



Domingo, 28 de Noviembre, 01:00 UTC. Fuente de lava de 500 m snc con bloques rodando por los flancos hasta más de 600 m (foto: B. Bernard IG-EPN).

Resumen Mensual

Actividad del Volcán Tungurahua, Noviembre de de 2010

- [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, se observó un incremento de la actividad volcánica, la que empezó a finales de Octubre, y que fue registrado por la instrumentación de monitoreo volcánico. Las manifestaciones en superficie ocurrieron en la segunda semana de Noviembre y se intensificaron a finales del mes, con un estilo eruptivo estromboliano-vulcaniano. La sismicidad total resultó en 306 eventos sísmicos, principalmente LPs y que representa 1.4 veces que lo registrado en el mes de Octubre. Sin embargo, se el número de sismos VT, 12 registrados, se mantuvo en niveles similares al mes de Octubre. Adicionalmente se registró 361 explosiones y 188 señales asociadas a emisiones de ceniza. En este sentido, el volcán se encuentra en un episodio de mayor actividad que se manifestó en la segunda semana de Noviembre y que continúa a finales de Noviembre. De esta manera el IAS cambió del Nivel 3 al Nivel 4, con tendencia ascendente. En el mismo sentido, el flujo diario de SO₂ tuvo un promedio de 608 t/d con una desviación estándar de 822 t/d. El valor máximo medido fue de 2629 t/d para el 27 de Noviembre, y el valor estimado de emisión de SO₂ en la atmósfera alcanza un valor de 18264 t de SO₂ (por 11552 toneladas en Octubre).



INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

La red de deformación - inclinómetros registraron una tendencia deflacionaria en los ejes radiales de RETU, BILBAO y PONDOA, sin embargo se observó pequeñas variaciones de inflación hacia la mitad y en el fin de Noviembre en las estaciones de RETU y BILBAO. RETU muestra dos episodios inflacionarios intercalados en la tendencia deflacionaria entre 0.5 microradianes/día a 3.2 microradianes/día; mientras que los episodios deflacionarios indicaron valores de -0.5 microradianes/día a -0.8 microradianes/día. Se destaca la estación de PONDOA donde indica una tendencia inflacionaria de 1.5 microradianes/día en las dos primeras semanas y luego cambia a una tendencia deflacionaria en el resto del mes a una razón de -1 microradian/día. La estación de BILBAO muestra una tendencia deflacionaria a razón de -0.5 microradianes/día y al final del mes se observa una tendencia estable con variaciones de +/- 2 microradianes/día. Estos episodios inflacionarios estarían relacionados con pequeñas intrusiones de magma a niveles someros entre 3 a 4 km bajo la cumbre, como se ha observado anteriormente y donde no hay manifestaciones en superficie, como lo ocurrido en Septiembre y Octubre. Sin embargo, dado que las acumulaciones de magma a niveles someros generan un exceso de presión, es claro que este exceso de presión se manifestó con el nuevo episodio de mayor actividad en este mes. La explosión vulcaniana del 22 de Noviembre, abrió el sistema y la consecuente generación de explosiones y emisiones en los días subsiguientes. El abundante de material sólido, cenizas y areosoles fue emitido hacia la atmósfera y produjo una importante caída de ceniza en los alrededores del volcán. Las zonas de mayor afectación fueron las ubicadas en la parte occidental y sur-occidental, aunque los poblados ubicados hacia el este y norte también fueron afectados. Las poblaciones afectadas cercanas al volcán fueron: Ulba, Runtún, Baños, Juive, Cusúa, Cotaló, Pillate, San Juan, Bilbao, Chacauco, Cahuají, Choglontús, El Manzano, Puela, Penipe y Bayushig donde cayó ceniza de color blanca-grisácea. Mientras que las zonas distales afectadas fueron: Puyo, Shell, Mera, Guano, Guadalupe, Patate, Pelileo, Quero, Cevallos, y Ambato.

El clima en este mes se caracterizó por presentar días despejados en la primera quincena, permitiendo observar al volcán despejado la mayor parte del tiempo. No así en la segunda parte del mes, donde lluvias de moderada a fuerte intensidad generaron el descenso de flujos de lodo por todas las quebradas del volcán, en especial por las quebradas del flanco occidental, que destruyó y/o obstaculizó el paso en los cruces con la antigua vía Baños – Penipe. La mayor parte de este tiempo se observó al volcán cubierto de nieve en su parte superior.

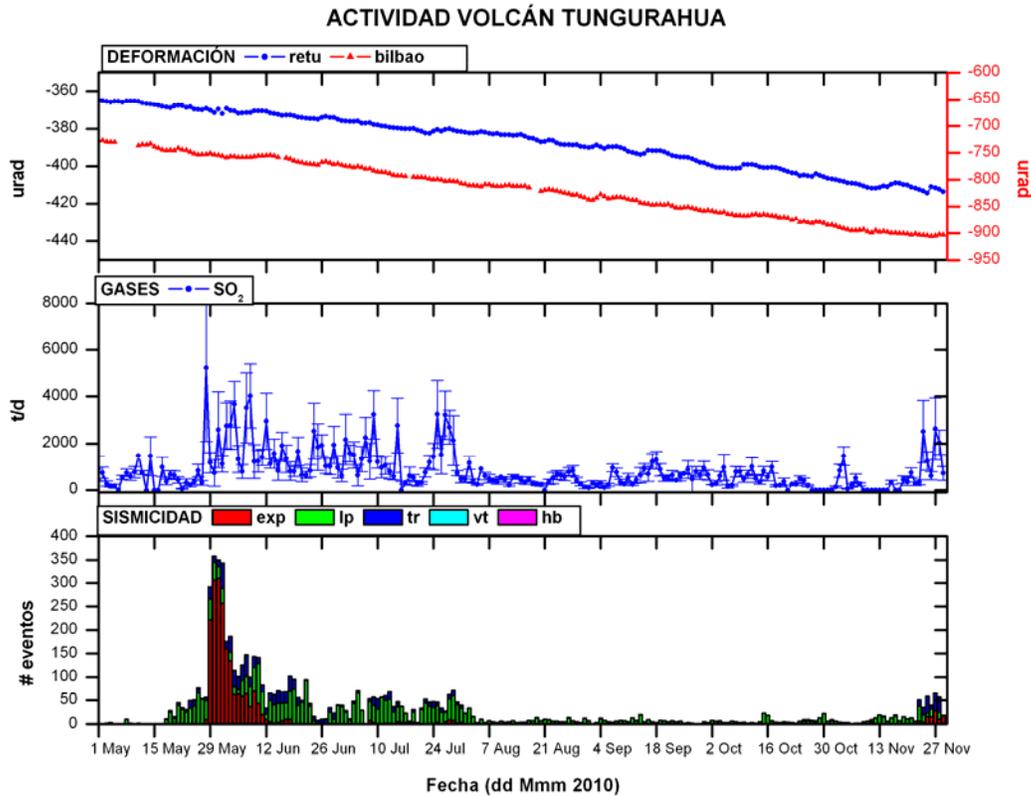


Figura 1. Resumen de la actividad del Volcán Tungurahua desde 01 Mayo 2010 a finales de Noviembre de 2010, basado en datos de sismicidad, gas-SO₂ y deformación. En general durante este mes se nota un incremento importante en los valores de sismicidad durante el mes y una tendencia deflacionaria con varios pulsos de inflación en los valores de inclinómetro de RETU así como un incremento en los alores del gas SO₂ 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. En Noviembre, la actividad volcánica se incrementó notablemente con respecto al mes anterior, y que fue registrado por las redes de vigilancia. La sismicidad total resultó en 306 eventos sísmicos y un promedio de 10.2 eventos por día, que representa 1.4 veces que lo registrado en el mes de Octubre. El número total semanal varió entre 18 a 116 eventos, principalmente LPs. Por otra parte, se el número de sismos VT, 12 registrados, se mantuvo en niveles similares al mes de Octubre. Adicionalmente se registró 361 explosiones y 188 señales asociadas a emisiones de ceniza. En este sentido, el volcán se encuentra en un episodio de mayor actividad que se manifestó en la segunda semana de Noviembre y que continua a finales de Noviembre (Tabla 1).



INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Período	Sismicidad total	LP	VT	HB (Híbridos)	Emisiones	Explosiones
01-07 Nov.	18	14	4	0	0	0
08-14 Nov.	116	112	4	0	0	7
15-21 Nov.	92	88	4	0	0	0
22-30 Nov.	80	80	0	0	0	354
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
Total Abr./2010	144	133	11	0	0	2
Total Mar./2010	222	213	9	0	26	5
Total Feb./2010	749	745	4	0	473	563
Total Ene./2010	284	276	8	0	503	722
Total Dic./2009	51	36	15	0	0	0
Total Nov./2009	69	61	8	0	1	0
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
Promedio Diario Abri./2010	4.80	4.43	0.37	0	0	0.07
Promedio Diario Mar./2010	7.16	6.87	0.29	0	0.84	0.16
Promedio Diario Feb./2010	26.75	26.6	0.14	0	16.89	20.12
Promedio Diario Ene./2010	18.06	17.68	0.39	0	32.45	46.58
Promedio Diario Dic./2009	1.65	1.16	0.48	0	0	0
Promedio Diario Nov. /2009	2.3	2.03	0.27	0	0.03	0

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

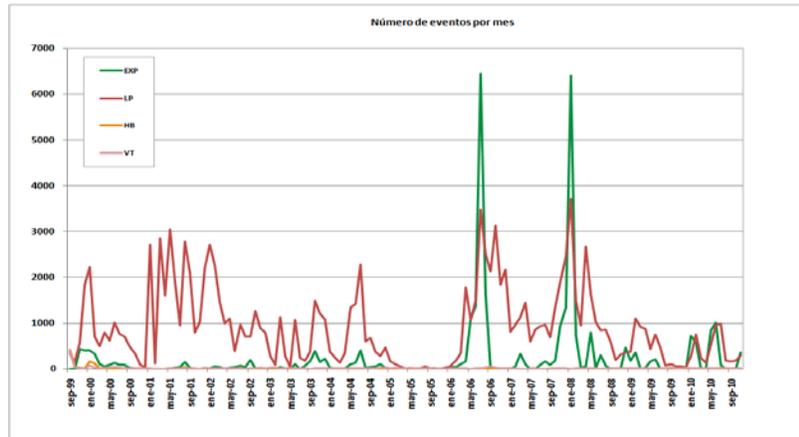


Figura 2. Número de sismos mensuales registrados en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta Noviembre de 2010.

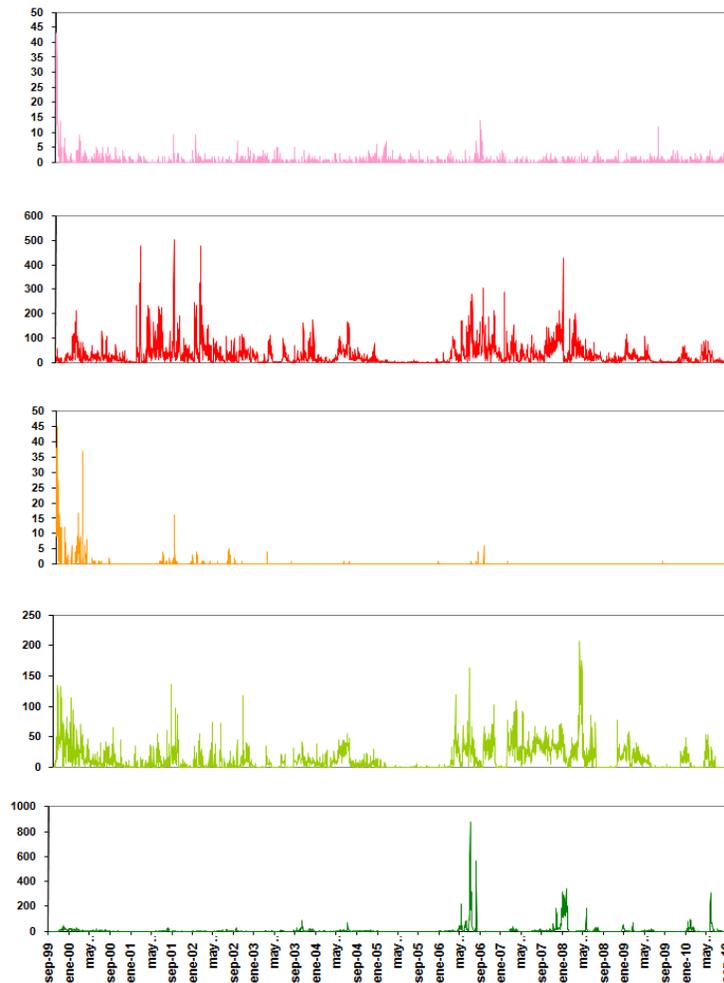


Figura 3. Número diario eventos volcano-tectónicos (VT), largo período (LP), híbridos (HB), emisiones y explosiones en el Volcán Tungurahua desde Septiembre de 1999 hasta Noviembre de 2010 (en el orden indicado).

