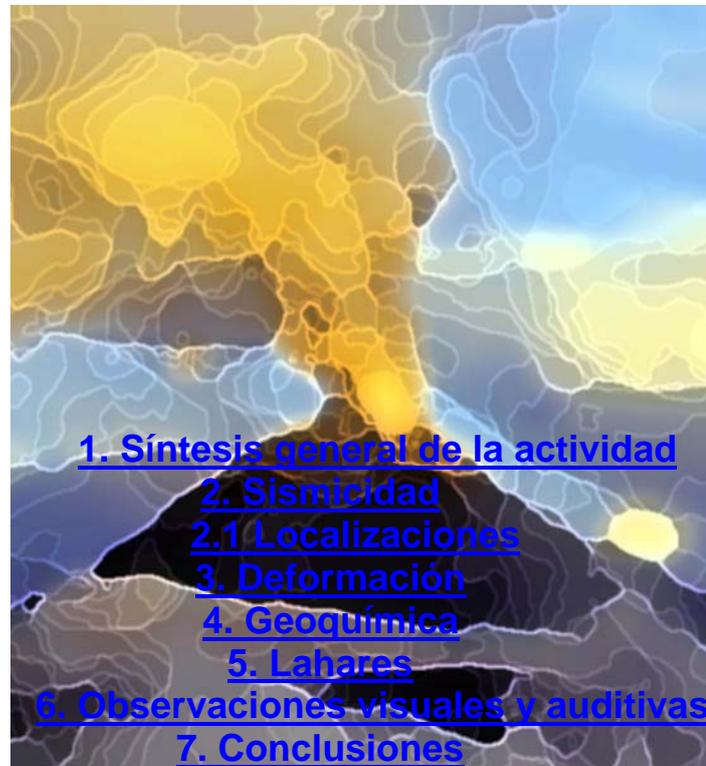




## Resumen Mensual

### Actividad del Volcán Tungurahua- Noviembre del 2004

Instituto Geofísico-EPN, Quito y OVT, Guadalupe



## 1. Síntesis General de la Actividad

Durante el mes de Noviembre, el Volcán Tungurahua, continuó experimentando un incremento en su actividad volcano-tectónica (VT) de carácter profundo y distal, sin que por ello se reflejara un cambio notorio en el dinamismo superficial del volcán. La actividad superficial del volcán se ha caracterizado por la presencia casi permanente de emisiones de gases, vapor y ocasionalmente ceniza. Además, ocurrieron pocas explosiones (+/- 3 eventos/día) de baja energía, los ruidos generados han sido denominados de tipo "jet" y los cañonazos provocados por las explosiones han sido moderados. Las nubes de ceniza generadas alcanzaron alturas entre 0.5 y 2.5 km sobre el nivel de la cumbre y fueron disipadas hacia el N, W, SW y SE del volcán. Se reportaron ligeras caídas de ceniza en Puela, Juive, Pondo y Baños.

Dentro de la sismicidad, se destacan los sismos VT ocurridos en la segunda semana de este mes, uno de los cuales tuvo una magnitud de 4.1 en la escala de Richter y fue sentido en los alrededores del Volcán. Estos eventos probablemente están relacionados con una nueva inyección magmática, que se presenta de manera similar a la ocurrida en el mes de Abril de este año. Las manifestaciones en superficie empezaron a ocurrir hacia el fin de Noviembre y se han caracterizado por un ligero incremento en el número de explosiones y emisiones. Cabe mencionar que el volcán mantiene una actividad con conducto abierto, lo cual facilita la salida de los gases y vapor. Las medidas de SO<sub>2</sub>, mediante el método de DOAS, arrojaron valores de al menos 409 ton/día. Dado que la pluma tomó un rumbo SSW en la mayor parte del



tiempo, es factible que este valor representa al menos un valor mínimo y que es coherente con el nivel de actividad volcánica.

