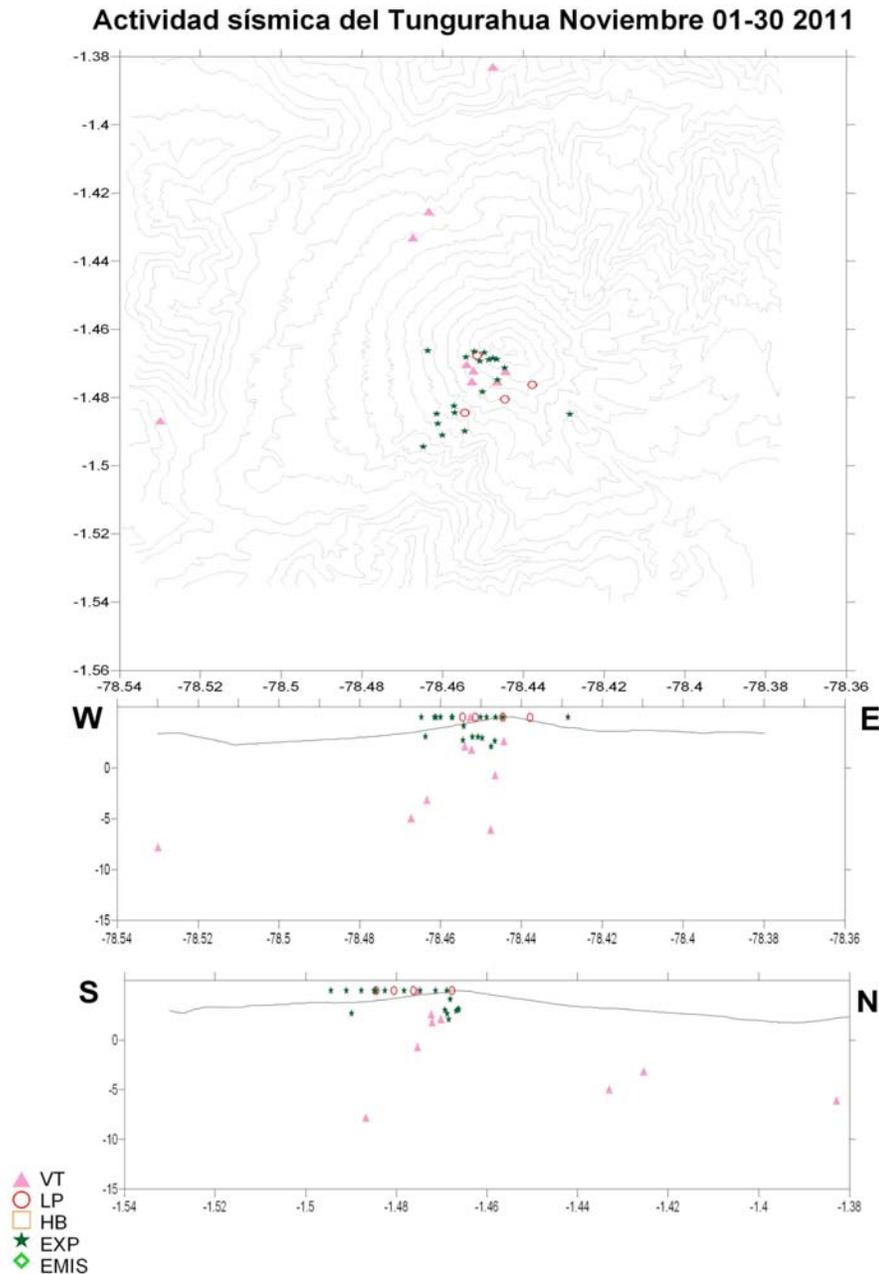


*Figura 5. Número mensual de eventos volcano-tectónicos y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Noviembre de 2011.*

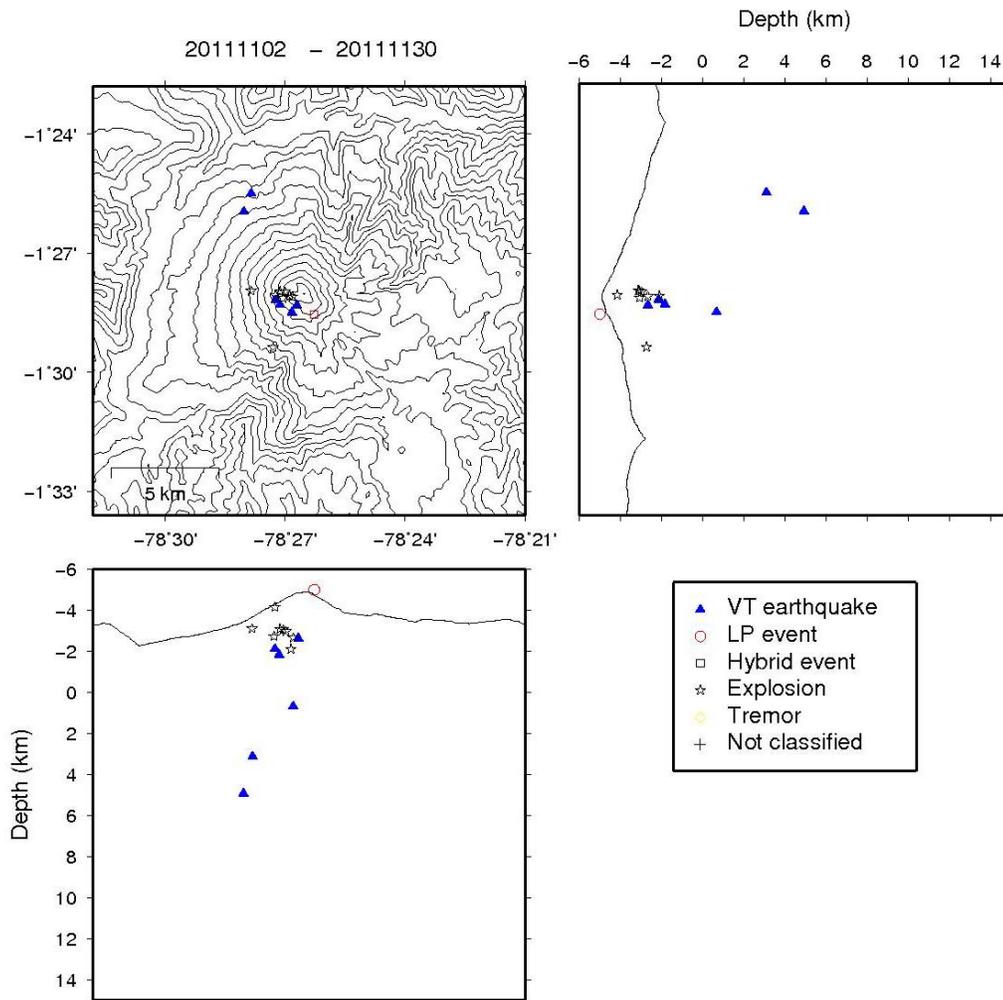


## 2.1 Localizaciones

En el mes de Noviembre, se localizaron 9 sismos VT's de las 16 señales registradas. Adicionalmente se registro 15 explosiones, 4 emisiones- explosiones, y 4 sismos LP. La sismicidad se encuentra entre 0 y 15 km bajo la cumbre, se nota claramente una orientación preferencial de los LP y las explosiones NE-SW (Fig. 8).



**Figura 8a.** Localizaciones de eventos sísmicos durante el mes de Noviembre, 2011.  
Soluciones 3D



**Figura 8b.** Localizaciones de eventos sísmicos durante el mes de Noviembre, 2011.  
Soluciones FASTHYPO



*Figura 8.c Evolución espacio-temporal de la sismicidad del V. Tungurahua en el mes de Noviembre 2011.*

### Índice de Actividad Sísmica (IAS)

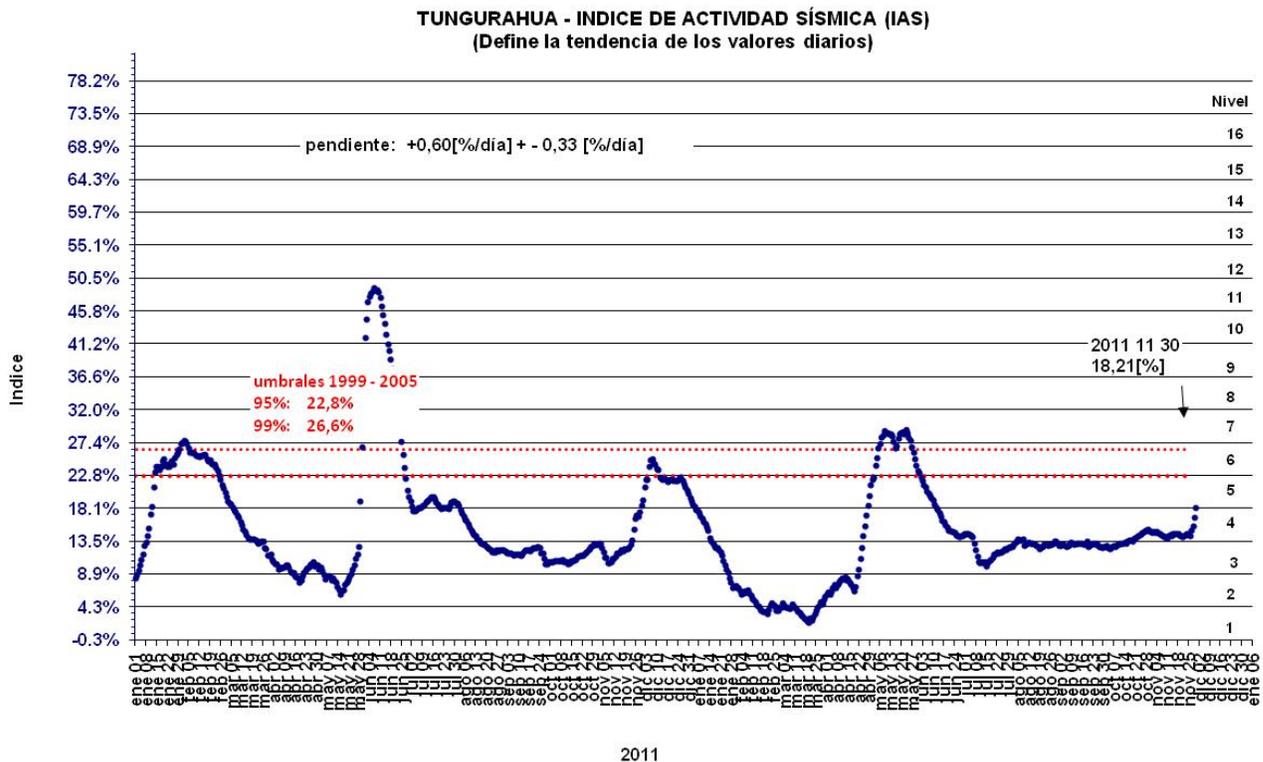
El Índice de Actividad Sísmica (IAS) es un parámetro de medida a dimensional que resume en un solo valor tanto la energía como el número de eventos de todas las señales sísmicas: explosiones, temblor, eventos de largo período, eventos híbridos y eventos volcánico-tectónicos. Los diferentes niveles de 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 9a.

A finales del mes anterior se observó una tendencia Ascendente y en la primera mitad del mes de Octubre, el volcán Tungurahua alcanzó el Nivel 5 del IAS, correspondiendo a un nivel de actividad Moderada. A partir de la segunda mitad de del mes de Noviembre, se observa un incremento en el IAS, manteniéndose en el Nivel 5, con tendencia Ascendente a finales del mes. (Fig. 9b).

**IAS - Nivel de Actividad Sísmica**

>= 8	Muy Alta	Orange
7	Alta	Yellow
6	Moderada - Alta	Yellow-Green
5	Moderada	Green
4	Moderada Baja	Light Green
3	Baja	Light Blue
2	Muy Baja	Blue
1	Muy Baja	Dark Blue

*Figura 9a.* Niveles del IAS y descriptores cualitativos del nivel de actividad. La línea y flecha roja indica el nivel (5) y tendencia (Moderada) hasta finales de Noviembre de 2011.