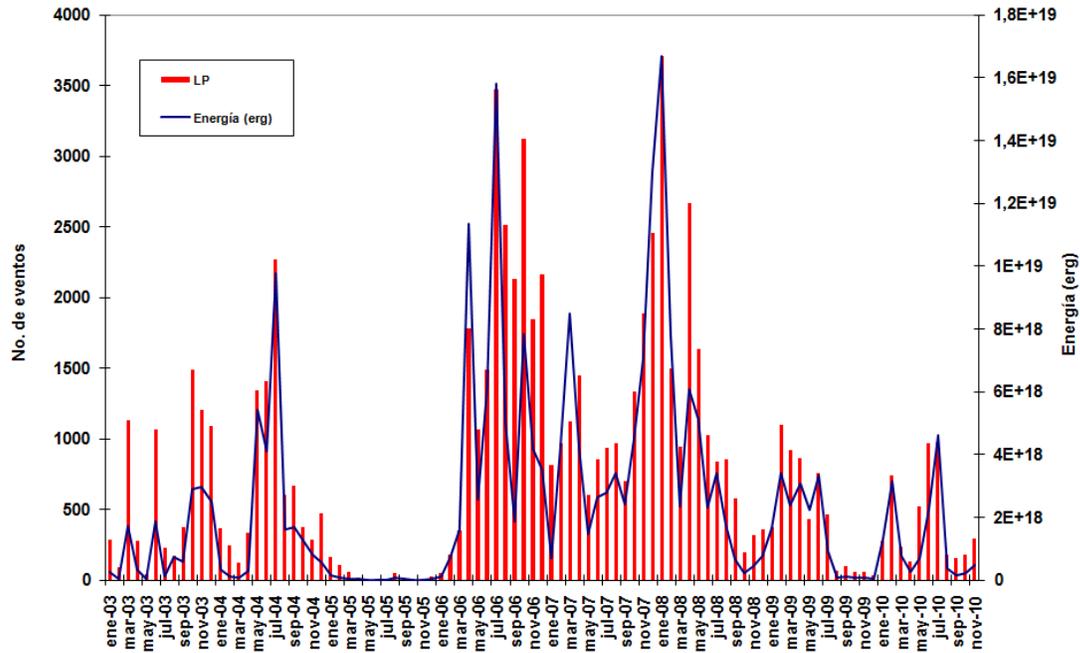


Figura 4. Número mensual de eventos de largo período y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Noviembre de 2010.

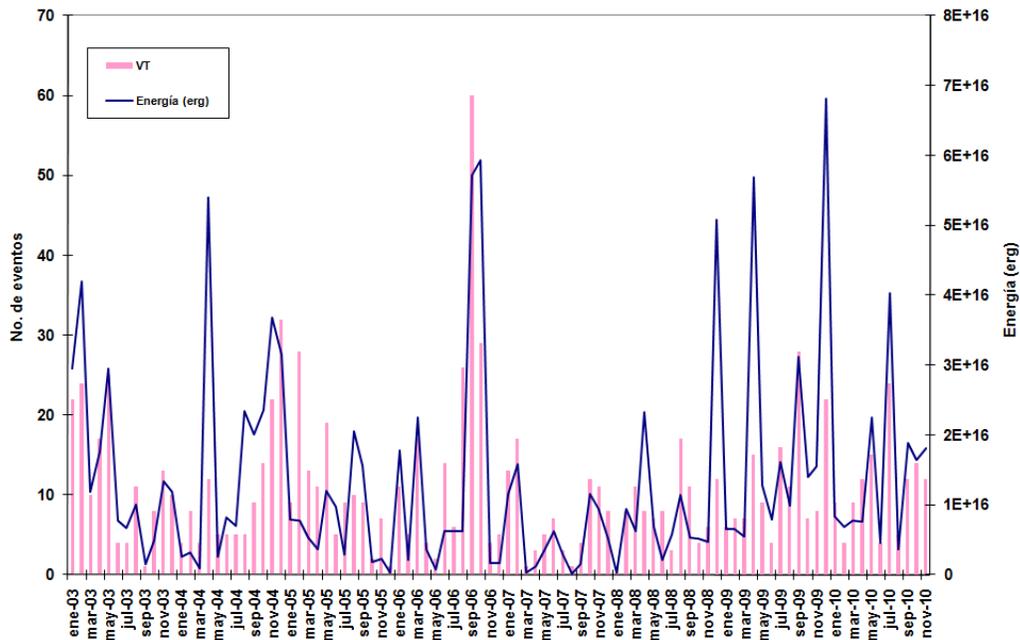


Figura 5. Número mensual de eventos volcano-tectónicos y su energía asociada en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Noviembre de 2010.

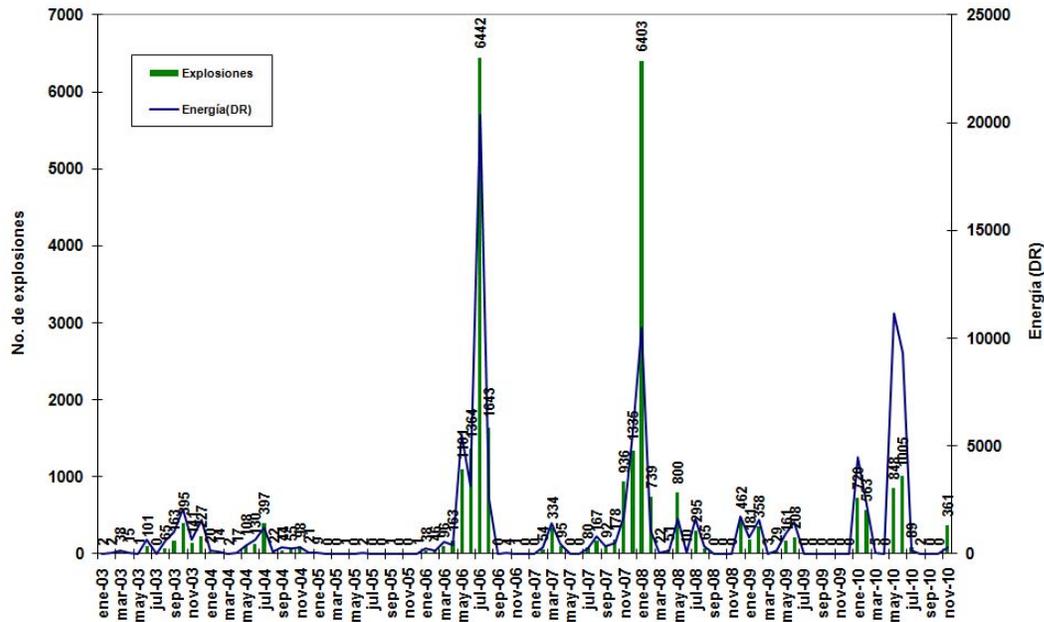


Figura 6. Número mensual de explosiones y su energía asociada (DR–desplazamiento reducido-) en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Noviembre de 2010.

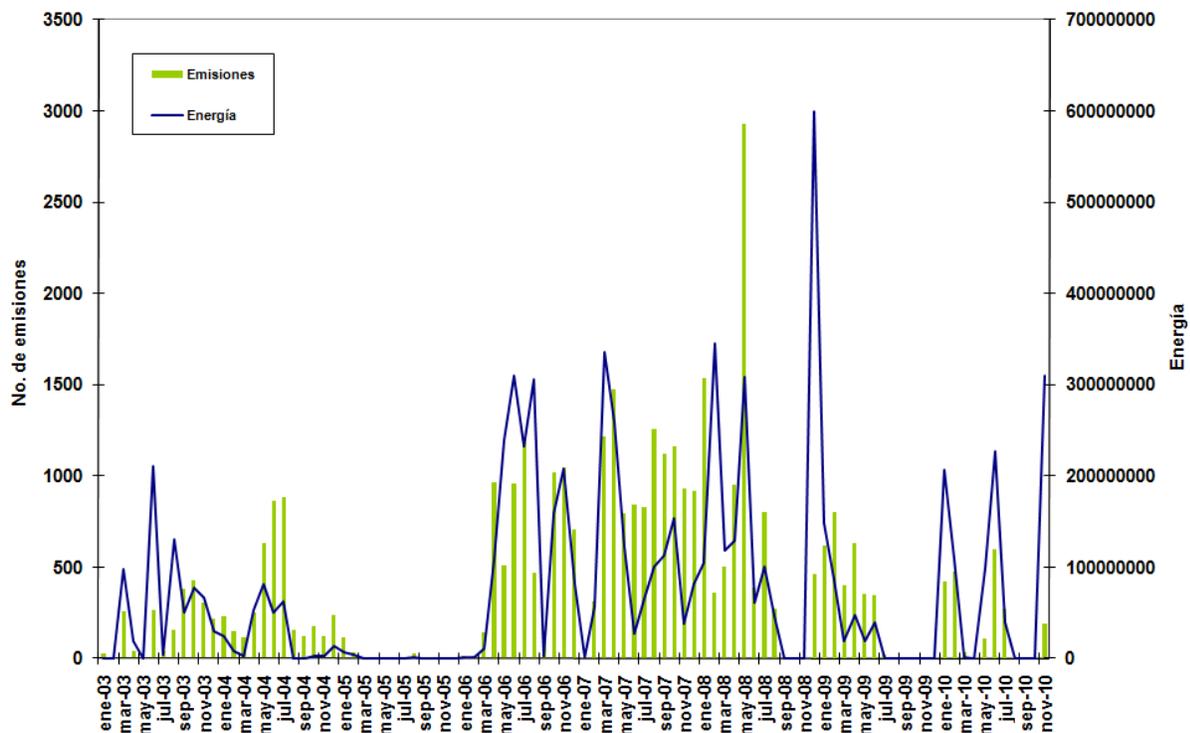


Figura 7. Número mensual de emisiones y su energía asociada (función de la intensidad del movimiento basada en la amplitud y duración) en el Volcán Tungurahua desde Enero 2003 hasta Noviembre de 2010.

2.1 Localizaciones

Durante el mes de Noviembre de 2010, se localizaron 6 VT's de las 12 señales registradas, mientras que para los sismos LP, no hay soluciones confiables excepto un evento localizado a 2 km bajo la cumbre del volcán. En la figura, se muestran las localizaciones de los sismos volcánicos y explosiones ocurridos durante este mes. Se nota que las profundidades varían entre 1 y 18 km bajo la cumbre del volcán (Fig. 8).

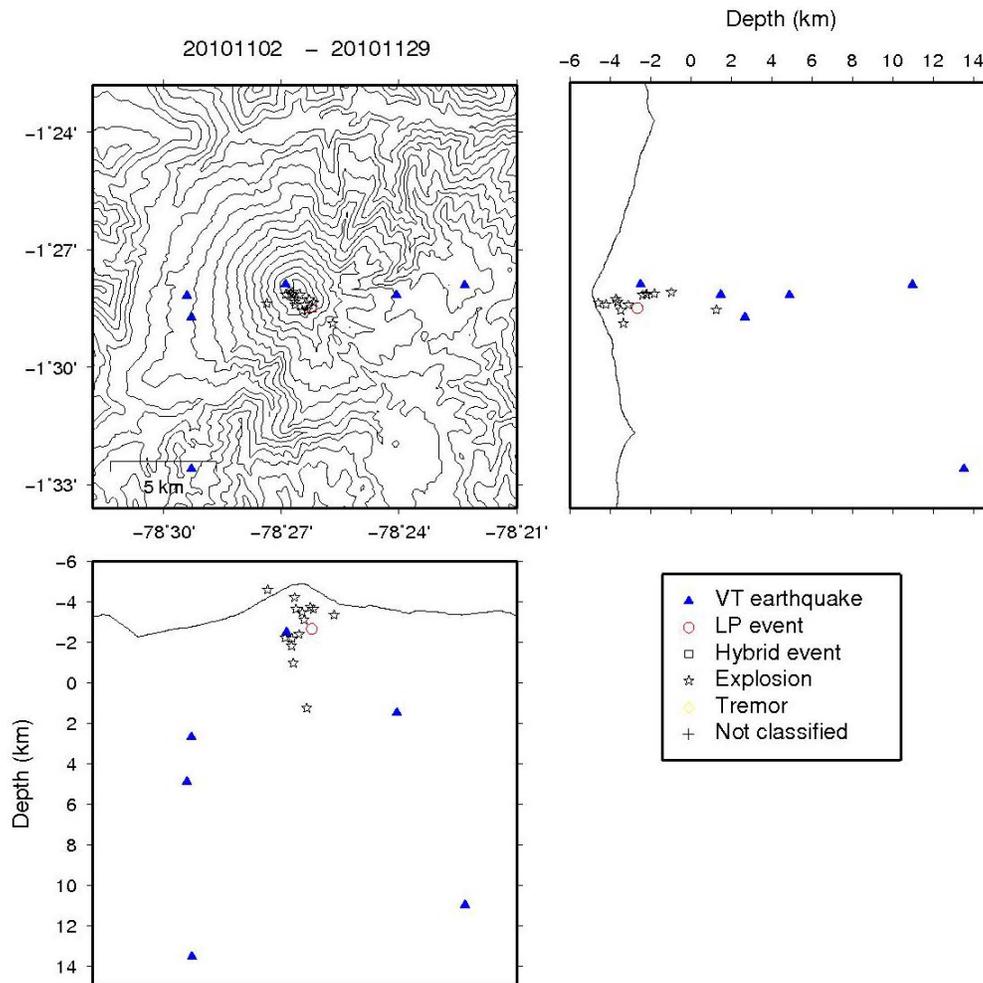


Figura 8. Localizaciones de eventos sísmicos durante el mes de Noviembre, 2010.