## 2. Sismicidad:

**Tabla 1.** Resumen de las estadísticas de actividad sísmica registrada durante los últimos tres meses.

Fecha/ Semana	SISMICIDAD TOTAL	LP (Largo período)	VT (Volcano-tectónico)	Emisión	EXP (Explosiones)	HB (Híbridos)
01-07Nov	62	61	1	65	21	0
08-14Nov	52	42	10	13	11	0
15-21Nov	90	83	7	12	34	0
22-28Nov	72	68	4	28	22	0
<b>Total de Noviembre/04</b>	<b>304</b>	<b>281</b>	<b>23</b>	<b>119</b>	<b>92</b>	<b>0</b>
<b>Total de Octubre/04</b>	<b>404</b>	<b>390</b>	<b>14</b>	<b>168</b>	<b>53</b>	<b>0</b>
<b>Total de Septiembre/04</b>	<b>683</b>	<b>674</b>	<b>9</b>	<b>119</b>	<b>43</b>	<b>0</b>
<b>Total de Agosto/04</b>	<b>625</b>	<b>620</b>	<b>5</b>	<b>142</b>	<b>22</b>	<b>0</b>
<i>Promedio diario Noviembre/2004</i>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<i>Promedio diario Octubre/2004</i>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>0.5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<i>Promedio diario Sept/2004</i>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

En Noviembre del 2004 el número de eventos de largo periodo (LP) descendió a 304 eventos lo que es un decremento del 75% en comparación con el mes pasado (Tabla 1; Figs. 1a/b y 2).

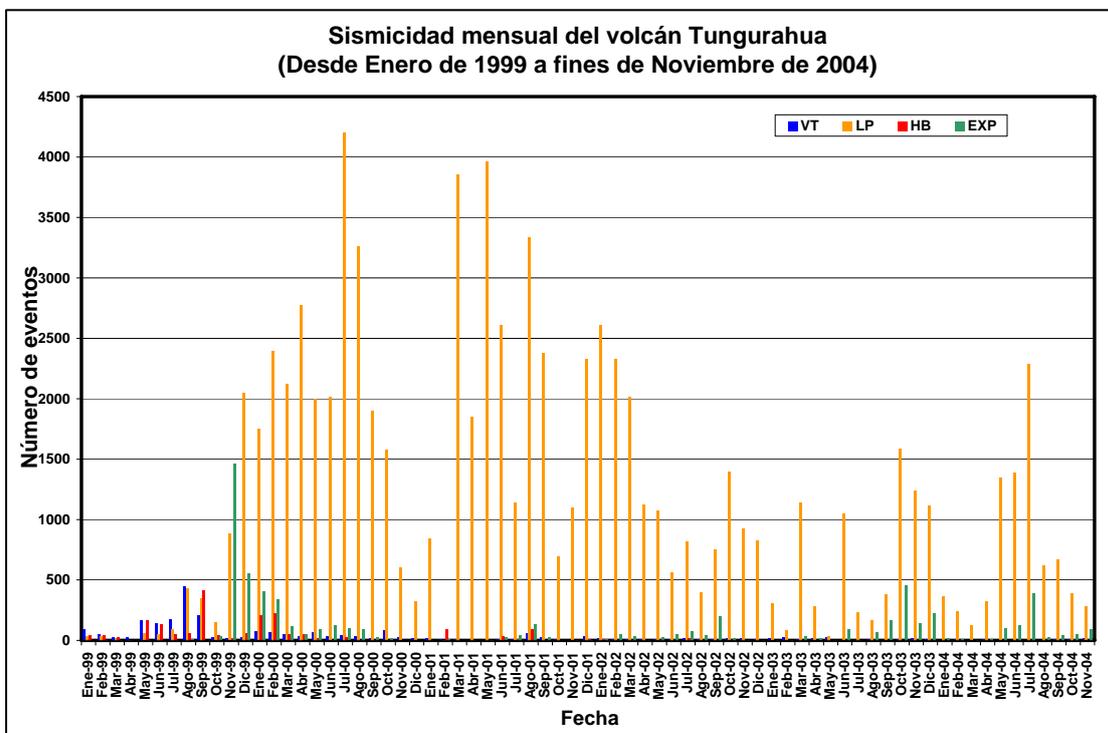
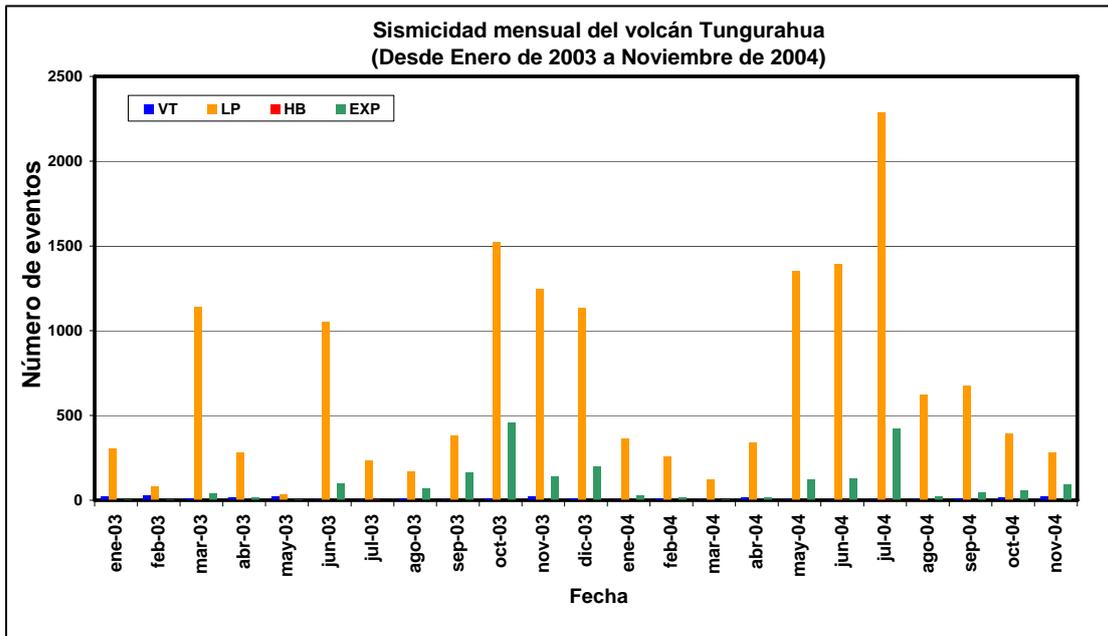
Por otra parte, los sismos VT tuvieron un nivel mayor en comparación con el mes de Octubre, registrándose 23 eventos, es decir, un número que es casi cuatro veces con respecto el mes de Agosto (Fig. 3). Parte de estos eventos al principio del mes fueron de carácter superficial y durante fines del mes de Noviembre fueron de más profundos y distales (más 6 de km de distancia respecto al cráter). Es importante mencionar que este incremento en la actividad VT se viene observando desde el mes anterior. Por otra parte, no se registraron eventos híbridos (HB).