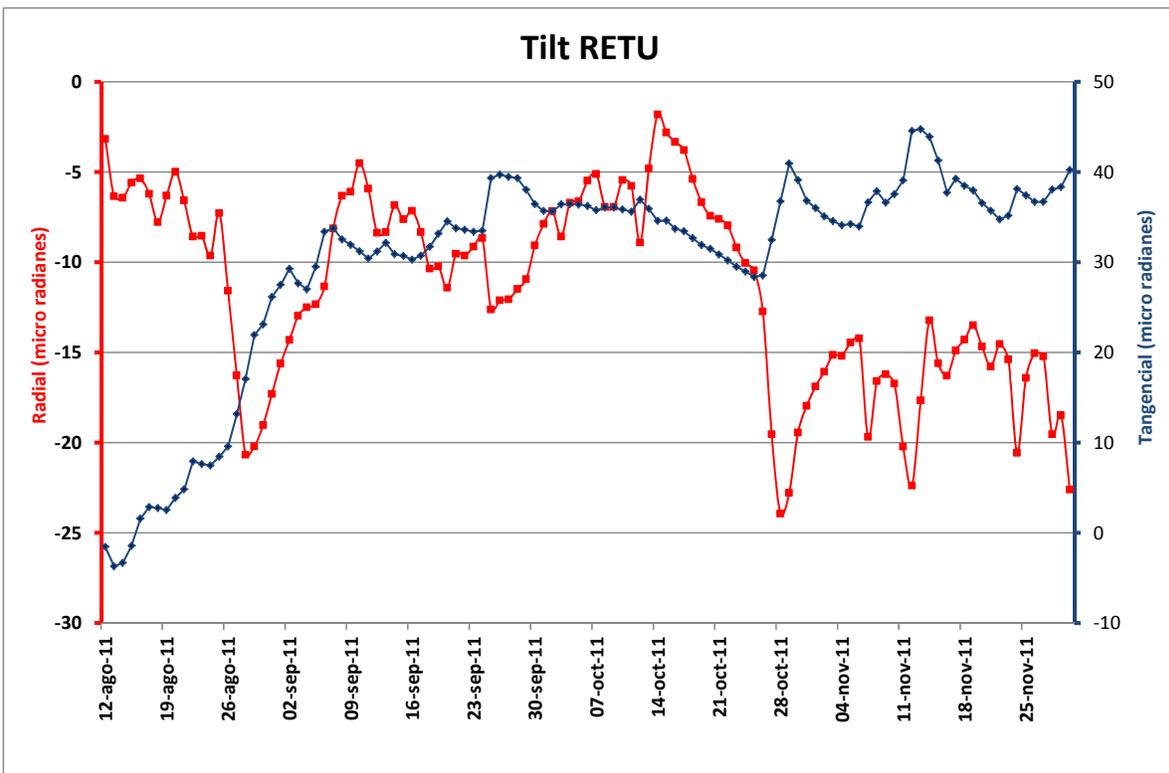
*Figura 9b.* IAS desde Enero 2006 hasta finales de Noviembre de 2011.

### 3. Deformación

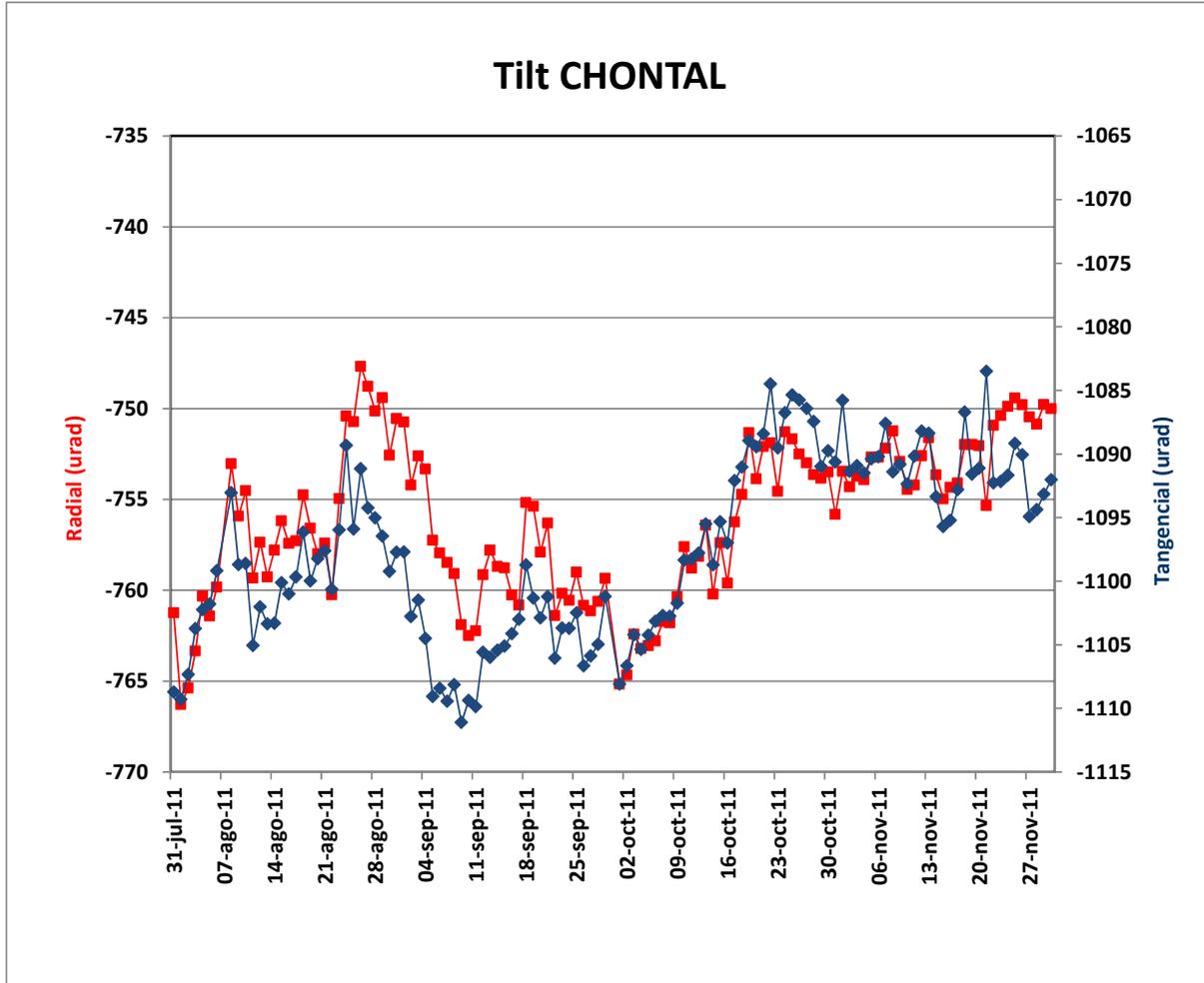
En Noviembre, se observó una tendencia inflacionaria en los inclinómetros de RETU, y MAZON, PONDOA, y CHONTAL; mientras que la estación de Bilbao indica una tendencia deflacionaria en los dos ejes.

La estación de RETU, ubicado en el flanco norte a 4000 msnm, en el eje radial no muestra variaciones importantes y más bien permaneció en el rango de -15 a -20 microradianes, mientras que el eje tangencial muestra inflación a una tasa de 0.07 urad/día. El inclinómetro CHONTAL muestra una tendencia inflacionaria en el eje radial a razón de 0.14 urad/día. La estación de PONDOA, ubicada en el flanco norte del volcán registró una tendencia inflacionaria del eje radial a razón de 0.7 urad/día. La estación MAZON-BOREHOLE, ubicada en el suroeste del volcán registró una tendencia inflacionaria a razón de 0.3 urad/día en el eje radial. Por otra parte, el inclinómetro de BILBAO, muestra tendencias deflacionarias en los dos ejes a razón de -0.05 urad en el eje radial, y -0.7 urad/día en el eje tangencial.

De esta manera, parece que los sismos VT ocurridos en los últimos cuatro meses estarían asociados a movimientos de magma en niveles poco profundos, que resultarían en estas ligeras perturbaciones en la deformación; y en hecho a finales de Noviembre, ocurrieron las manifestaciones de mayor actividad en superficie con explosiones y emisiones de ceniza, dentro de un estilo eruptivo del tipo estromboliano. Las figuras 10a, 10b, 10c, 10d y 10e muestran las series temporales de la red de inclinómetros del V. Tungurahua.