Actividad sísmica del Tungurahua Noviembre 01-29 2010

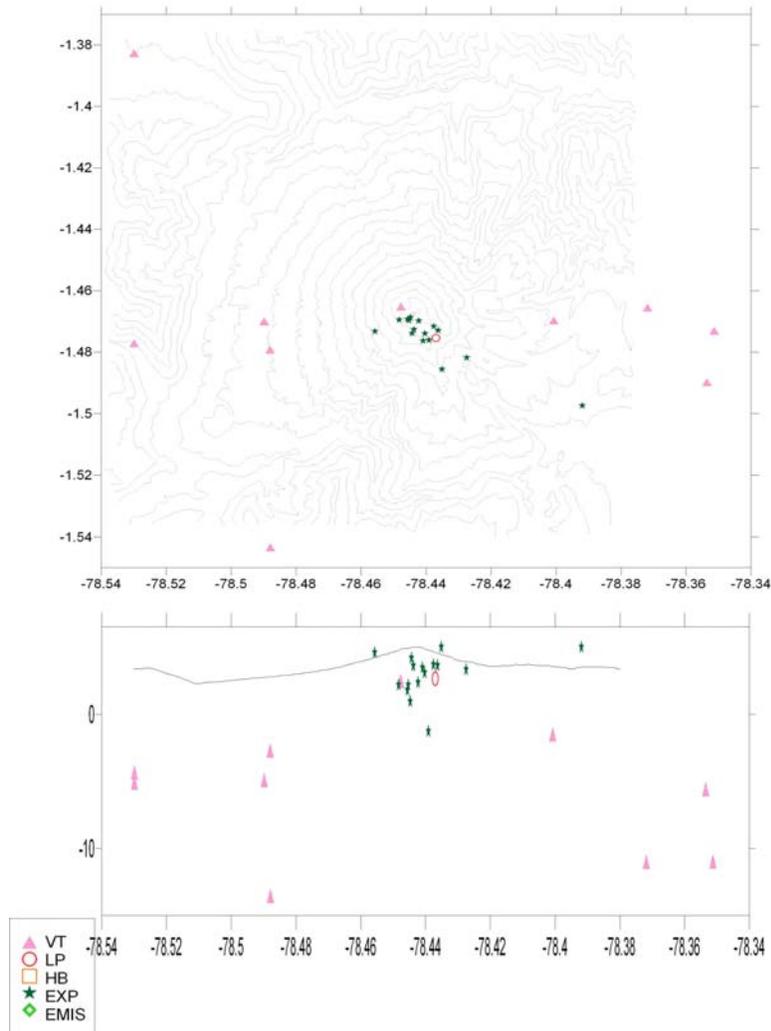


Figura 9. Localizaciones de eventos sísmicos durante el mes de Noviembre, 2010, con 3D.

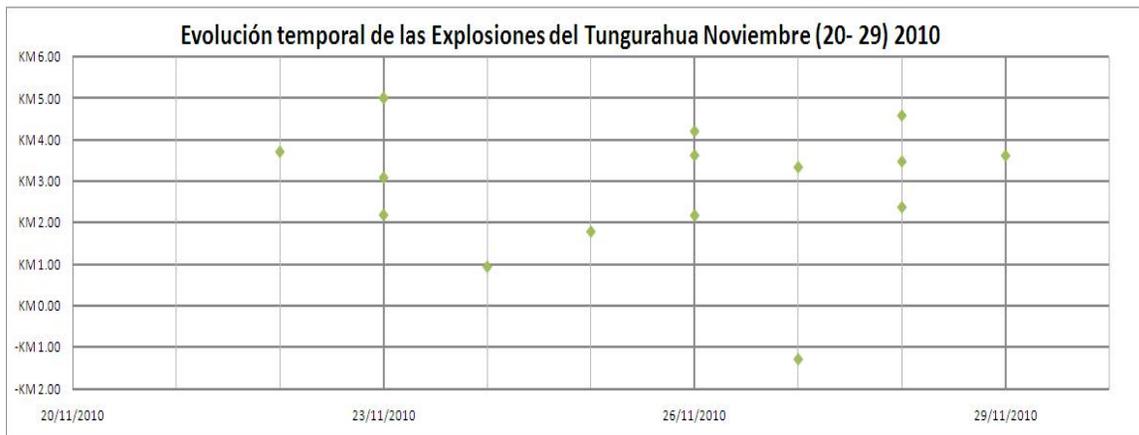


Figura 10. Evolución espacio-temporal de las explosiones del V. Tungurahua.

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, tremor, 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 durante el mes de Noviembre, el volcán Tungurahua cambió el del Nivel 3 al Nivel 4 del IAS, correspondiendo a un nivel de actividad moderada baja con tendencia ligeramente ascendente (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 Noviembre de 2010.

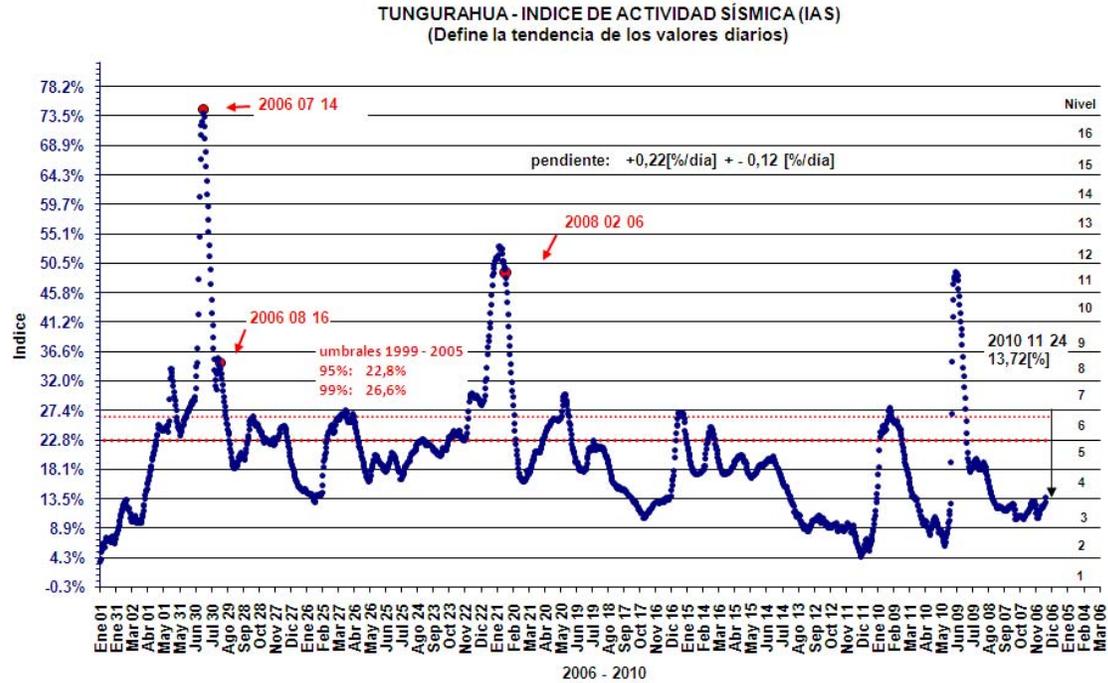


Figura 11b. IAS desde enero 2006 hasta finales de Noviembre de 2010.

3. Deformación

Durante el mes de Noviembre, la red de inclinómetros del V. Tungurahua registró una tendencia deflacionaria en los ejes radiales de RETU, BILBAO y PONDOA, sin embargo se observó pequeñas variaciones de inflación hacia la mitad y en el fin de Noviembre en las estaciones de RETU y BILBAO. RETU muestra dos episodios inflacionarios intercalados en la tendencia deflacionaria. La primera entre el 12 al 18 de Noviembre a una razón de 0.5 microradianes/día, la segunda entre el 25 y 26 a una razón de 3.2 microradianes/día; mientras que los episodios deflacionarios ocurrieron entre el 01 al 12 a razón de -0.5 microradianes/día, el segundo entre el 19 al 25 a razón de -0.8 microradianes/día, el tercero entre el 26 al 30 a razón de -0.7 microradianes/día. Por otra parte, PONDOA, indica una tendencia inflacionaria, entre el 01 al 10 a una razón de 1.5 microradianes/día, y luego cambia a una tendencia deflacionaria en el resto del mes a una razón de -1 microradian/día. Mientras que BILBAO muestra una tendencia deflacionaria a razón de -0.5 microradianes/día y al final del mes se observa una tendencia estable con variaciones de +/- 2 microradianes/día (Fig. 12 a, b, c). Estos episodios inflacionarios estarían relacionados con pequeñas intrusiones de magma a niveles someros entre 3 a 4 km bajo la cumbre, como se ha observado anteriormente y donde no hay manifestaciones en superficie, excepto por el incremento de la actividad hacia finales del mes.

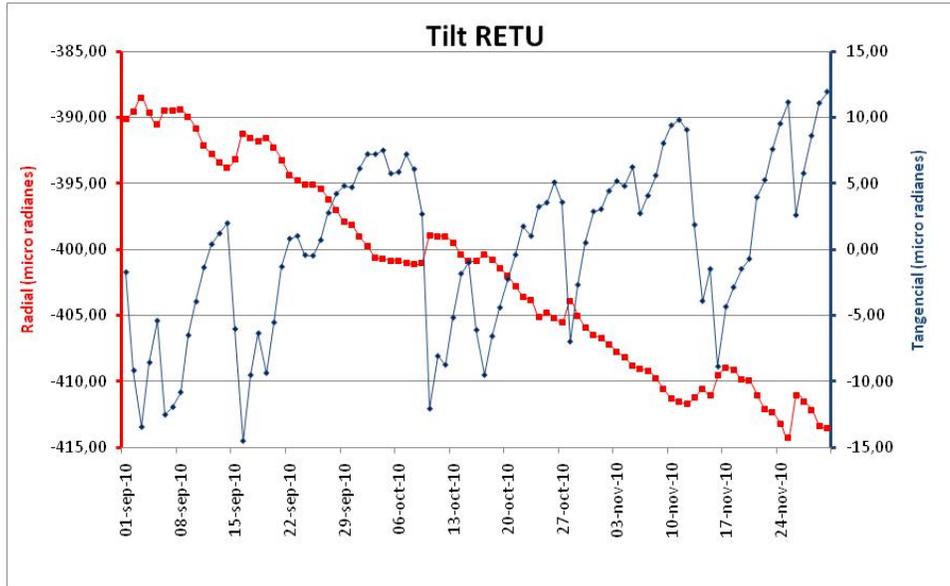


Figura 12a, Plot de datos del inclinómetro de RETU

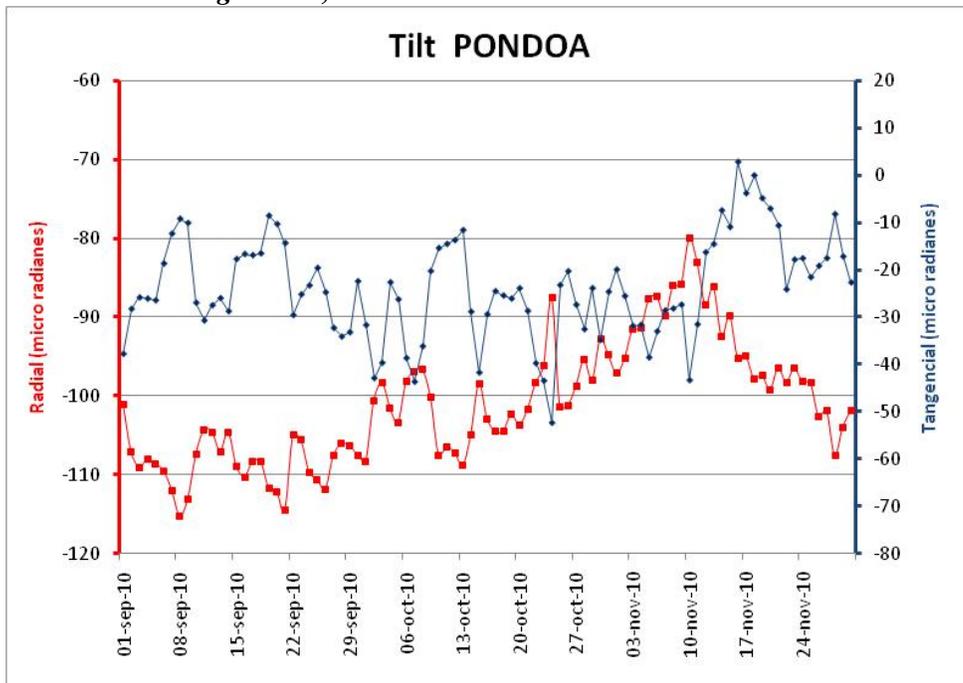


Figura 12b, Plot de datos estación Pondoá.