El número de explosiones en Noviembre se incrementó a 58% con respecto al mes de Octubre, y continuó siendo 4 veces mayor de lo que ocurrió en el mes de Agosto del 2004 (Fig. 4). La energía de estas explosiones fue variable y disminuyó progresivamente, llegando a tener desplazamientos reducidos (DR) de hasta 9.3 cm<sup>2</sup> en la primera semana del mes (Fig. 5) y DR menores de 6 cm<sup>2</sup> en la última semana del mes (Fig. 7a).

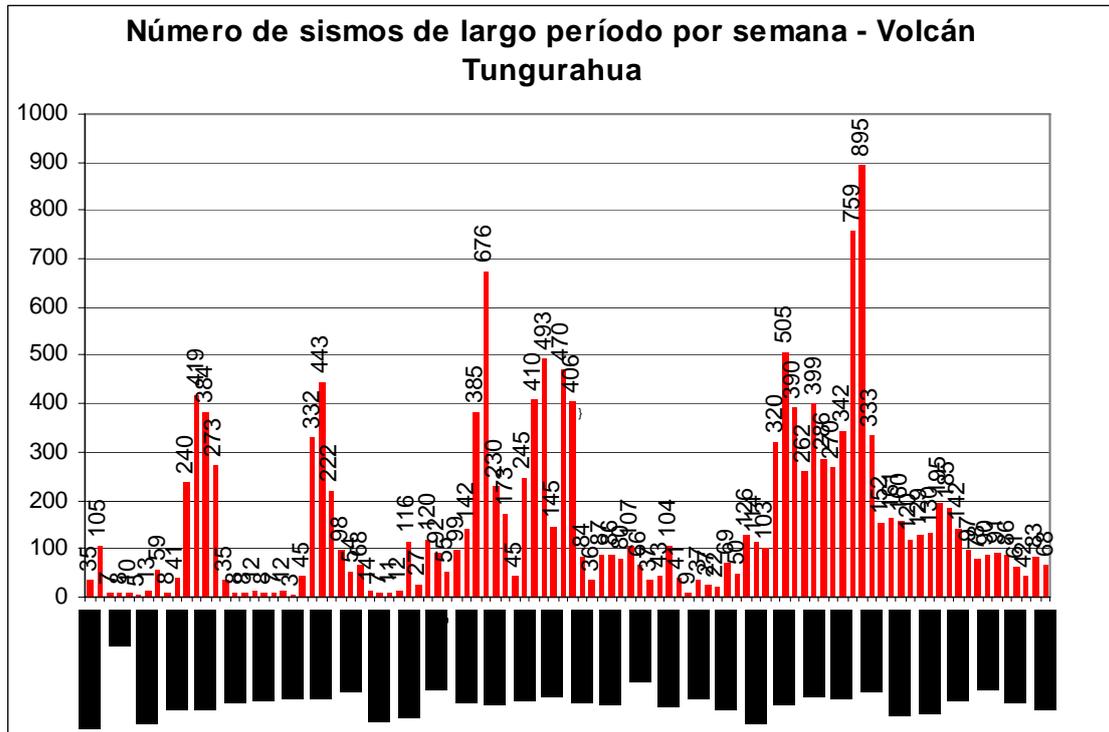
El número de emisiones disminuyó en un 71% en comparación con lo registrado en el mes anterior (Tabla 1). Respecto al mes de Agosto el número total de emisiones quedó en niveles similares (Fig 6) y en cuanto a energía los niveles alcanzados fueron similares a los de Marzo de 2004, época en la que la actividad del volcán fue baja (Figs. 7a y 7b).