**Figura 10a.** Plot de datos estación RETU.



*Figura 10b. Plot de datos estación Chontal.*

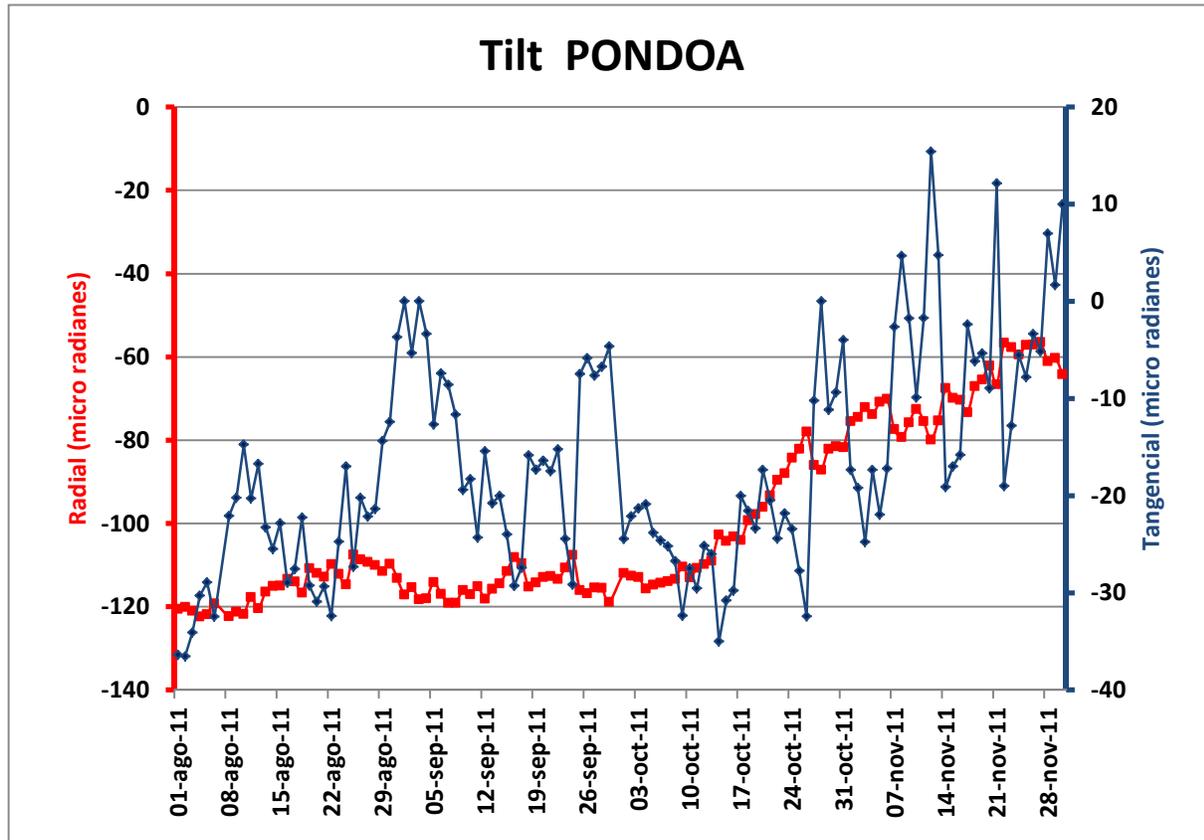
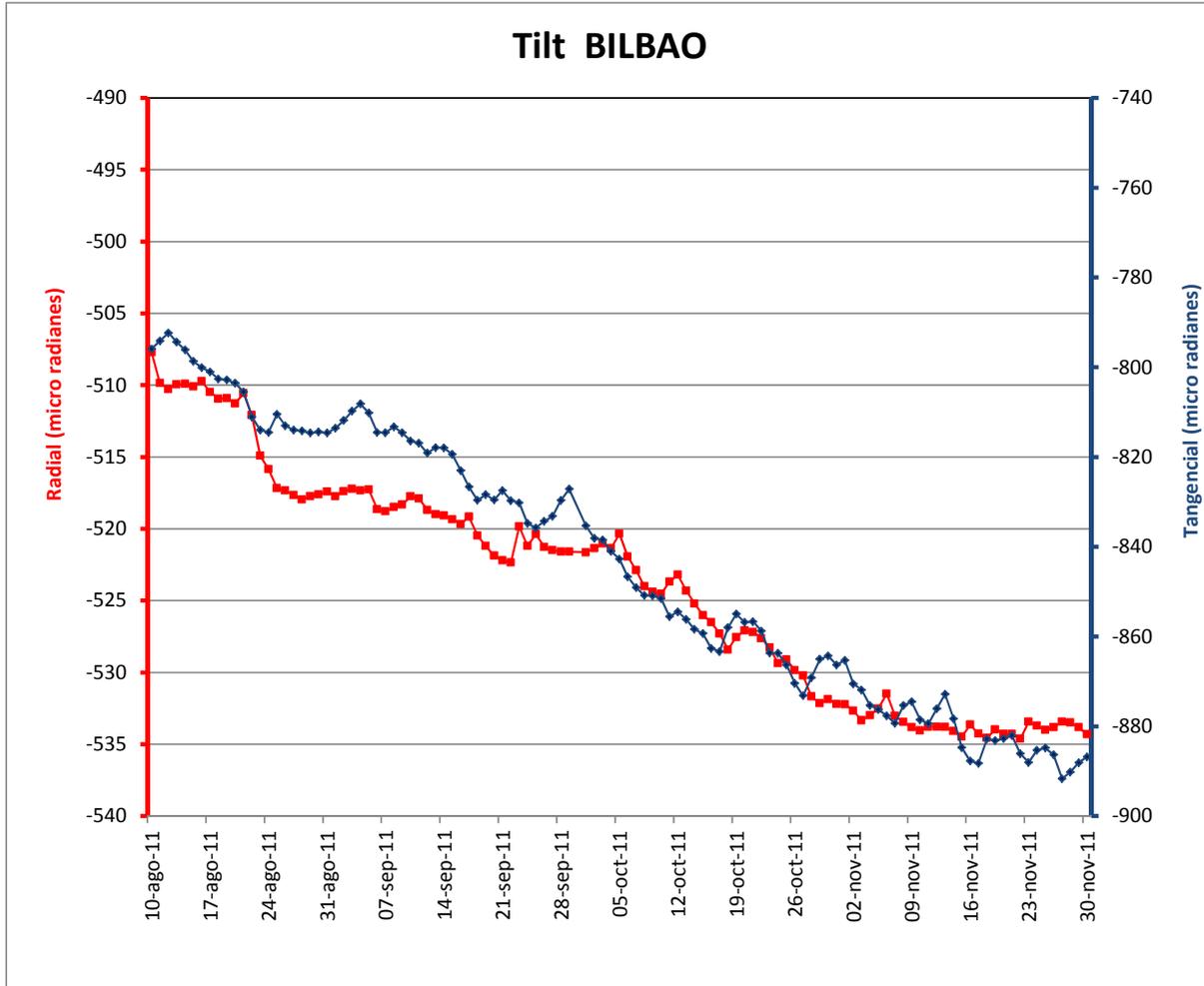
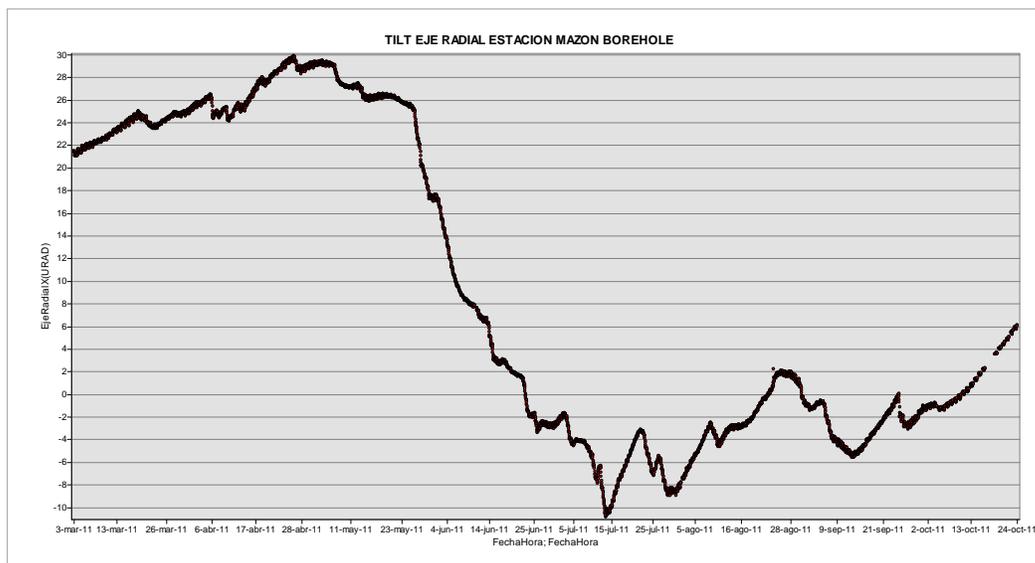
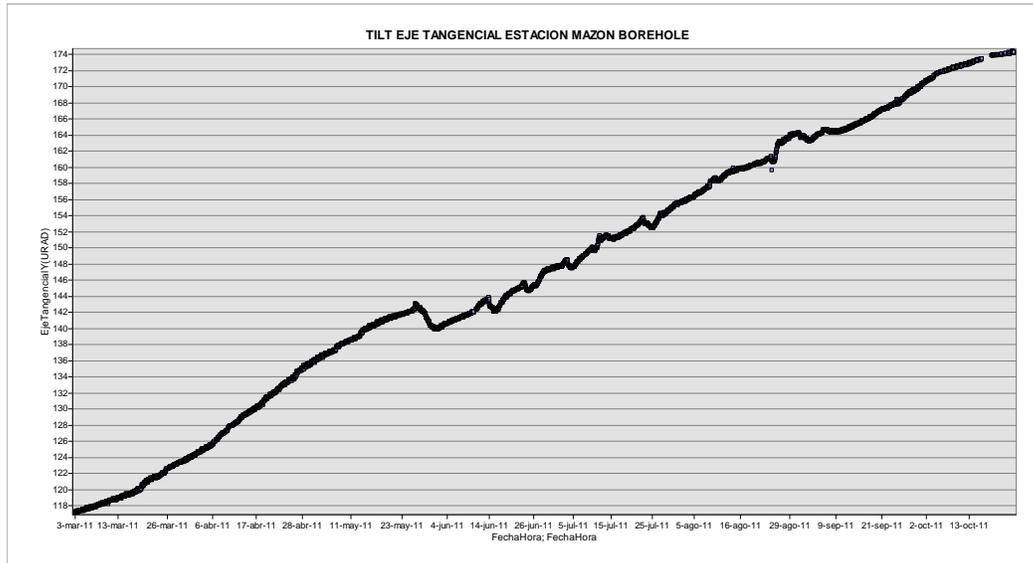


Figura 10c. Plot de datos estación PONDOA.



*Figura 10d. Plot de datos estación BILBAO*





*Figura 10e. Plot de datos de la estación MAZON-BOREHOLE*

#### 4. Geoquímica

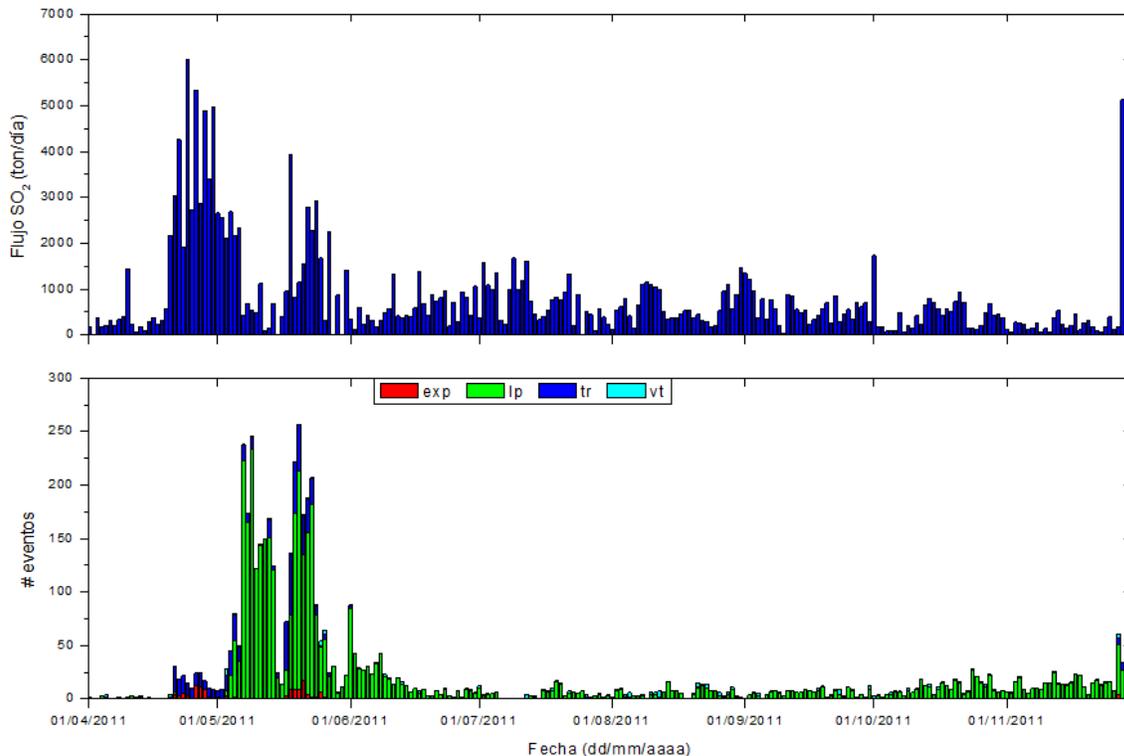
##### Emisiones

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 Noviembre de 2011 la emisión de gas  $\text{SO}_2$  del volcán Tungurahua continuó con emanaciones leves durante la mayor parte del mes pero a partir del día 28 de Noviembre ocurrió una intensa emanación gaseosa que continuó hasta el final del mes pero decayendo paulatinamente. Del 1 al 6 de Noviembre se registró valores de  $\text{SO}_2$  que variaron entre 69 y 276 ton/día, la segunda semana variaron entre 68 a 532 ton/día, del día 14 al 20 de Noviembre se registró volúmenes entre 107 a 445 toneladas diarias, desde el día 21 al 27 se obtuvo medidas de entre 72 a 386 ton/día y para los días 28, 29 y 30 de Noviembre se tuvo