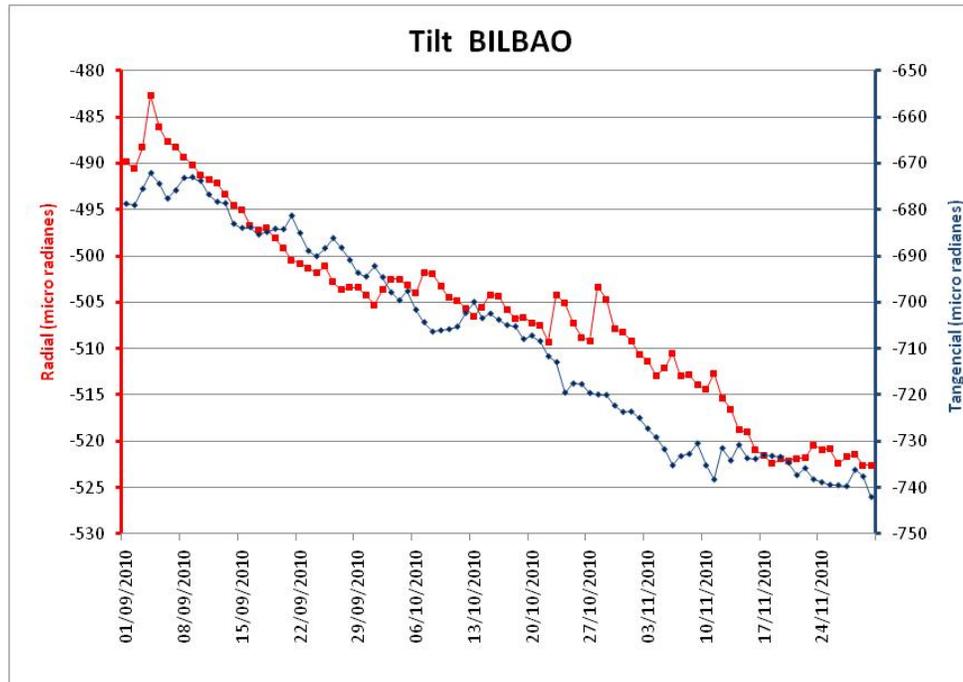


Figura 12c, Plot de datos estación Bilbao.

4. Geoquímica

Emisiones

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

El IG-EPN cuenta con un espectrómetro de correlación (COSPEC) desde 1988, con el cual es posible medir las emisiones de SO_2 volcánico cuantificando la absorción de radiación UV solar dispersada por la atmósfera debida a las moléculas del gas. Adicionalmente, opera desde el año 2004 un sistema de dos estaciones autónomas de medición remota de flujos de SO_2 , basadas en la técnica Espectroscopia Óptica de Absorción Diferencial (DOAS) y un instrumento portátil (mini-DOAS) para el mismo fin. Las medidas se realizan en las horas de iluminación solar y su calidad está sujeta a las condiciones meteorológicas. En el mismo sentido, desde marzo de 2007 se cuenta con una red de estaciones del proyecto NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change), financiado por la Unión Europea, que utiliza instrumentos DOAS de última generación.

En Noviembre de 2010 la emisión de gas de SO_2 del volcán Tungurahua presenta, para la primera semana un rango valores desde no detectables a 830 y 1460 toneladas para los días 3 y 4 de Noviembre respectivamente, para la siguiente semana estos volúmenes de desgasificación descienden notablemente hasta llegar a valores imperceptibles para la instrumentación, la tercera semana se mantiene en un rango de entre 300 a un poco más de 740 toneladas de SO_2 y posteriormente el volcán emite valores superiores a las 2500 toneladas en la cuarta semana (registrándose el mayor valor de gas SO_2 emitido el día 27 de Noviembre con 2629 ton.), los dos últimos días del mes se mantuvieron con la misma tasa de

emisión (figura 13-a). Sin embargo se debe seguir atentamente la evolución del volcán en las próximas semanas para ver si la emanación de SO_2 continúa en ascenso.

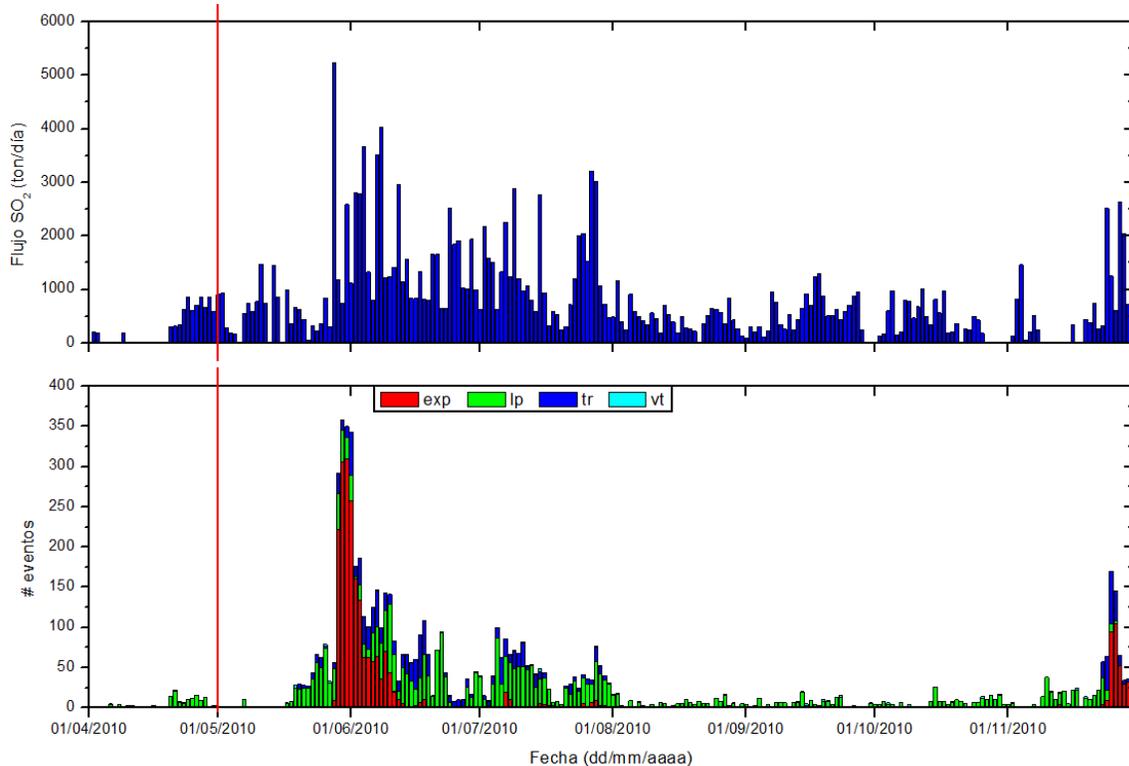


Figura 13-a. (Arriba) Flujo diario de SO_2 desde abril de 2010 hasta el final de Noviembre de 2010. (Abajo) Número de eventos sísmicos para el mismo periodo. Este gráfico permite ver la evolución de estos dos parámetros, y establecer posibles correlaciones entre ellos.

El flujo diario de SO_2 tuvo un promedio de 608 t/d con una desviación estándar de 822 t/d. El valor máximo medido fue de 2629 t/d para el 27 de Noviembre, y el valor estimado de emisión de SO_2 en la atmósfera alcanza un valor de 18264 t de SO_2 (por 11552 toneladas en Octubre).

Lastimosamente no se tiene imágenes satelitales disponibles OMI para todos los días del mes, apenas se registraron menos de la mitad de días correspondientes a Noviembre de 2010. Para la primera semana, y de acuerdo a las imágenes satelitales, no se tiene manifestaciones importantes de desgasificación, pero hay que recalcar que gran parte de la confiabilidad de las imágenes obtenidas depende de las condiciones meteorológicas en la región. Los días 8 y 12, correspondientes a la segunda semana de Noviembre, según las imágenes se tiene una leve manifestación gaseosa. A partir del día 25 de Noviembre se tiene una clara manifestación de desgasificación del volcán Tungurahua (ver figura 13-d), pero de acuerdo a las observaciones directas y los datos obtenidos mediante instrumentación se tiene que el reinicio de la actividad se dio mucho antes.

EMISIÓN DE SO₂ -Volcán Tungurahua-

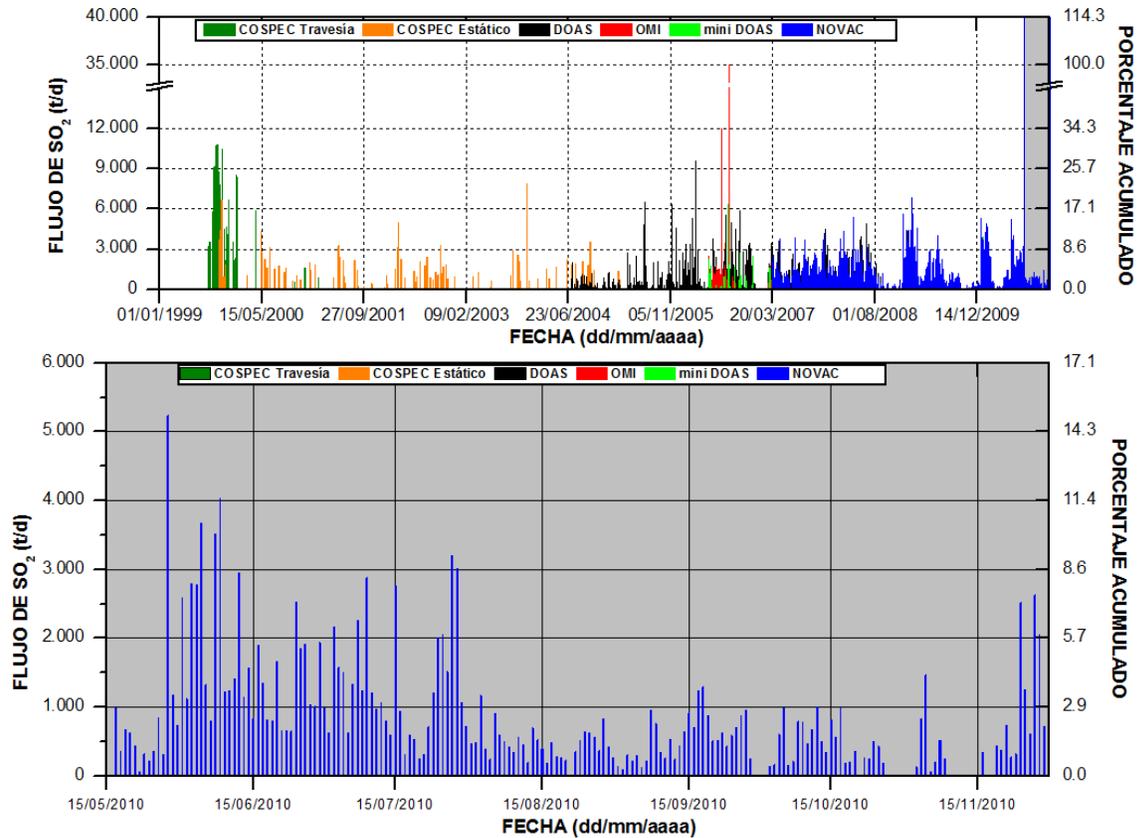


Figura 13-b. Flujo diario de SO₂ emitido por el volcán Tungurahua desde agosto de 1999 hasta Noviembre de 2010. La zona sombreada, de la parte superior, corresponde al zoom del registro de emisiones de SO₂ hasta el mes de Noviembre de 2010, en la parte inferior. Las técnicas DOAS, mini DOAS y NOVAC son 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: 608 t/d
 Variabilidad (1σ): 822 t/d
 Valor máximo: 2629 t/d (27 de Noviembre)
 Emisión estimada: 18264 t de SO₂

EMISIÓN DE SO₂ - VOLCÁN TUNGURAHUA -

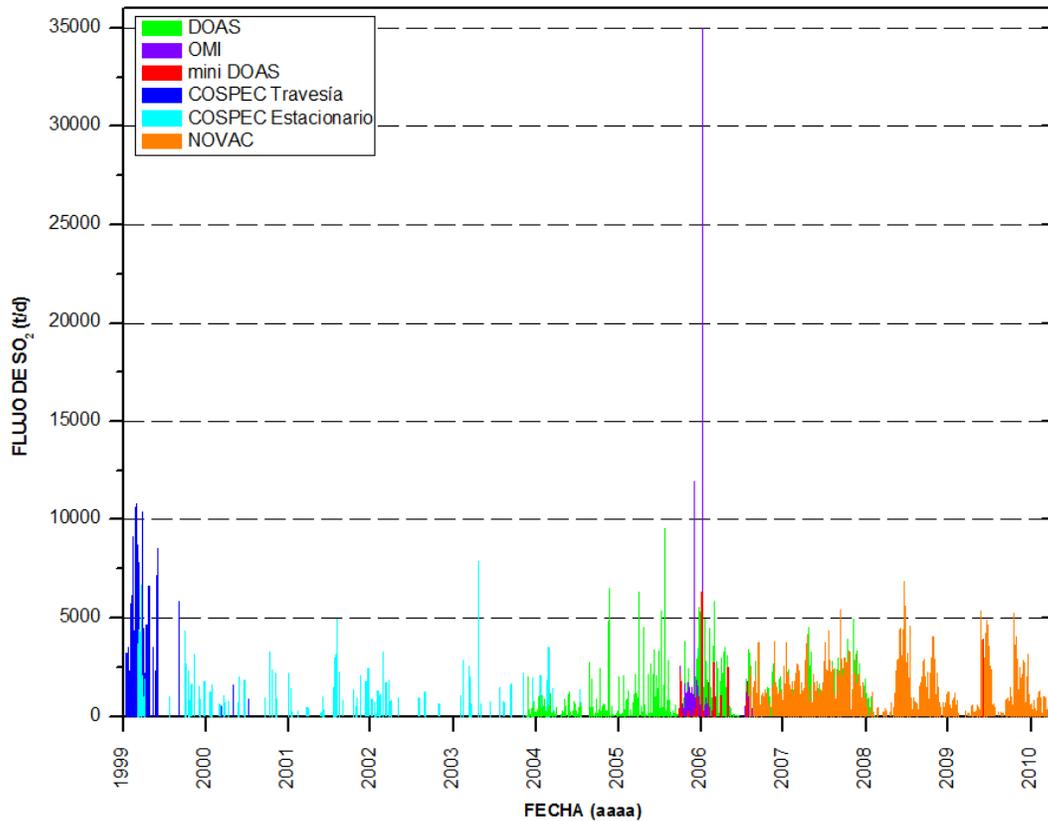


Figura 13-c. Flujo diario de SO₂ emitido por el volcán Tungurahua desde agosto de 1999 hasta finales de Noviembre de 2010.