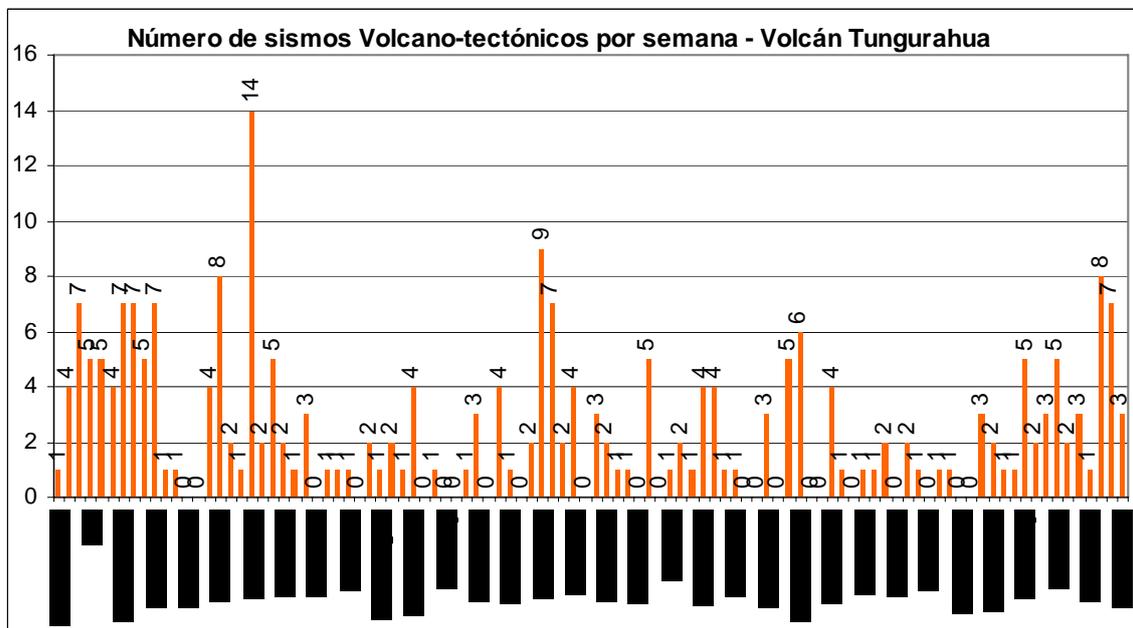
En resumen, durante el mes de Noviembre, los parámetros sísmicos y visuales tuvieron un nivel moderado a bajo, con una tendencia al incremento en la actividad VT desde el mes pasado. Durante el presente mes se presentaron 3 sismos de magnitud alrededor de 2.5, uno de magnitud 3.6 grados en la escala de Richter, el 19 de Noviembre a la 01h16 UT, localizado al NW a más de 10 km de la cumbre y otro de magnitud 4.1 en la escala de Richter, el 9 de Noviembre a las 12h27 UT, igualmente localizado al NW a más de 10 km de la cumbre. Esta actividad ha sido igualmente observada en periodos previos a episodios de mayor actividad en el volcán (ej. Actividad VT observada en Abril del presente año).