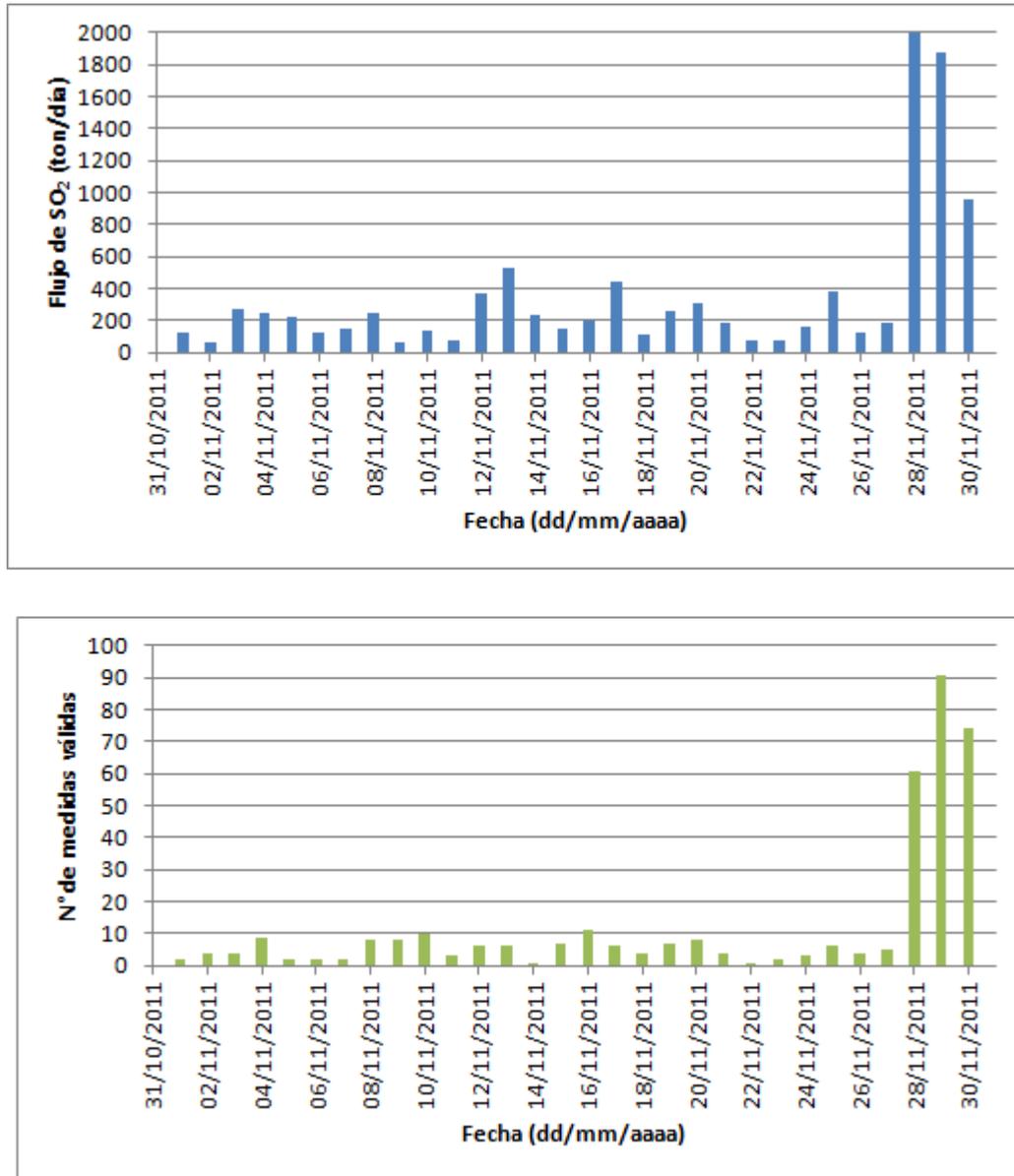
5123, 1870 y 952 toneladas diarias de SO<sub>2</sub>. Estos valores registrados al final del mes muy probablemente corresponden a la intrusión de nuevo material magmático en el volcán (ver Fig. 11-a).



**Figura 11-a.** (Arriba) Flujo diario de SO<sub>2</sub> desde Abril de 2011 hasta el final de Noviembre 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.

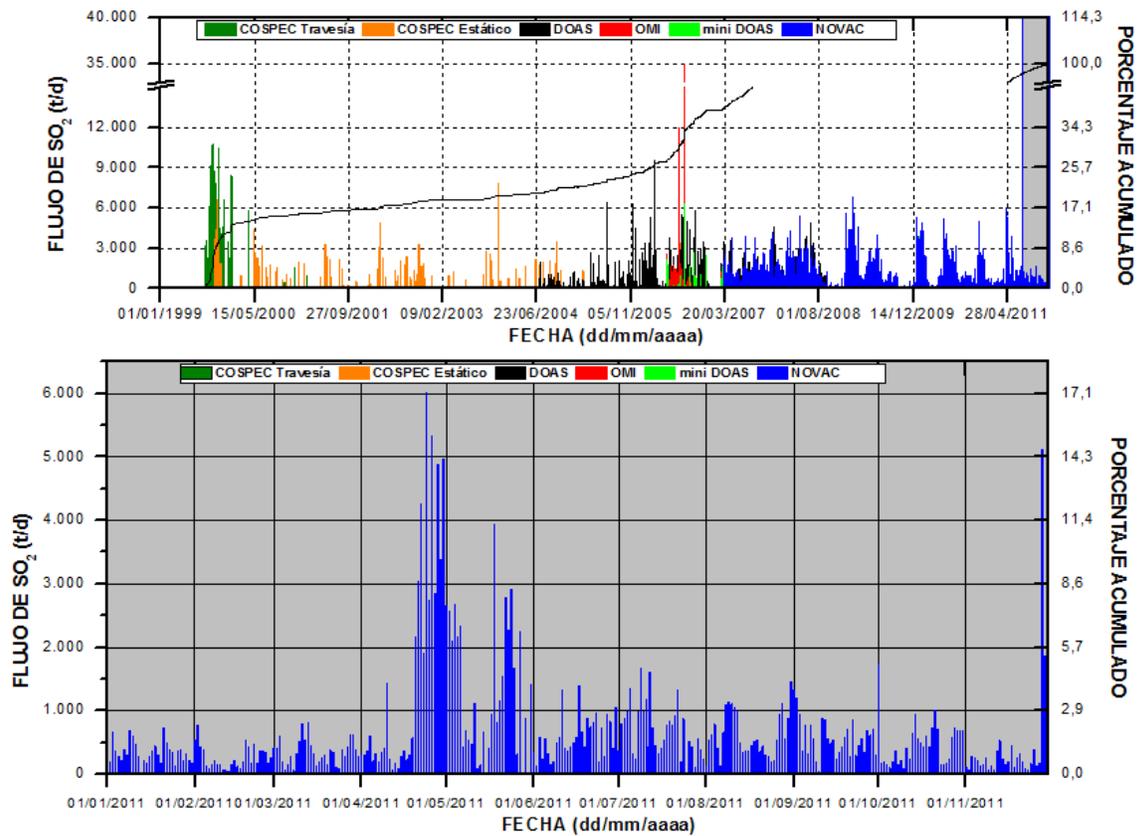
El flujo diario de SO<sub>2</sub> tuvo un promedio de 450 t/d con una desviación estándar de 949 t/d. El valor máximo medido fue de 5123 t/d para el 28 de Noviembre, y el volumen estimado de emisión de SO<sub>2</sub> en la atmósfera alcanza un valor de 13494 t de SO<sub>2</sub> (por 14612 toneladas en Octubre de 2011).

Según las imágenes satelitales OMI para este mes, se tiene que hay emanaciones gaseosas el día 5 de Noviembre cuyo origen es incierto, los días 28 cuando ocurre la expulsión de un volumen de SO<sub>2</sub> importante y 29 (de este último se tiene la traza de la pluma) pero que corresponde a un volumen estimado de 1870 (ver Fig. 11-e). Además, noviembre presentó condiciones climáticas medianamente favorables, con días despejados intercalados principalmente por días lluviosos. La confiabilidad de las imágenes satelitales disponibles dependerá precisamente de estas condiciones.



**Figura 11-b.** (Arriba) Flujo diario de SO<sub>2</sub> emitido por el volcán Tungurahua en el mes de Noviembre de 2011. (Abajo) Número de medidas válidas para el mismo periodo.

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

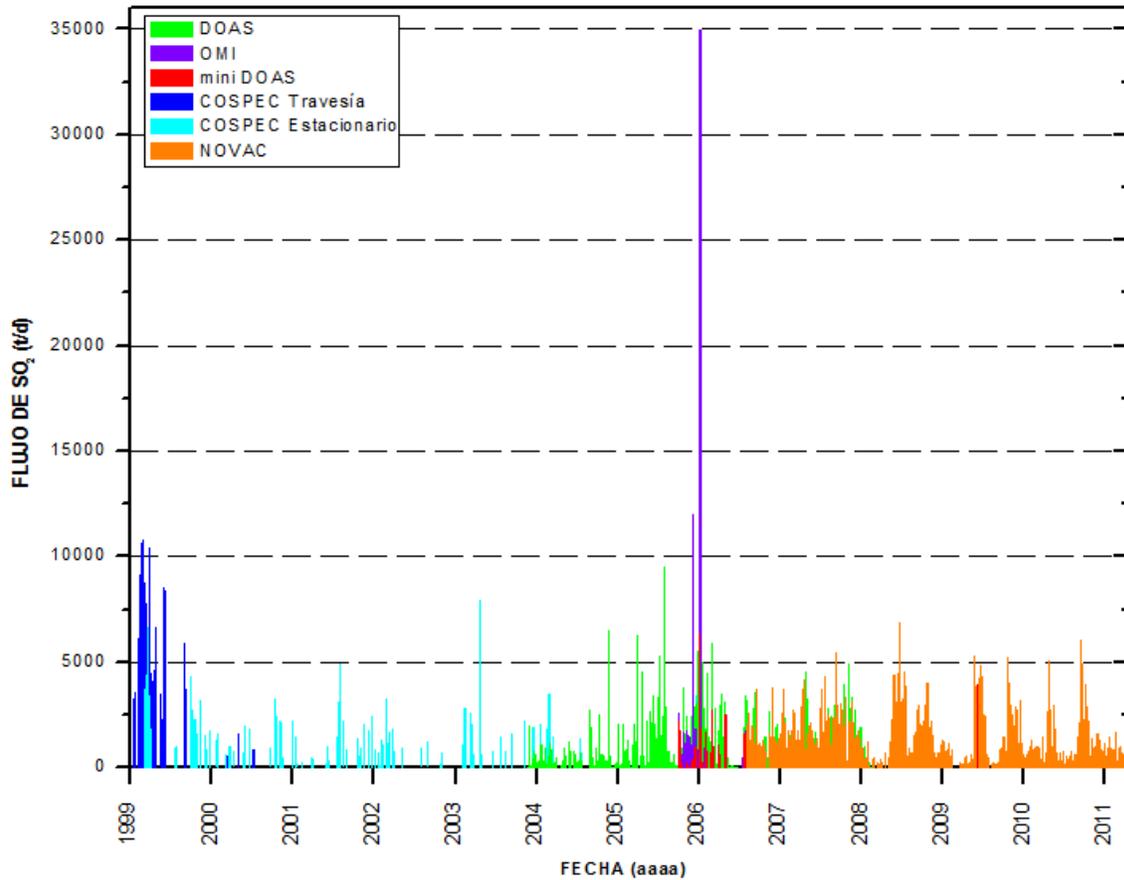


*Figura 11-c. Flujo diario de SO<sub>2</sub> emitido por el volcán Tungurahua desde agosto de 1999 hasta noviembre de 2011. La zona sombreada, del gráfico superior, corresponde al zoom del registro de emisiones de SO<sub>2</sub> hasta el mes de noviembre de 2011, en el gráfico inferior. Las técnicas 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.*

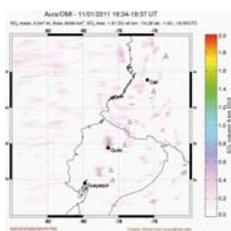
**Estadísticas mensuales:**

Valor medio: 450 t/d  
 Variabilidad (1σ): 949 t/d  
 Valor máximo: 5123 t/d (28 de Noviembre)  
 Emisión estimada: 13949 t de SO<sub>2</sub>

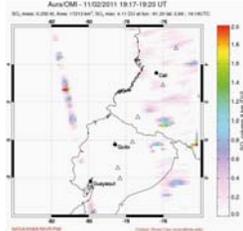
**EMISIÓN DE SO<sub>2</sub> - VOLCÁN TUNGURAHUA -**



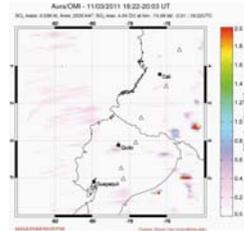
*Figura 11-d. Flujo diario de SO<sub>2</sub> emitido por el volcán Tungurahua desde Agosto de 1999 hasta fines de Noviembre de 2011.*