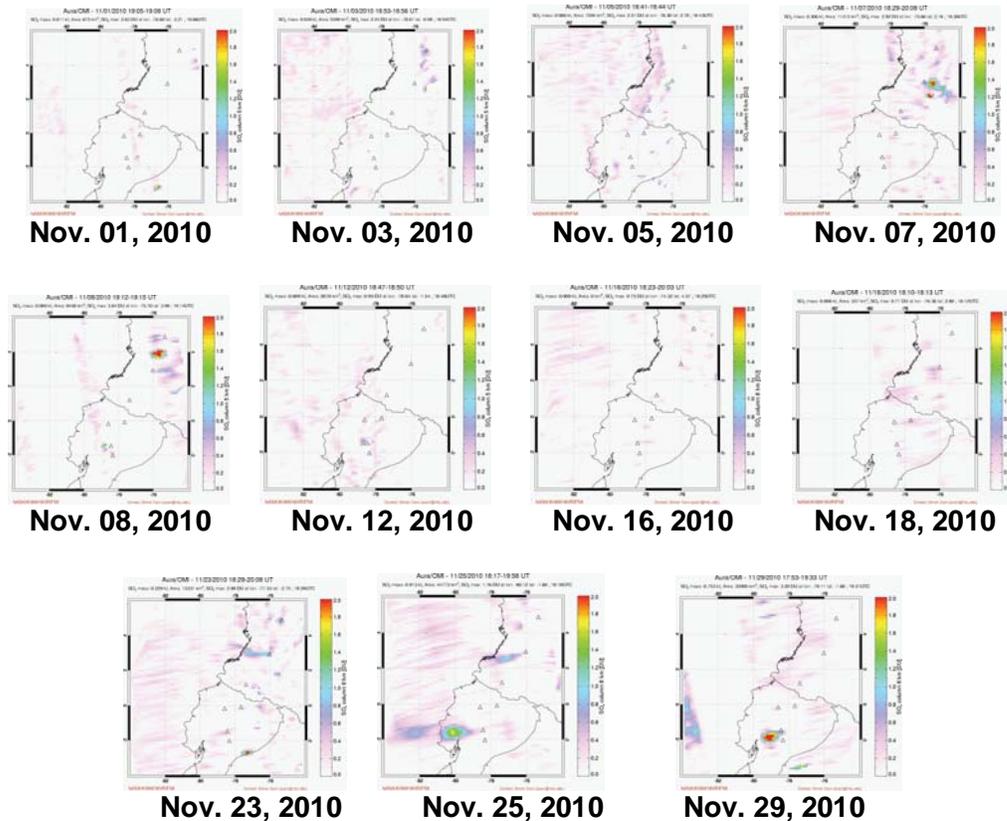


Figura 13-d. Imágenes generadas en base a observaciones satelitales con el instrumento OMI (NASA/JCET/UMBC) correspondientes al mes de Noviembre de 2010. (Fuente: http://so2.umbc.edu/omi/pix/daily/1110/ecuador_1110.html)

5. Observaciones Visuales en el Terreno y Lahares

Observaciones visuales-Noviembre-2010

El clima en el mes de Noviembre se ha caracterizado por presentar días despejados en la primera quincena, permitiendo observar al volcán despejado la mayor parte del tiempo. No así en la segunda, en donde lluvias de moderada a fuerte intensidad generaron el descenso de flujos de lodo por todas las quebradas del volcán, en especial las del flanco occidental. El descenso de lahares ocasionó la destrucción y/ obstrucción de la antigua vía Baños – Penipe en los cruces con las quebradas occidentales. La mayor parte de este tiempo se pudo observar al volcán cubierto de nieve en su parte superior (Fig. 14)

La actividad superficial del volcán Tungurahua a inicios de este mes no indicó mayores cambios con respecto a los meses anteriores. La actividad fumarólica leve en los bordes e interior del cráter fue la característica principal, en ocasiones esta actividad generó penachos de vapor de agua que se elevaron entre 200 – 500 metros sobre la cumbre y fueron dispersados rápidamente por los vientos en dirección occidental (Fig. 15). Sin embargo, a partir de la segunda quincena de Noviembre, la actividad fumarólica se incrementó como respuesta a una mayor presencia de eventos sísmicos y deformación registrados. Esto generó que la actividad superficial se incremente, es así que el día sábado 13 de Noviembre se registró una emisión de vapor con ligera carga de ceniza que alcanzó una altura de 200 metros sobre la cumbre e inmediatamente se dirigió al occidente (Fig. 16).



Figura 14. Foto aérea del volcán, emisión de una débil columna de vapor (Foto: P. Ramón, OVT-IG).



Figura 15. Penacho de vapor de aprox. 200 msnc que se disipa hacia el E (Foto: J. Bustillos, OVT-IG).



Figura 16. Emisión de vapor con una ligera carga de ceniza. Sube hasta 200 msnc y se va al Oeste. Los vigías de Pondoá, Cahuají, Cotaló y Palitahua reportan la emisión. Foto: G. Ruiz, OVT-IG.

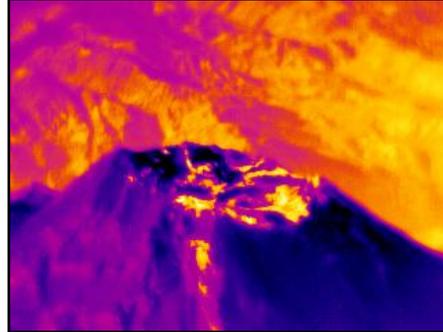


Figura 17. Imagen térmica del flanco N y el cráter del volcán (FLIR- TermaCam).

Dadas las buenas condiciones climáticas en la zona del volcán el día 19 de Noviembre, personal del IG realizó un sobrevuelo, que con la ayuda de la cámara térmica se logró registrar temperaturas en las fumarolas que bordeaban los 80 °C (Fig. 17). Sin embargo, no se observaron mayores cambios sino hasta el lunes 22 de Noviembre en donde a las 19h08 (TL) se registró una explosión que produjo un cañonazo audible en varios lugares. Esto indicó que la posibilidad de ocurrencia de un nuevo periodo de mayor actividad estaba en marcha. En hecho, en el mismo día 22 de Noviembre, por segunda ocasión se registró una explosión de carácter vulcaniano, esta provocó la salida violenta de material incandescente y el rodar de bloques por todos los flancos del volcán, alcanzando una distancia de 4 km bajo el nivel del cráter. Además se generó una columna eruptiva que ascendió rápidamente 6 km sobre la cumbre y su posterior dispersión hacia el occidente. De esta manera, se registró caída de cascajo, fragmentos volcánicos de tamaño de grava y lapilli en sectores como Bilbao, Yuibug, Chontapamba, Choglontús, El Manzano, y Cahuají. Los componentes más finos de la columna eruptiva precipitaron en zonas como Guanando, Guano, Ilapo, Saguazo Cruz de Mayo, San Pedro de Sabañag, Santa Fe de Galán, Jaloa La Playa y Puñachizag, entre las más importantes.

Luego de este evento vulcaniano, la actividad del volcán se incremento rápidamente, donde a un nivel de actividad moderada, caracterizado por la emisión continua de vapor de agua y gas con una carga moderada de ceniza (Fig. 18). Estas emisiones continuas lograron sostener columnas eruptivas que alcanzaron alturas entre 1 – 5 km sobre el nivel del cráter, con una dispersión muy amplia, pero principalmente hacia el SW, W y NW. Acompañado a esta actividad se generaron bramidos de modera intensidad, los mismo que fueron audibles en el OVT y en las zonas aledañas al volcán. El rodar de bloques por los flancos del volcán fue constante. Durante las noche y cuando el clima fue favorable, fue evidente la permanente actividad estromboliana con fuentes de lava que proyectaba bloques incandescentes hasta 800 metros sobre el nivel del cráter y el rodar de los mismos hasta 1200 metros bajo el borde el mismo (Fig. 19).

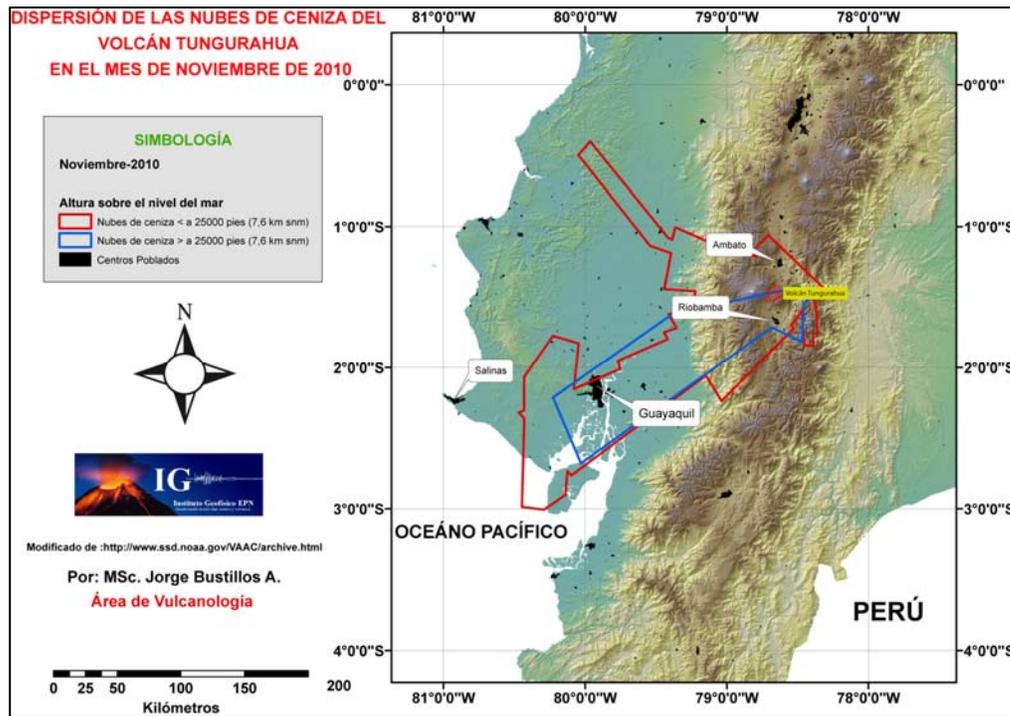


Figura 18. Pluma con carga moderada de ceniza dirigiéndose hacia el SW a las 21:41 (foto: B. Bernard, IRD-IG).



Figura 19. Fuente de lava de 500 m snc con bloques rodando por los flancos hasta más de 600 m (foto: B. Bernard, IRD-IG).

Dada la emisión continua de columnas eruptivas sostenidas de hasta 5 km sobre el nivel de la cumbre, contenido moderado a bajo de cenizas, se formaron importantes nubes de ceniza y por acción de los vientos ha tomado varias direcciones. De esta manera ocurrieron caídas de ceniza en todos los sectores alrededor del volcán (Fig. 20). Considerando la flotabilidad de las partículas de ceniza, y que la velocidad de dispersión fue mucho mayor que la velocidad de ascenso de la pluma, las nubes lograron dispersarse por varios kilómetros, tomando rumbos principalmente hacia el SW extendiéndose 292 km, hacia el WSW por 214 km, al NE por 219 km y NNE por 60 km desde la cumbre del volcán (Fig.14). Las nubes de ceniza alcanzaron alturas entre los 19000 pies (5,8 km) a 34000 pies (10, 4 km) sobre el nivel del mar (Fig. 20).



*Figura 20. Dispersión de las nubes de ceniza del volcán Tungurahua en el mes de Noviembre de 2010
(Modificado de <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/messages.html>)*

Los materiales finos emitidos hacia la atmósfera generaron una importante caída de ceniza en los alrededores del volcán. Las zonas de mayor afectación fueron las ubicadas en la parte occidental y sur-occidental, sin embargo poblados ubicados hacia el este y norte también fueron afectados. Según los reportes recibidos se registraron caída de ceniza de color blanca-grisácea en poblados como: Ulba, Runtún, Baños, Juive, Cusúa, Cotaló, Pillate, San Juan, Bilbao, Chacauco, Cahuají, Choglontús, El Manzano, Puela, Penipe y Bayushig, en las zonas proximales. Por otro lado, las zonas distales afectadas fueron: Puyo, Shell, Mera, Guano, Guadalupe, Patate, Pelileo, Quero, Cevallos, y Ambato.

En la tabla 2 se presenta el detalle de los reportes de caída de ceniza en los alrededores del volcán Tungurahua.

Ubicación	Población	23	24	25	26	27	28	29	30
SW	Palictahua		Bf	Bf	Bg				
SW	Riobamba								
SW	El Manzano	Ng		G		G			
WSW	Choglontús	Ng		Bf	B				
WSW	Cahuají	Ng		G			Bg	Bf	
W	Pillate			G		B			
W	San Juan								
WNW	Bilbao							B	
WNW	Chacauco	G		B		Gf		Gg	
WNW	Cotaló								
NW	Cusúa	Café		B			G		
NNW	OVT			B					
NNW	Juive		Gf					Bf	
NNW	Ambato								
N	Ponchoa		Gf						
N	Baños	G							
NNE	Runtún		G						
NNE	Ulba		Gf						
NW	Quero								
NW	Pelileo								
SW	Penipe								
SSW	Puela								
NW	Huambaló								
S	La Candelaria								
NW	Cevallos								
NW	Mocha								
W	Chontapamba								
SW	Guano								
W	Yuibug								
WSW	Guaranda								
SW	Guso								
NW	Tisaleo								
SSW	Bayushig								
SSW	Salcedo								
SSW	Puyo								
SE	Puntzáng								
W	Motilonos								
ENE	Vazcun								
NW	Mandur								
NW	Santa Rosa								

Tabla 2: Reportes recibidos de caída de ceniza durante el mes de mayo. 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.

Luego del evento vulcaniano del 22 de Noviembre, el día 23, se realizó un muestreo de las cenizas de los recolectores de ceniza ubicados en los alrededores del volcán, donde se constató que el mayor espesor acumulado fue de 2 mm en Choglontús, El Manzano y Santa Fe de Galán (Fig. 21), la ceniza es negra y con tamaño promedio de 500 um. Esta

ceniza estaba compuesta mayormente de: fragmentos muy vesiculados de color negro (aprox. 60% en la muestra total), fragmentos líticos de color rojizo también vesiculados (aprox. 35% en la muestra total), fragmentos tipo escoria de color crema con vesicularidad fibrosa (aprox. 3% en la muestra total) y fragmentos cristalinos (aprox. 2% de la muestra total). En sectores como Choglontús y El Manzano también se registró la caída de fragmentos de tamaño de grava en donde el componente principal fue una andesita densa de color gris azulado que contenía cristales de plagioclasas, estos fragmentos densos presentan vesicularidad tubular, además son muy raros en las fracciones finas.

La cuantificación del material sólido emitido del 22 de Noviembre, se realizó utilizando tres isópacas (1, 2,3 mm Fig. 21) y el método de interpolación de un solo segmento (Pyle 1989), ya que las columnas de emisión no formaron una zona de paraguas y este método se adapta a las condiciones eruptivas del Tungurahua (Bustillos, 2010); de esta manera se calculó un volumen total de al menos 500 mil metros cúbicos de ceniza.

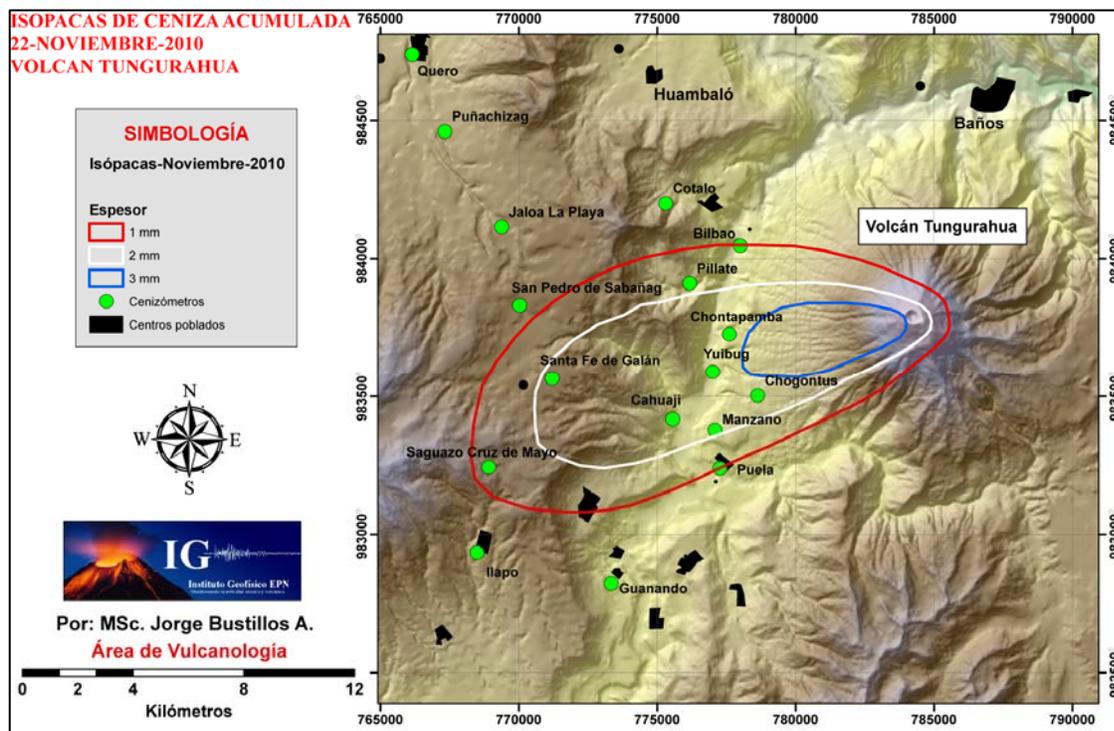


Figura 21. Isópacas de ceniza acumulada durante el evento eruptivo del 22 de Noviembre de 2010.

El análisis detallado de los componentes de la ceniza bajo un MEB (Microscopio Electrónico de Barrido), permitió identificar que los fragmentos densos, los cuales son escasos, presentan una geometría subhedral y su fractura es concoidea y regular. No presentan morfología tipo bahías en su perímetro (Fig. 22). Los fragmentos de color negro presentan morfología blocky, que consisten de clastos caracterizados por superficies vidriosas planares a curvilineales, intersecadas por varias vesículas (Fig. 23). Ellos tienen una forma aproximadamente isométrica, en donde la geometría de las vesículas es variable, desde irregulares a sub-redondeadas. Un rasgo característico en estos clastos es que ocasionalmente se pueden observar vesículas encorvadas sobre una burbuja que fue congelada cuando se expandía a través de la superficie del grano después de la fragmentación (Fig. 24). Rara vez se observan que las vesículas exteriores se derrumbaron

mientras la gota de magma aun estaba fundida, dejando depresiones liso-bordeadas y pilares entre las vesículas y además vesículas que estallaron después de la fragmentación, sin embargo las paredes curvas de la burbuja están preservadas (Fig. 25). Según *Heiken y Wohletz (1985)*, este tipo de vesicularidad es producto de una actividad freato-magmática y/o fragmentación hidrovulcánica.

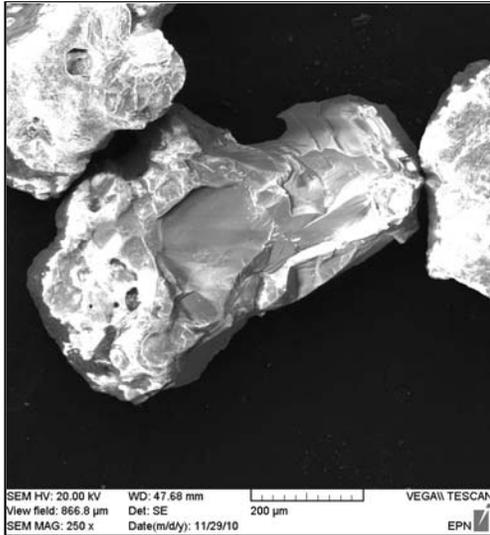


Figura 22. Fragmentos densos, presentan una geometría subhedral, fractura concoidea y regular, no presentan morfología tipo bahías en su perímetro

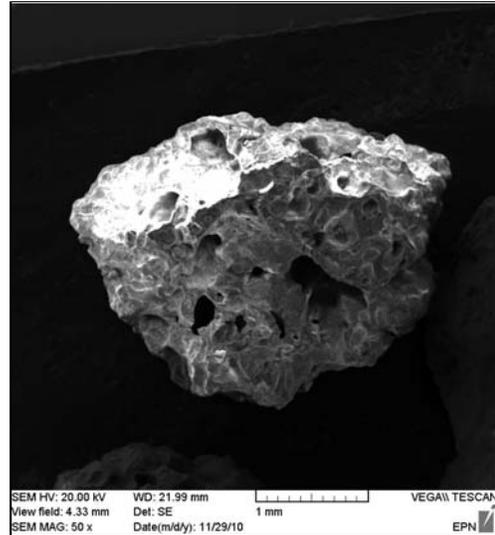


Figura 23. Fragmentos de color negro con morfología blocky, que consisten de clastos caracterizados por superficies vidriosas planares a curvilineales, intersecadas por varias vesículas.

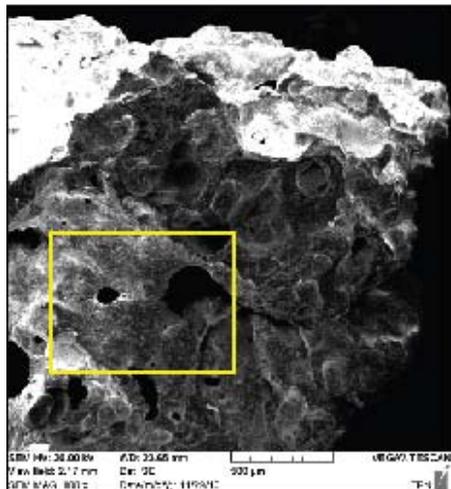


Figura 24. El recuadro en amarillo muestra las vesículas encorvadas sobre una burbuja que fue congelada cuando se expandía a través de la superficie del grano después de la fragmentación.

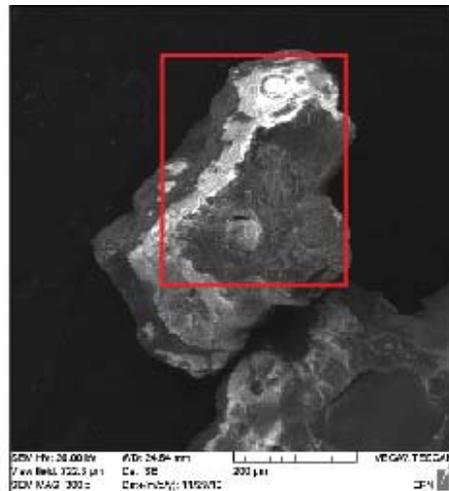


Figura 25. El recuadro en rojo muestra que las vesículas exteriores se derrumbaron mientras la gota de magma aun estaba fundida, dejando depresiones liso-bordeadas y que estallaron después de la fragmentación, sin embargo las paredes curvas de la burbuja están preservadas.

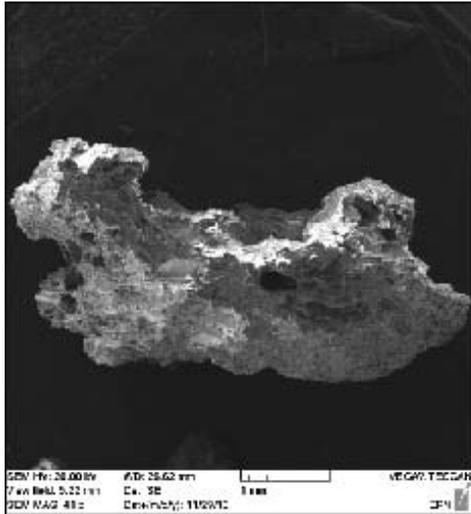


Figura 26. Fragmentos tipo escoria de color crema, presentan una mayor vesicularidad que los componentes negros, en donde las vesículas son fibrosas y elongadas.

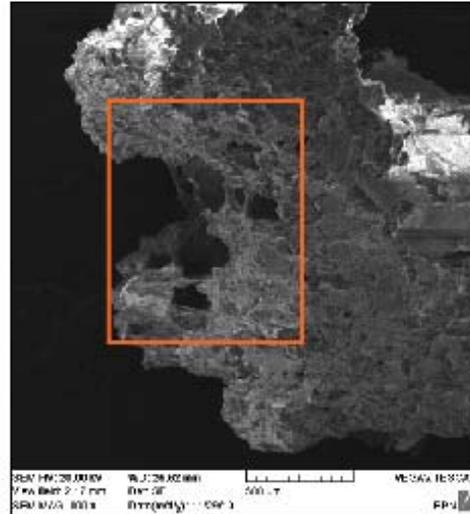


Figura 27. El recuadro en tomate muestra que las vesículas de las escorias de color crema ocasionalmente son de forma poligonal como un resultado de la interferencia mutua de las paredes de la vesícula durante el crecimiento de la misma.