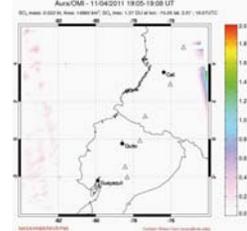
**Nov. 01, 2011**



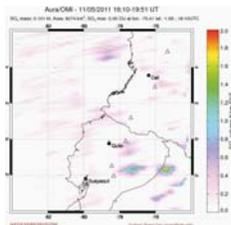
**Nov. 02, 2011**



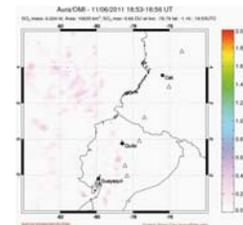
**Nov. 03, 2011**



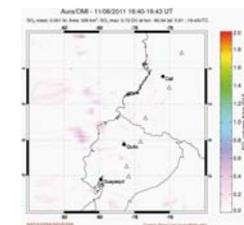
**Nov. 04, 2011**



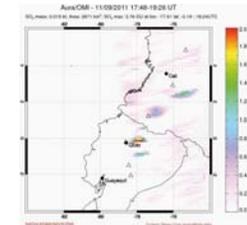
**Nov. 05, 2011**



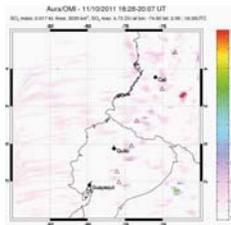
**Nov. 06, 2011**



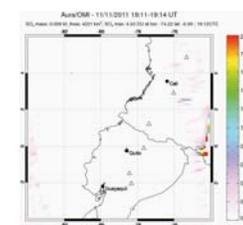
**Nov. 08, 2011**



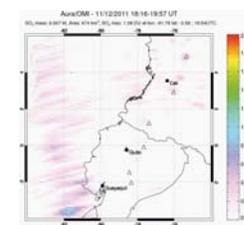
**Nov. 09, 2011**



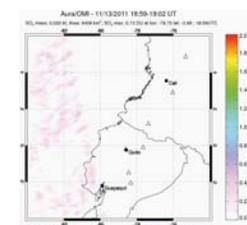
**Nov. 10, 2011**



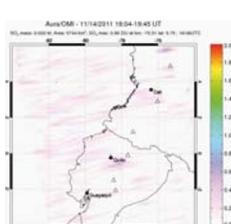
**Nov. 11, 2011**



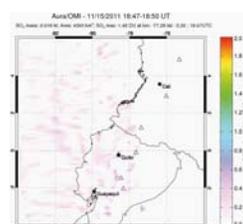
**Nov. 12, 2011**



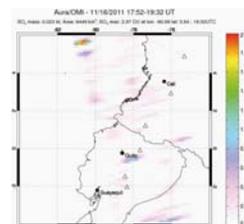
**Nov. 13, 2011**



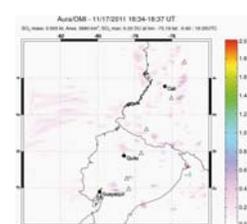
**Nov. 14, 2011**



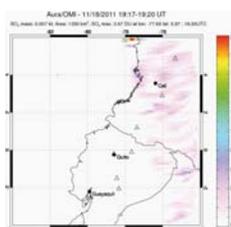
**Nov. 15, 2011**



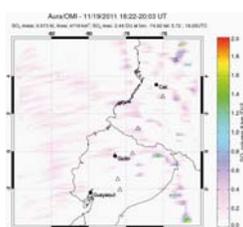
**Nov. 16, 2011**



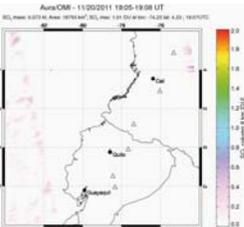
**Nov. 17, 2011**



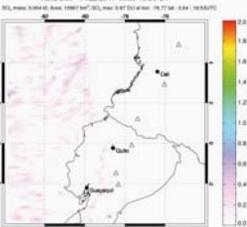
**Nov. 18, 2011**



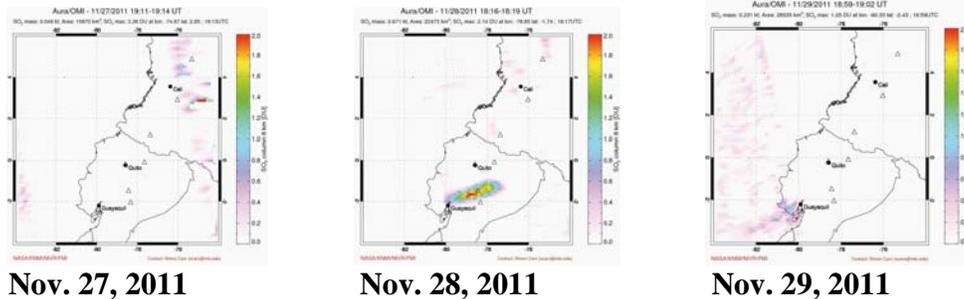
**Nov. 19, 2011**



**Nov. 20, 2011**



**Nov. 22, 2011**



*Figura 11-e. Imágenes generadas en base a observaciones satelitales con el instrumento OMI (NASA/JCET/UMBC) correspondientes al mes de noviembre de 2011. (Fuente: [http://so2.gsfc.nasa.gov/pix/daily/1111/ecuador\\_1111z.html](http://so2.gsfc.nasa.gov/pix/daily/1111/ecuador_1111z.html))*

## 5. Observaciones Visuales en el Terreno y Lahares

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

#### 1.- Situación Climática

Durante el mes de noviembre la situación climática ha sido medianamente favorable. En los días despejados se ha podido observar al volcán con su actividad superficial característica (Fig. 12). Sin embargo, durante el mes, episodios de alta pluviosidad generaron la formación de lahares o flujos de lodo y el descenso de los mismos por las diferentes quebradas de los flancos del volcán (Fig. 13; Fig. 14). Adicionalmente, después de las precipitaciones el volcán se mostraba con acumulación de nieve hasta la cota de los 4500 metros (Fig. 15).



**Fig. 12:** Volcán despejado, emisión discreta de vapor de agua constreñida al borde del cráter (Foto: P. Ramón, IG-EPN).



**Fig. 13:** Descenso de lahar por la quebrada de Juive Grande registrado por la NetCam de Juive.



**Fig. 14:** Descenso de lahar por la quebrada Vazcún el 11 de noviembre de 2011 (Foto: J. Ordoñez, IG-EPN).



**Fig. 15:** Acumulación de nieve hasta la cota de los 4500 metros. Emisión continua de ceniza y vapor con dirección al NW (Foto: J. Bustillos, IG-EPN)

## 2.- Actividad Superficial

La actividad superficial del volcán Tungurahua hasta la tarde del 27 de Noviembre mantuvo un nivel bajo y de similares condiciones a los meses anteriores (desde junio de 2011). Esta actividad se caracterizó por presentar emisiones discretas de vapor de agua y un gas de tonalidad azul. Penachos que rara vez superaban el borde del cráter alcanzaron alturas entre 300-500 metros de altura (Fig. 16), que por acción de los vientos se dirigieron principalmente hacia el E y WSW.

El día domingo 27 de Noviembre, en la tarde la actividad del volcán se incrementó súbitamente. Aproximadamente a las 13h00 (TL) se registró un evento de largo periodo (LP relacionado a movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico). A partir de las 13h50 (TL) se inicia un proceso con eventos volcano-tectónicos (VTs relacionados al fracturamiento de rocas al interior del volcán) acompañado de episodios de temblor de alta frecuencia. La parte más energética inicia a las 17h00 (TL) registrándose 2 explosiones ligeras que, 30 minutos después, genera explosiones más energéticas que produjeron el descenso de flujos piroclásticos por el flanco occidental del volcán, específicamente la quebrada de Achupashal (Fig. 17). Desde esa tarde hasta el final del mes, la actividad sísmica se mantuvo constante y caracterizada por la generación de temblor de emisión con esporádicos eventos explosivos. Superficialmente se ha observado flujos piroclásticos que se han quedado en la parte media superior del volcán y que han descendido por todos los flancos (Fig. 18). Constantes columnas de emisión con moderada a alta carga de ceniza han alcanzado los 4 km de altura y han tomado diversas direcciones de movimiento (Fig. 19).



**Fig. 16:** El Tungurahua visto desde Huayrapata, se observa un penacho de vapor de 500 m de altura. Notese la actividad fumarólica en el borde WSW del cráter (Fot: S. Hidalgo, IG-EPN).



**Fig. 17:** Descenso de un flujo piroclástico por la quebrada de Achupashal posterior a la actividad explosiva registra a las 17h30 (TL) del 27 de noviembre de 2011 (Foto: G. Viracucha, IG-EPN).

Durante la noche y cuando el clima fue despejado se pudo observar una actividad estromboliana continua. Esta actividad se caracterizó por la expulsión constante de material incandescente. La actividad tipo fuente de lava proyectó bloques de tamaño métrico, estos se elevaron superior a los 500 metros de altura sobre el nivel del cráter y su posterior rodamiento por todos los flancos del volcán mucho más abajo de la cota de los 4000 metros (Fig. 20). Asociado a esta actividad se generaron bramidos y cañonazos de moderada a fuerte intensidad audibles en las zonas aledañas al volcán. La vibración del suelo, ventanales y estructuras fue común durante este periodo.



**Figura 18.** Descenso de un flujo piroclásticos por la quebrada Ingapirca en el flanco occidental del volcán Tungurahua. La parte densa del flujo avanzó por más de un kilómetro bajo el nivel del cráter (Foto: J. Bustillos, IG-EPN).



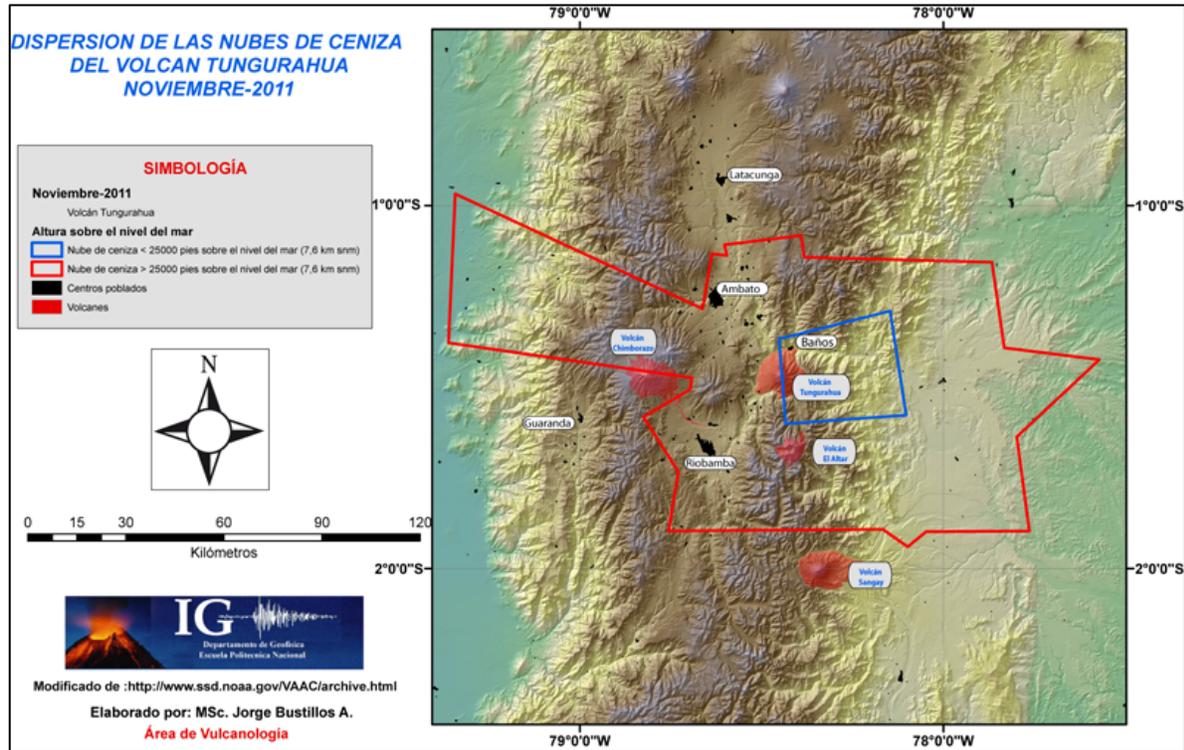
*Fig. 19: Columna de emisión continua con alto contenido de ceniza que se dirige hacia el occidente del volcán. Vista desde el sector de Choglontús (Foto: J. Bustillos, IG-EPN).*



*Fig. 20: Actividad tipo fuente de lava. Proyección de bloques incandescentes que alcanzan una altura de 500 metros sobre el borde del cráter y el rodar de los mismos hasta la cota de los 4000 metros (Foto: J. Bustillos, IG-EPN).*

### **3.- Dispersión y Caída de Ceniza:**

Las nubes de ceniza en el mes de noviembre (27-30 de noviembre) se han generado por la emisión continua de ceniza que han logrado sostener una columna eruptiva entre 3-4 km sobre el nivel del cráter. Estas nubes han alcanzado altura entre 27 mil pies (6, 7 km ) y 35 mil pies (11 km ) sobre el nivel del mar y se han dispersado en todas direcciones debido a la continua variación de la dirección del viento (Fig. 21). Las nubes de mayor distribución y alcance han logrado extenderse por 115 km al WNW del cráter; al SW hasta 60 km; al SE por 90 km; al E por 98 km, al NE por 72 km y por 42 km hacia el N del cráter. (Fig. 21). Producto de esta amplia dispersión de las nubes de ceniza se reportaron importantes caídas de ceniza en las pobladas aledañas al volcán. Las poblaciones de los flancos occidental y sur-occidental fueron las mas afectadas (Tabla 2; Fig. 22; Fig. 23); sin embargo, ciudades como Ambato, Baños, Río Verde y Riobamba reportaron una fina capa de ceniza de color blanco. En la tabla 2 se resume los reportes de caída de ceniza.

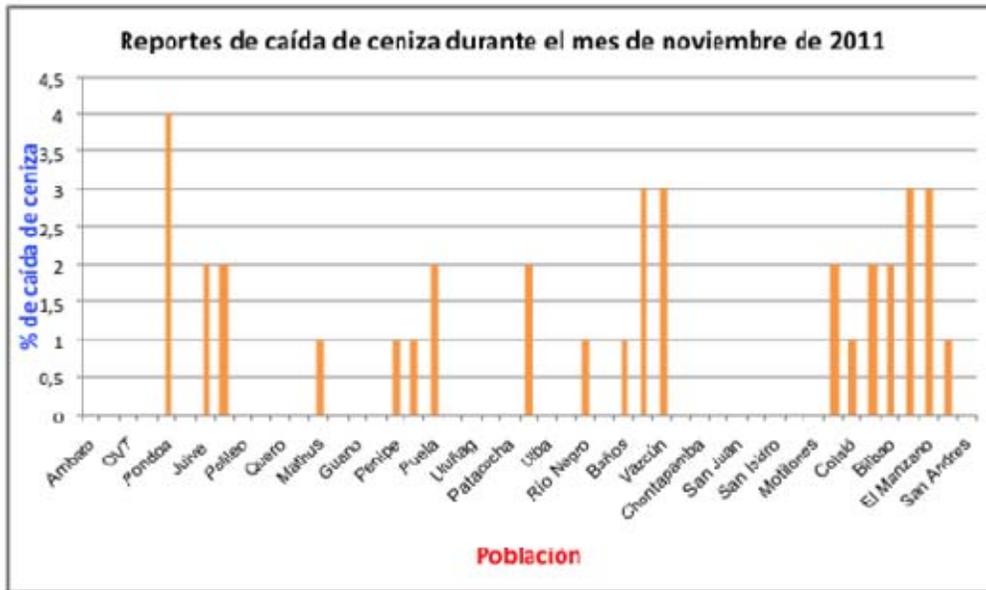


*Figura 21. Dispersión de las nubes de ceniza del volcán Tungurahua durante el mes de noviembre de 2011 (Modificado de <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/messages.html>)*

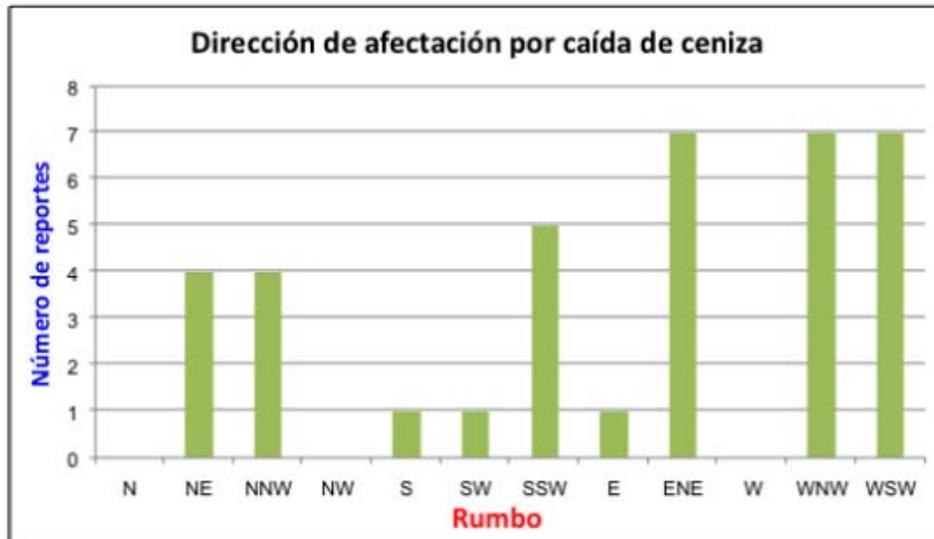
Ubicación	Población	27	28	29	30
N	Ambato				
N	Patate				
N	OVT				
NE	Pititig				
NE	Pondoa	G		Bf	
NE	Chontilla				
NNW	Juive		B	Bf	
NNW	Cusúa			Bf	
NNW	Pelileo				
NW	Cevallos				
NW	Quero				
NW	Mocha				
S	Mathus				
SW	Riobamba				
SW	Guano				
SW	La Providencia				
SW	Penipe				
SSW	Palictagua			Bf	
SSW	Puela			Bf	
SSW	Pachamillay				
SSW	Utúñag				

SSW	Capil				
SSW	Patacocha				
SSW	Bayushig			Bf	
E	Ulba				
E	Puntzán				
E	Río Negro				Bf
E	Río Blanco				
ENE	Baños				
ENE	Runtún			Bf	
ENE	Vazcún			Bf	
ENE	San Vicente				
W	Chontapamba				
W	Yuibug				
W	San Juan				
W	Palestina				
W	San Isidro				
W	Santa Fe de Galán				
W	Motilones				
WNW	Pillate			Bf	
WNW	Cotaló			Bf	
WNW	Chacauco				Bf
WNW	Bilbao			Bf	
WSW	Choglontús	N		Bf	
WSW	El Manzano			Bf	
WSW	Cahuají				
WSW	San Andres				

**Tabla 2:** 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.)



*Figura 22. Reportes de caída de ceniza recibida por el OVT por parte de los vigías. Pondosa, Baños, El Manzano, Choglontús han sido las poblaciones con mayor afectación de caída ceniza.*



*Figura 23. Dirección de afectación por la caída de ceniza. Las zonas ubicadas al ENE; WNW y WSW fueron las más afectadas.*

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

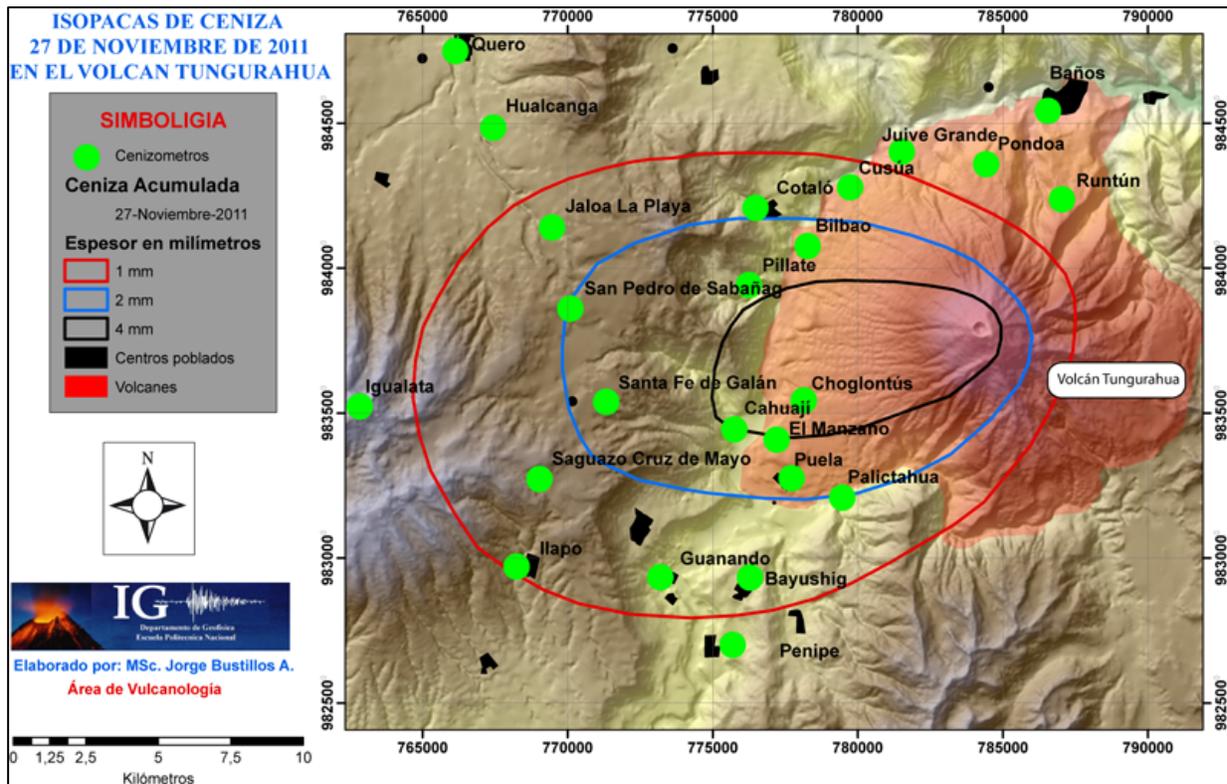
Realizando el cálculo de volumen de ceniza emitida en el evento del 27 de Noviembre de 2011 con los datos obtenidos en el campo se pudo estimar en  $1,1 \times 10^6 \text{ m}^3$  de ceniza. En donde el mayor espesor medido fue en el sector de Choglontús con 4 mm y el mínimo en San Pedro de Sabañag con 1 mm (Fig. 24). El tamaño de los granos de ceniza varía entre 300 – 50  $\mu\text{m}$ , y está compuesta por fragmentos densos de color gris azulados, que en

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

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

ocasiones contienen cristales de plagioclasa y piroxenos; estos fragmentos son andesitas. Además contiene fragmentos escoráceos de color negro, altamente vehiculados y de morfología blocky; fragmentos escoráceos de color rojizo, redondeados y con mayor vesicularidad que los componentes negros. No muy frecuente se encuentran cristales libres de plagioclasa y piroxenos, estos en ocasiones se presentan fracturados. Son muy escasos los componentes vítreos.

Por las características de los componentes de la ceniza se puede decir que con las explosiones iniciadas a partir de las 17h00 (TL) se destruyó un tapón el cual produjo además la generación de flujos piroclásticos. Esto ocasionó la proyección de un magma ya desgasificado y prácticamente frío. Globalmente, las explosiones de tipo vulcaniano nuevamente hicieron funcionar al volcán Tungurahua con un sistema de conducto abierto hasta el fin de mes.



*Figura 24: Mapa de isópacas (áreas de igual espesor acumulado de ceniza) que representan la ceniza acumulada en el evento vulcaniano del 27 de noviembre de 2011.*

### Lahares del volcán Tungurahua durante Noviembre de 2011

Durante Noviembre el clima fue mayormente agradable y favorable para realizar observaciones directas del volcán. La actividad del Tungurahua a nivel superficial fue casi nula hasta la tarde del 27 de Noviembre, solamente se observaron emisiones débiles de

gases durante este tiempo. A partir del día 27 empezó un nuevo período eruptivo que generó explosiones, flujos piroclásticos y emisiones de ceniza que se distribuyeron especialmente al sur y suroccidente del volcán, cubriendo de material piroclástico en la parte superior del edificio volcánico. Las lluvias, con intensidad moderada y baja, ocurrieron esporádicamente; excepto el día 11 cuando un frente regional de nubes que pasó sobre la región, desató lluvias intensas sobre los flancos norte y nororiental del cono, desencadenando en importantes lahares que descendieron por las quebradas de Vazcún y Juive, y de menor importancia en quebradas suroccidentales.