Por otro lado, en los fragmentos tipo escoria de color crema presentan una mayor vesicularidad que los componentes negros. Las vesículas son fibrosas y elongadas (Fig. 26). Ocasionalmente estas vesículas son de forma poligonal como un resultado de la interferencia mutua de las paredes de la vesícula durante el crecimiento de la misma (Fig. 27). Los componentes líticos de color rojo presentan una morfología redondeada con alta vesicularidad. Estas vesículas son de abertura redonda y de estructura tabular. Dada la alta vesicularidad de los componentes de la ceniza, es evidente que el magma tuvo una importante desgasificación y pérdida de volátiles. Esta desgasificación no produjo presurización suficiente en el sistema volcánico. Además, el periodo de alta pluviosidad en la zona del volcán produjo una leve fragmentación hidrovulcánica, incrementando así la viscosidad del cuerpo magmático en profundidad. Sin embargo, la presencia de clastos densos de color gris azulado (andesita) con cristales de plagioclasas y en ocasiones con vesículas tabulares, indican que existió un tapón el cual no permitía en parte la desgasificación interna del volcán, lo cual hizo que se acumule presión y desencadene en un evento tipo vulcaniano. La abundante presencia de líticos rojizos, indica una fuerte erosión de las paredes del conducto durante la fragmentación.

Por otra parte, al comparar los fragmentos y cenizas del evento vulcaniano del 28 de Mayo, con las cenizas del 22 de Noviembre, se observa la presencia de un mayor componente de líticos rojizos en las cenizas del 22 de Noviembre, sugiriendo que el tapón fue más profundo, y que la energía de fragmentación no fue tan elevada capaz de dejar cristales libres como ocurrió el 28 de Mayo, sin embargo fue suficiente para generar una columna eruptiva de aproximadamente 6 km sobre la cumbre, mientras que en Mayo alcanzó los 10 km sobre el nivel de la cumbre.

Lahares del volcán Tungurahua durante Noviembre de 2010.

El mes de Noviembre se caracterizó por tener principalmente buen clima, con varios días y noches despejadas que permitieron observar la actividad superficial del volcán, sin embargo en algunas ocasiones ocurrieron lluvias de moderada y alta intensidad que generaron flujos de lodo (lahares) importantes que descendieron por los drenajes principales, y en otras hubo días nublados sin lluvias.

A continuación se resume la ocurrencia de estos eventos, basado en los informes semanales que son emitidos desde el OVT:

Sábado 13.

Las bajas temperaturas que ocurrieron en la región acumularon una capa de nieve en la parte alta del cono (400 a 500 mbnc, Fig. 28). Desde el medio día se tuvo reportes de lluvias fuertes alrededor del volcán, especialmente en los sectores Sur, Occidente y Noroccidente. Aproximadamente desde las 13:00 (TL) se registró un incremento importante en los valores de AFM-HB de Pondoá (Fig. 29) y se comunicó a la DC-Baños. También se tuvo reportes de descensos de agua lodosa con bloques menores a 30 cm de diámetro en las quebradas Hacienda, Achupashal, Pirámide, Mapayacu, Bramadero y Tambo.



Figura 28. Volcán Tungurahua con una capa de nieve hasta 400-500 mbnc (22:46) Emisión de vapor con una ligera carga de ceniza. Sube hasta 200 msnc y se va al Oeste. Los vigías de Pondoá, Cahuají, Cotaló y Palitahua reportaron la emisión. Fotos: Gorki Ruiz IG/EPN

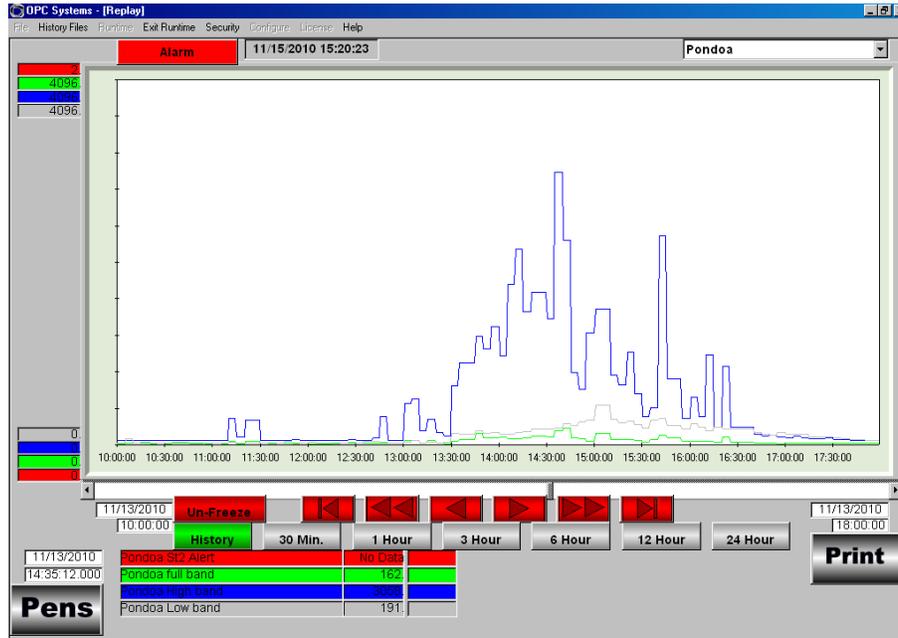


Figura 29. Registro del AFM-Pondoá del 13 de Nov., las lluvias cesaron a las 17:30 (TL).

Lunes 15.

Lluvias de moderada intensidad ocurrieron nuevamente desde el medio día alrededor del volcán, especialmente en el Sur y Occidente. Se dio aviso a STGR, HidroAgoyán, y vigías de la zona para que controlen el paso vehicular en la vía Baños-Penipe. Instrumentalmente (AFM) se observó descensos de agua lodosa en las quebradas Juive (Pondoá, Fig. 30), Bilbao, Mapayacu, en los ríos Vazcún y Ulba, además de un reporte de agua lodosa en la quebrada Mandur.

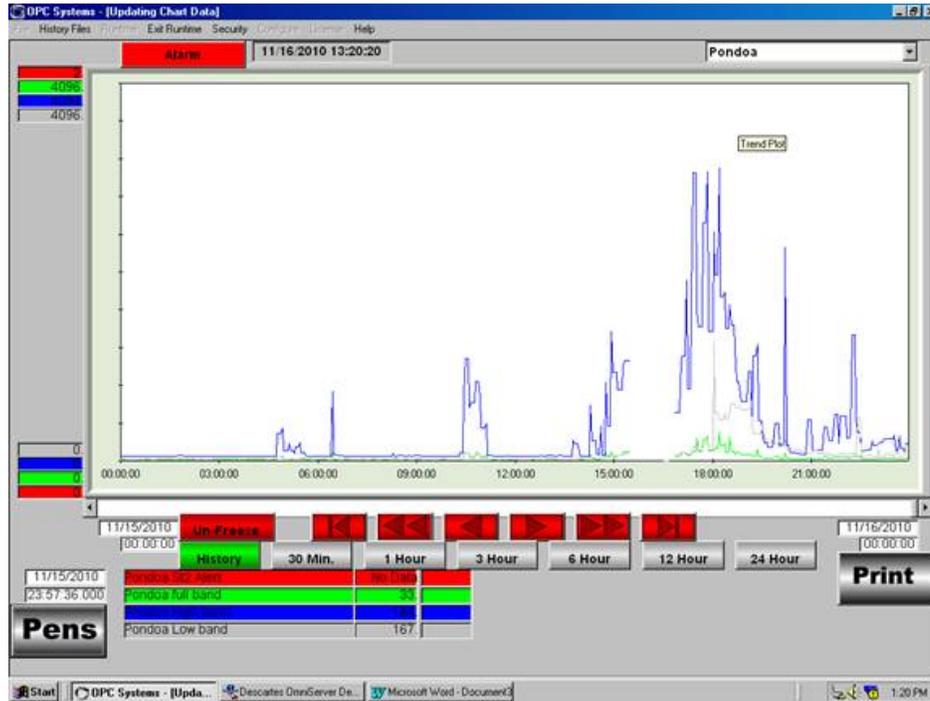


Figura 30. Registro del AFM-Pondoa del 15 de Nov.

Martes 16.

Las lluvias persistieron en la noche y se tuvo reportes que agua lodosa bajó por casi todas las quebradas del volcán. A las 07:00 (TL) se avisó a HidroAgoyán sobre estos flujos de lodo. Cerca de las 08:40 (TL) se registraron 29 mm de lluvia acumulada en el Pluviómetro de Pondoa. A las 15:00 (TL) empiezan lluvias fuertes con tormenta eléctrica cerca del volcán y también comienza a registrarse alta frecuencia en las estaciones de banda ancha de Ulba, Runtún, Bilbao, El Trigal y Patacocha, y en las de período corto Juive y Retu, asociada con flujos de lodo y lahares que descendieron por todas las quebradas del volcán. Se tuvo informes de lahares en las quebradas Romero, Bilbao, Pingullo, Pirámide (con bloques de 1 m de diámetro), Viejo Minero, La Alcantarilla, La Pampa, Mandur, Achupashal (con bloques de 2 m de diámetro), Mapayacu (grandes bloques represaron temporalmente el río Puela), Chontapamba. Debido a estos lahares, la vía Baños – Penipe quedó inhabilitada. Se avisó a todas las personas e instituciones competentes sobre la situación que ocurrió este día. Personal de turno en el OVT salió a inspeccionar las principales quebradas, a continuación se presenta fotografías de estos flujos y sus depósitos tomadas por Silvia Vallejo y por un voluntario de DC-Baños:



Figura 31. A las 21:31 desde el puente viejo sobre el R. Vazcún se observa que desciende un pequeño lahar (Foto: Delta 6-DC)



Figura 32. A las 22:30 todavía se observa descender agua lodosa en la Q. Mandur (Foto: S. Vallejo-OVT/IG)



Figura 33. Depósito dejado por el lahar en la Q. Achupashal (Foto: S. Vallejo-OVT/IG)

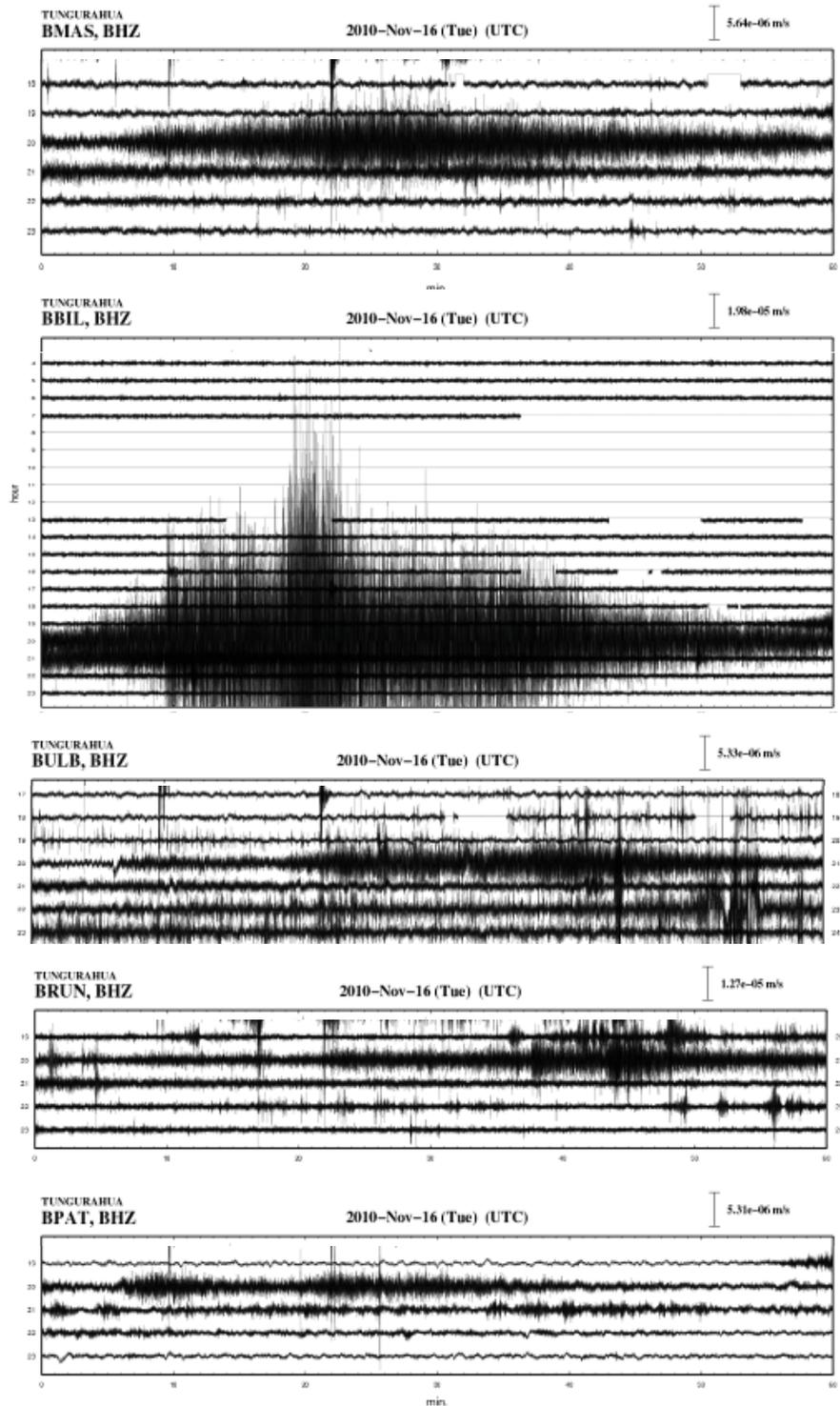


Figura 34. Señales de las estaciones sísmicas de banda ancha de RUN, ULB, PAT, MAS y BILB, donde se observan las señales de alta frecuencia asociadas con las fuertes precipitaciones y lahares ocurridos el día 16.