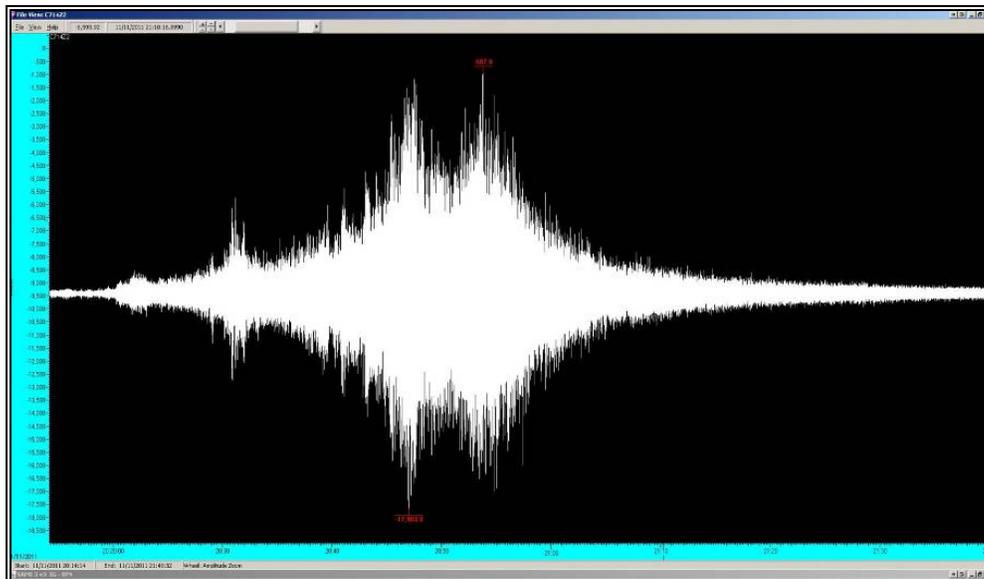
A continuación se resume los principales eventos, en base a los informes semanales del OVT:

### **Lunes 7**

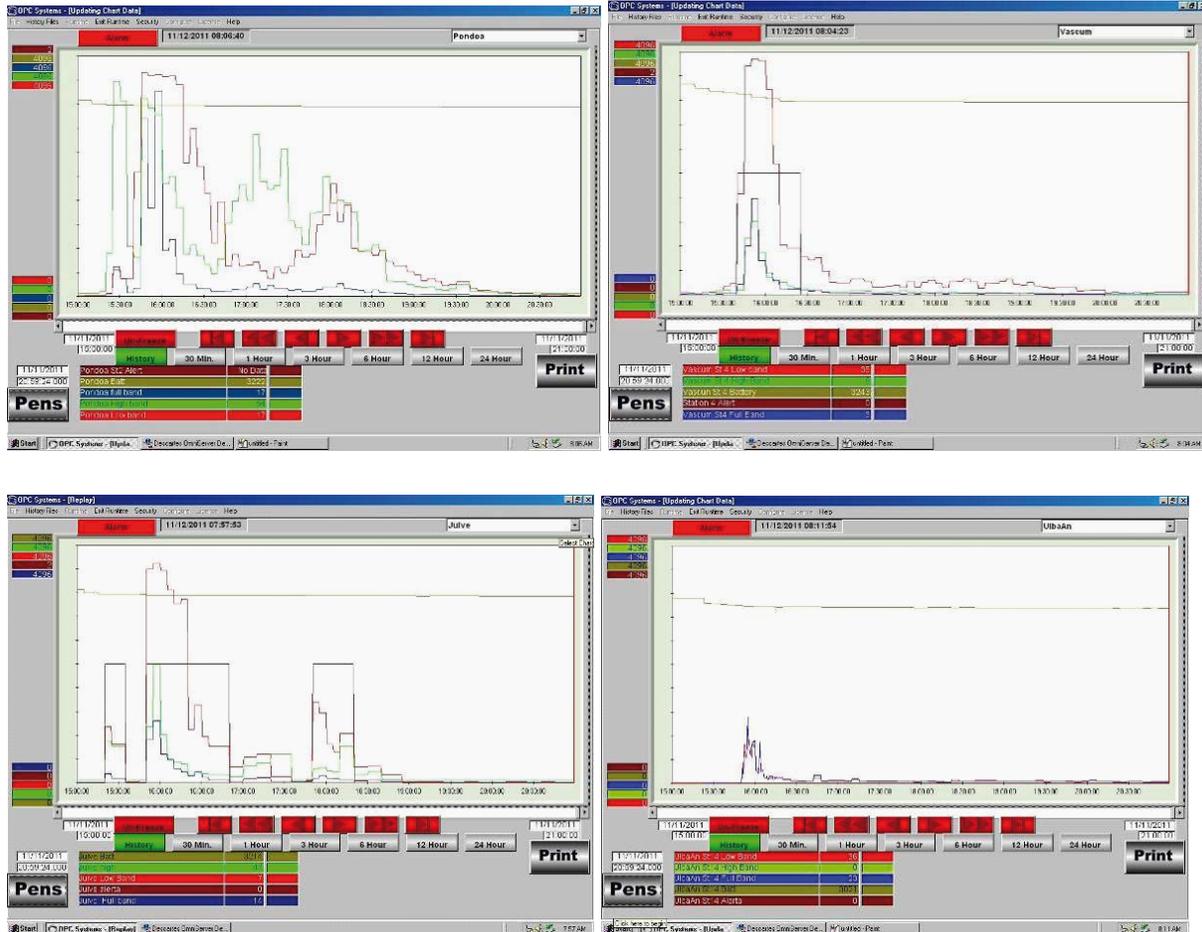
Durante la madrugada (~03h00 TL) empezaron lluvias de baja intensidad sobre el volcán, sin embargo desde las 06h00 los instrumentos AFM empezaron a registrar incrementos en los valores del canal HB, especialmente en el AFM-Pondoa. A las 07h05 se notificó sobre la situación al personal de la SNGR-Baños y a Hidroagoyán. Personal de la Policía Nacional y de la SNGR-Baños verificaron que solamente descendió agua lodosa por algunas quebradas del volcán: Vazcún, Viejo Minero, Juive, Mandur y Achupashal.

### **Viernes 11**

Alrededor de las 15h00 (TL) empezó una lluvia muy intensa sobre los flancos N y NE. A las 15h20 comenzó a registrarse alta frecuencia en la estación sísmica de Pondoa (banda ancha) y simultáneamente el AFM de Juive también registró incrementos en sus valores HB y LB (Figuras 25 y 26).

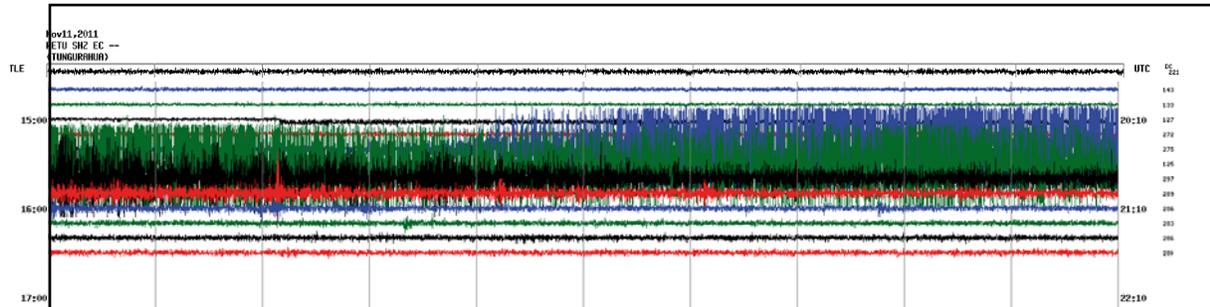


**Figura 25.** Registro de la señal de alta frecuencia en la estación de BB de Pondoa

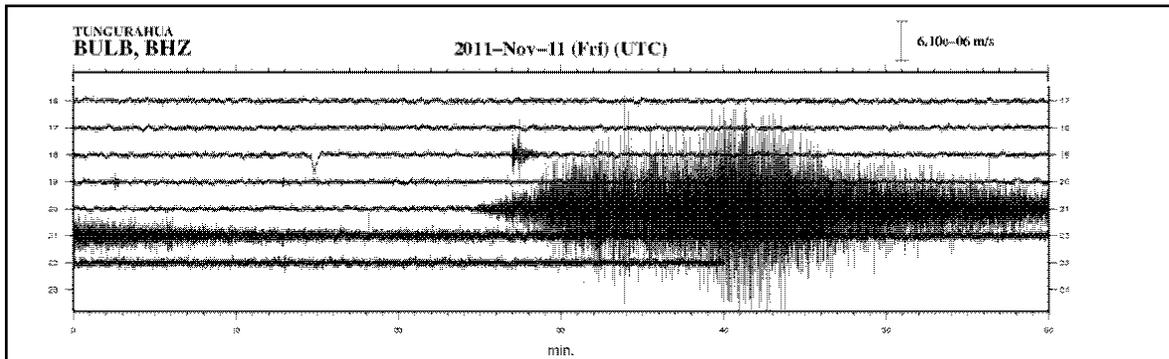


*Figura 26. Registro de los datos del tránsito de lahares en los detectores AFM de Pendoa, Juive y Vazcun.*

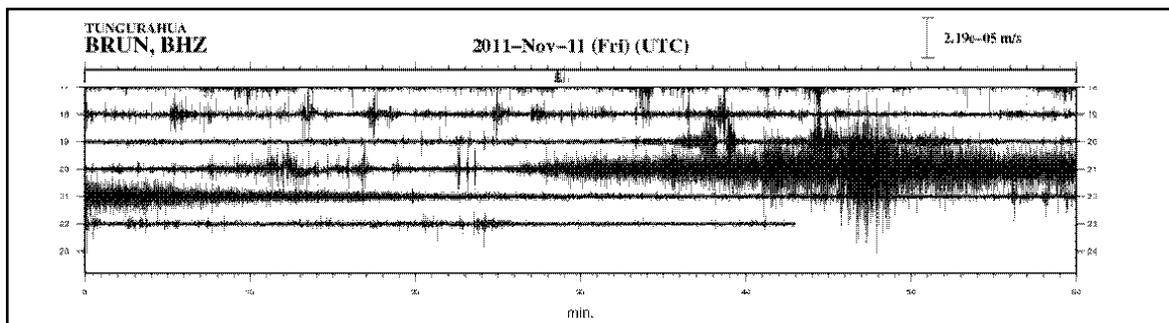
Entre 3 y 6 minutos después otras estaciones sísmicas (Retu, Ulba, Runtún; Figuras 27, 28 y 29) y AFM (Vazcun y Palmar Alto; Figura 26) también detectaron esta anomalía, mientras que el pluviómetro de Pendoa registraba 8 mm de lluvia acumulados en 6 minutos (Figura 30). Adicionalmente, el vigía de Runtún informó que escuchaba ruidos fuertes en la zona alta de la quebrada Vazcun y que parecen ser de bloques muy grandes bajando por este drenaje.