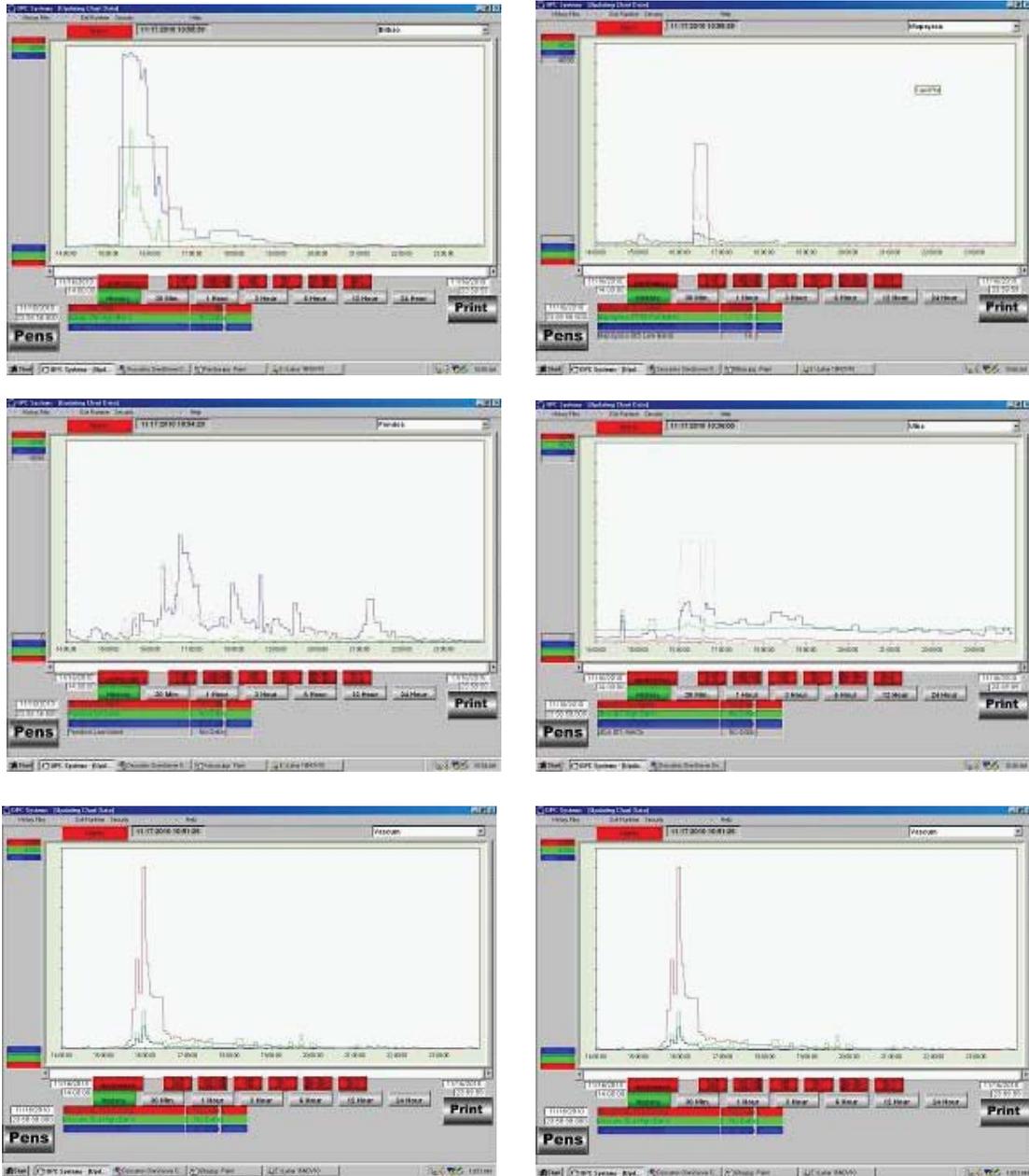


Figura 35. Gráfico de los valores de los AFM de Bilbao, Mapayacu, Pondoá, Ulba y Vazcún, registrados durante los lahares del 16 de Noviembre de 2010

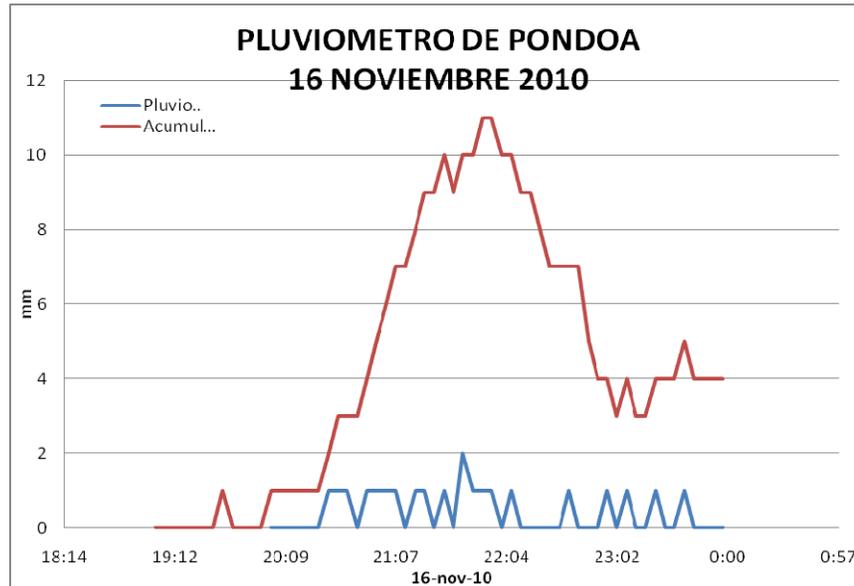


Figura 36. Lluvia acumulada en el pluviómetro de Pondoá durante el transcurso de los lahares.

Miércoles 17.

Desde las 16:25 (TL) comenzó a llover con alta intensidad en toda la región. A las 17:10 el AFM de la quebrada Mapayacu incrementó muy rápidamente sus valores y 30 minutos después el vigía de Palictahua informó que bajó un lahar con bloques de 0,8 – 1,0 m de diámetro y represó por un corto tiempo el río Puela. A las 17:31 se registró 13 mm de lluvia acumulada en P. de Pondoá y por la cámara web instalada en la quebrada Juive se observó el descenso de agua lodosa. Otros vigías reportaron flujos de lodo en las quebradas Achupashal, Mandur, Cusúa.

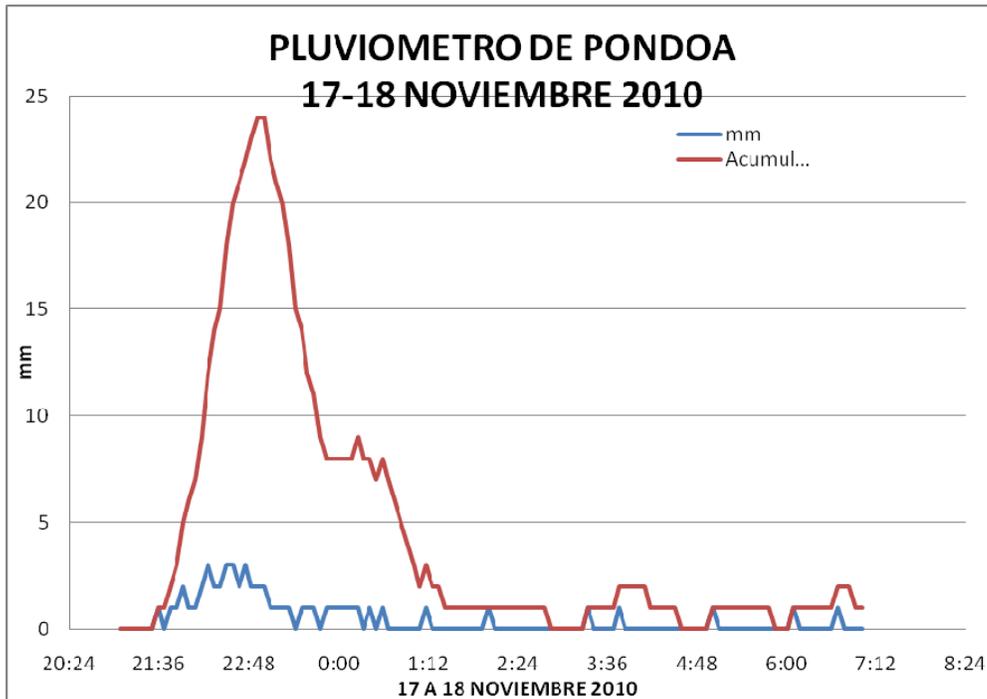


Figura 37. Lluvia acumulada en el pluviómetro de Pondoá durante los días 17-18.

Jueves 18.

El vigía de Juive Grande informó que descendió un lahar grande por La Alcantarilla con un caudal mayor que el río Vazcún, acarreando bloques menores que 25 cm.

Viernes 19.

A las 15:00 (TL) empezó a llover súbitamente de manera muy intensa (desde Runtún informaron caída de granizo). Instrumentos AFM de Pondoá y Vazcún registraron incrementos de caudales de agua lodosa. El río Vazcún acarreó pequeños bloques y troncos por lo que las personas que se encontraban en las piscinas de El Salado fueron movilizadas. Por las quebradas de Mandur y Achupashal también descendieron flujos de agua lodosa.

6. Conclusiones

En el mes de Noviembre, se observó un incremento de la actividad volcánica, la que empezó a finales de Octubre, y que fue registrado por la instrumentación de monitoreo volcánico. En hecho la ocurrencia de los sismos VT de Octubre (16) y Noviembre (12), se relacionan muy bien con los episodios inflacionarios registrados en los inclinómetros de RETU y BILBAO, como se ha observado en los episodios de Diciembre 2009- febrero 2010, Mayo-Junio 2010. Las manifestaciones en superficie ocurrieron en la segunda semana de Noviembre y se intensificaron a finales del mes, generalmente en un estilo eruptivo estromboliano-vulcaniano. La sismicidad total resultó en 306 eventos sísmicos, principalmente LPs y que representa 1.4 veces que lo registrado en el mes de Octubre,

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

Página Web: www.igepn.edu.ec; Correo Electrónico: geofisico@igepn.edu.ec
Dirección: Campus Ing. José Rubén Orellana - Calle Ladrón de Guevara E11-253
Apartado Postal 2759 - Quito - Ecuador



INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

donde el IAS cambia del Nivel 3 al Nivel 4 con tendencia ascendente. Las explosiones (361) y emisiones (188) generaron columnas eruptivas de variable altura, y alcanzaron un máximo de 5 km sobre la cumbre del volcán. El flujo diario de SO₂ tuvo un promedio de 608 t/d con una desviación estándar de 822 t/d. El valor máximo medido fue de 2629 t/d para el 27 de Noviembre, y el valor estimado de emisión de SO₂ en la atmósfera alcanza un valor de 18264 t de SO₂ (por 11552 toneladas en Octubre). Las cenizas y aerosoles fueron llevados en todas las direcciones, con una mayor frecuencia al Occidente, de esta manera se registró caídas de ceniza en: Ulba, Runtún, Baños, Juive, Cusúa, Cotaló, Pillate, San Juan, Bilbao, Chacauco, Cahujá, Choglontús, El Manzano, Puela, Penipe y Bayushig. Mientras que las zonas distales afectadas fueron: Puyo, Shell, Mera, Guano, Guadalupe, Patate, Pelileo, Quero, Cevallos, y Ambato.

El análisis de las cenizas y clastos en MEB indican un origen similar al evento vulcaniano del 28 de Mayo, que fue seguido por un episodio estromboliano. Así, las sobrepresiones generadas por los pequeños ascensos de magma a niveles poco profundos, 3-4 km bajo la cumbre, estarían interactuando con el sistema hidrotermal, recargado por las lluvias de los últimos meses, facilitando la generación de explosiones vulcanianas de origen freato magmático que abren el sistema y dan paso a erupciones de estilo estromboliano-vulcaniano.

El clima, por otra parte permitió realizar observaciones de la actividad volcánica, sin embargo dado que hay un nuevo aporte de material volcánico en la parte alta y las lluvias que han venido ocurriendo, es muy posible que se generen flujos de lodo por las quebradas del volcán y afecten las vías Baños-Penipe y Baños –Ambato, en el sector de La Pampa.

Finalmente, se espera que el volcán continúe su proceso eruptivo dentro de un escenario de actividad estromboliano-vulcaniano, donde no se descarta el incremento de la actividad y la posibilidad de generación de flujos piroclásticos. De otra manera, se espera una disminución paulatina de la actividad, que se observe en todos los parámetros de vigilancia volcánica.

Grupo de sismología

Guillermo Viracucha gviracucha@igeqn.edu.ec
Pablo Palacios ppalacios@igeqn.edu.ec
Liliana Troncoso ltroncoso@igeqn.edu.ec
Mónica Segovia msegovia@igeqn.edu.ec
Daniel Pacheco dpacheco@igeqn.edu.ec

Grupo de vulcanología

Gorki Ruiz gruiz@igeqn.edu.ec
Patricia Mothes pmothes@igeqn.edu.ec
Jorge Bustillos jbustillos@igeqn.edu.ec
Jorge Ordóñez jordonez@igeqn.edu.ec
Francisco Herrera 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



INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

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.

20 de Diciembre, 2010 – Quito/gr