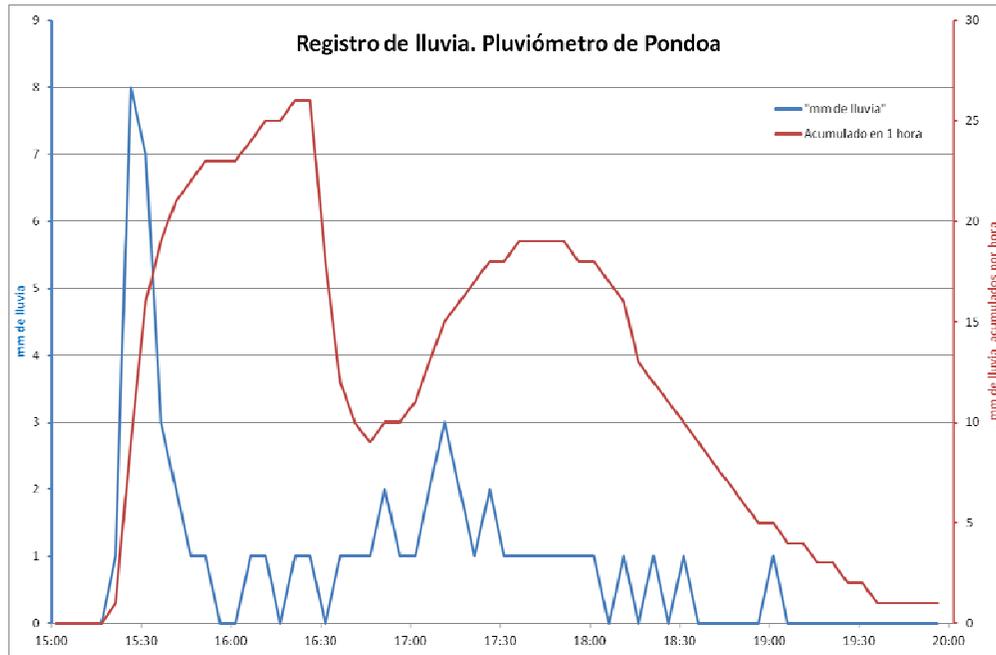
*Figura 27. Registro de la señal de alta frecuencia en la estación sísmica de RETU*



*Figura 28: Registro de la señal de alta frecuencia en la estación sísmica BB de Ulba*

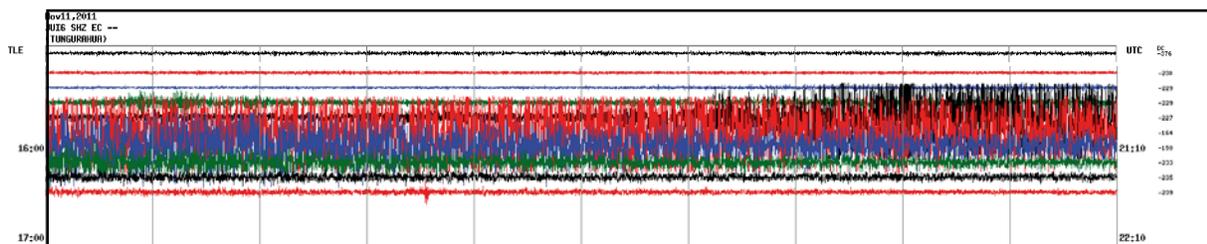


*Figura 29. Registro de la señal de alta frecuencia en la estación sísmica BB de Ulba*



**Figura 30.** Registro de los datos de lluvias del pluviómetro de Pondoá ( el eje x muestra la hora en TL)

El personal de turno en el OVT comunicó (15h34) a la SS (Sala de Situación) y a la SNGR de Baños acerca de lo observado en los instrumentos y que probablemente está descendiendo un lahar importante por el río Vazcún y por las quebradas de la zona alta de Juive Grande. Cerca de las 15h45 el vigía de Runtún observó el descenso de un lahar grande por el ramal oriental del Vazcún y la estación sísmica BB-Juive comenzó a registrar señales de alta frecuencia (Fig.31).



**Figura 31.** Registro de la señal de alta frecuencia en la estación sísmica de Juive

A las 15h54 la SS de Baños comunicó que evacuaron a las personas que se encontraban en las piscinas del Salado y 6 minutos más tarde comunicaron que el lahar llegó a las piscinas con un caudal muy grande quizá el doble del río Pastaza ( $120 \text{ m}^3/\text{seg}$ ), SS-Baños indica que el flujo acarrea bloques de 1 m de tamaño y troncos de árboles, y que en los muros de protección de las piscinas alcanzan entre 1,5 y 2,0 m de altura, acompañado de una fuerte vibración del suelo. A las 16h00 se comunicó a Hidroagoyán sobre la situación actual para que tomen las medidas preventivas necesarias. Algunos minutos más tarde, la SS-Baños

comentó que el lahar no causó consecuencias negativas en las personas ni en la edificación de las piscinas y que en ese momento al caudal del flujo bajó notablemente. Aproximadamente a las 16h15 se detuvo la señal de alta frecuencia en la estación de Retu (Figura 27). Al mismo tiempo el vigía de El Manzano comentó que escuchaba ruidos fuertes provenientes de las quebradas que descienden hacia Cahujá Bajo probablemente por aluviones, y también un voluntario de Baños (M. Espinel) desde los puentes de La Pampa comentó que descendía un flujo moderado con bloques entre 60 y 100 cm. A las 16h45 se recibió un reporte del vigía de Chacauco acerca de pequeños flujos de lodo que descendieron por las quebradas La Pirámide y Achupashal con bloques de 20 cm y también acotó que en las demás quebradas del suroccidente no había novedades. A las 17h15 desde el sector Ulba un vigía comentó que el caudal del río Ulba incrementó, también escuchó ruidos del golpeteo de bloques y que además hubo un fuerte olor a lodo podrido.

### **Observaciones de campo:**

A las 21:15 el personal de turno del OVT salió a inspeccionar los drenajes del flanco Nororiental del volcán Tungurahua por donde descendieron lahares encontrando las siguientes novedades:

*Quebrada El Viejo Minero:* en la inspección se notó el descenso de agua lodosa, con un caudal mínimo que acarrea bloques cuyos tamaños eran menores que 20 cm (Figura 32).



*Figura 32. Fotografía del cauce de la quebrada del Viejo Minero, aguas arriba de la alcantarilla (Foto: MF Naranjo – OVT-IG).*

*Quebrada La Pampa (bajo los puentes bailey):* flujo de agua y escombros con un caudal importante, los bloques que arrastraba tenían tamaños entre 10 y 30 cm. Se observó que todo el cauce bajo los puentes fue relleno con material sólido depositado por el lahar principal, con un espesor de 50 cm y bloques de hasta 1 m de tamaño (Fig. 33).

Adicionalmente se notó que el lahar provocó entre 6 y 8 m de erosión regresiva en la desembocadura de la quebrada en el río Patate (Figura 33).



**Figura 33:** A la izquierda se observa que el cauce fue rellenado con material depositado por el lahar con bloques andesíticos de tamaños métricos (Foto: MF Naranjo – OVT-IG). A la derecha se nota que la erosión regresiva provocada por el lahar avanzó entre 6 y 8 m (Foto: J. Ordóñez – OVT-IG).

**Río Vazcún (piscinas del Salado y puente viejo):** en el momento de la inspección se observó que el río Vazcún todavía exhibía una crecida de su caudal y arrastraba una cantidad importante de sedimentos finos y bloques de 10 a 20 cm. Sin embargo, en el muro de protección de las piscinas, en la margen derecha del río, se determinó que el calado máximo del lahar alcanzó un alrededor de 3.2 m de altura en el cauce de 10.5 m de ancho (Fig. 34)



**Figura 34.** La foto de la izquierda muestra las piscinas del Salado, el lahar alcanzó un calado de 3,2 m que es visible en la pared. En la imagen derecha se observa el río Vazcún bajo el puente antiguo, el lahar inundó todo el cauce con un calado máximo de 1,70 m. (Fotos: J. Ordóñez – OVT-IG.)

y según los testimonios de algunos testigos el flujo acarrió bloques mayores que 1 m y grandes troncos de árboles. Por otro lado, estimaciones similares fueron realizadas bajo el puente viejo donde el lahar tuvo un calado cercano a 1,70 m y cubrió todo el ancho del cauce, esto es alrededor de 6 m (Fig. 34).

*Río Ulba*: la inspección correspondiente permitió confirmar que ningún lahar descendió por este drenaje, aunque sí se observó un aumento de su caudal transportando carga sólida en suspensión (Fig. 35).



*Figura 35. Río Ulba con flujo de agua y carga sólida en suspensión. No se encontró evidencias de tránsito de lahares en este drenaje. (Foto: J. Ordóñez OVT-IG).*

### **Comentarios:**

- En función de los datos de lluvias (Fig. 30), de los reportes de los vigías, de los datos instrumentales y de lo observado en las imágenes de satélite, es claro que las lluvias se produjeron en 2 fases: una primera fase de lluvias muy intensas (8 mm en 1 minuto), pero de corta duración que acumularon hasta 27 mm/hora alrededor de las 21:20 y se localizaron en los flancos superiores N y NE, dieron lugar a la generación de lahares de tamaño moderado en las Q. Vazcún y Juive; posteriormente se producen lluvias de menor intensidad pero de mayor duración, con un acumulado de unos 19 mm/hora alrededor de las 23:00 y que ocurrieron más bien hacia los flancos W del cono, dieron lugar a la generación de pequeños lahares en las quebradas, Achupashal, Pirámide, Chontapamba y Romero.
- De las medidas de sobre-elevación tomadas en una sección en el sector de las piscinas El Salado, se obtuvieron datos preliminares de velocidad y caudal:  $V \sim 6$  m/seg. y  $Q \sim 200$  m<sup>3</sup>/seg. Estos datos indican que el lahar en esta quebrada fue de dimensiones



## INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

moderadas, el nivel del mismo quedó a poco menos de 2 m del borde superior del muro de protección recientemente construido (Fig. 34), es evidente que en el caso de lahares de mayor magnitud, tal como los que han ocurrido en años anteriores, los lahares podrían inundar las piscinas nuevamente.

- El sistema de monitoreo de lahares funcionó apropiadamente, permitiendo al personal de turno del OVT reconocer rápidamente que se habían originado lahares y así dar una alerta temprana, oportuna y precisa.

### 6. Conclusiones

En el mes de Noviembre, el volcán experimentó un nuevo episodio eruptivo que se manifestó a finales del mes. La sismicidad total resultó en 464 eventos sísmicos, mayormente LP, mientras que el número de sismos VT, fue menor que el mes anterior. Adicionalmente, dado el incremento de la actividad, se registró 15 explosiones y 69 emisiones. Las columnas eruptivas alcanzaron alturas variables hasta un máximo de 4 km snc y fueron dispersadas por los vientos en todas las direcciones y principalmente al WNW y ENE, afectando en gran manera a las poblaciones asentadas en esas direcciones.

El IAS tiene un nivel 5. Sin embargo en la segunda mitad de Noviembre el volcán empezó a aumentar su actividad, lo que reflejó una tendencia en aumento del IAS.

El flujo diario de SO<sub>2</sub> tuvo un promedio de 450 t/d. El valor máximo medido fue de 5123 t/d para el 28 de Noviembre, y el volumen estimado de emisión de SO<sub>2</sub> en la atmósfera alcanza un valor de 13494 t de SO<sub>2</sub>, relativamente similar a lo registrado el mes de Octubre 14612 toneladas). Las estaciones inclinométricas registraron una tendencia inflacionaria de unos pocos microradianes en los inclinómetros de RETU, y MAZON, PONDOA, y CHONTAL; mientras que la estación de BILBAO indica una tendencia deflacionaria en los dos ejes.

Dado el incremento de la actividad volcánica, también se destaca la ocurrencia de flujos piroclásticos que descendieron por el flanco W hasta un poco más debajo de la cota de 4000 msnm, sin afectar a comunidades y medios productivos. Sin embargo, el aporte de material nuevo en la parte superior del edificio volcánico facilitó la generación de flujos de lodo después de las lluvias ocurridas en la zona del volcán Tungurahua. En hecho, la carretera Baños-Penipe fue afectada, así como la quebrada Vascun por la que un flujo de lodo casi rebosa el muro de protección de las piscinas de El Salado.

De esta manera, parece que los sismos VT ocurridos en Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre estarían asociados a movimientos de magma en niveles poco profundos y resultarían en estas ligeras perturbaciones en la deformación y que a finales de Noviembre se observó un incremento en la actividad superficial, de esta manera el volcán se encuentra en un episodio de mayor actividad, con un estilo eruptivo del tipo estromboliano. Posiblemente el nuevo material depositado en la parte superior del edificio volcánico puede ser fácilmente removilizado por el agua y originar flujos de lodo importantes, como se ha observado en otras ocasiones.



## INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Finalmente, el Instituto Geofísico informará oportunamente a las autoridades y población cualquier cambio importante de la actividad volcánica que se registre en el sistema de vigilancia.

### 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, SENE CYT, la Embajada Británica y el BGR (Alemania). Además se reconoce la labor de los vigías y voluntarios de la Secretaría Nacional de Gestión del Riesgo de los Cantones Baños, Patate, Pelileo y Penipe. En especial se da agradecimientos a la Familia Chávez por estar el OVT en su Hacienda Guadalupe.

15 de Diciembre de 2011 – Quito/gr