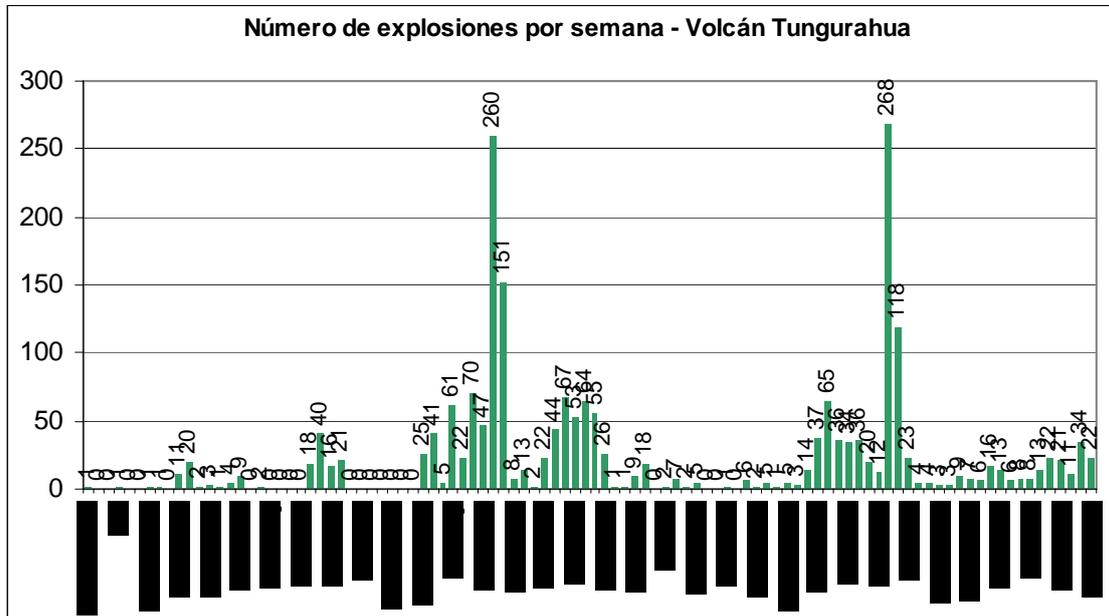
**Figura. 1a/b.** Número de sismos mensuales registrados en el Volcán Tungurahua, desde Enero de 2003 y 1999 respectivamente.



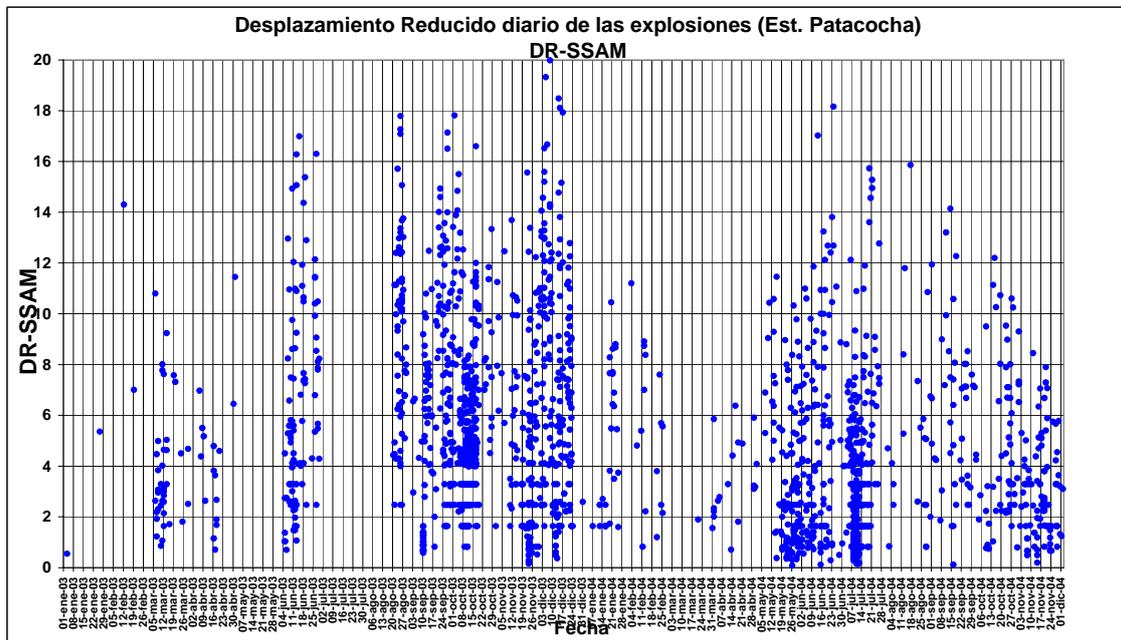
**Figura 2.** Número de sismos de largo periodo, semanalmente registrados en el Volcán Tungurahua, desde Enero de 2003.



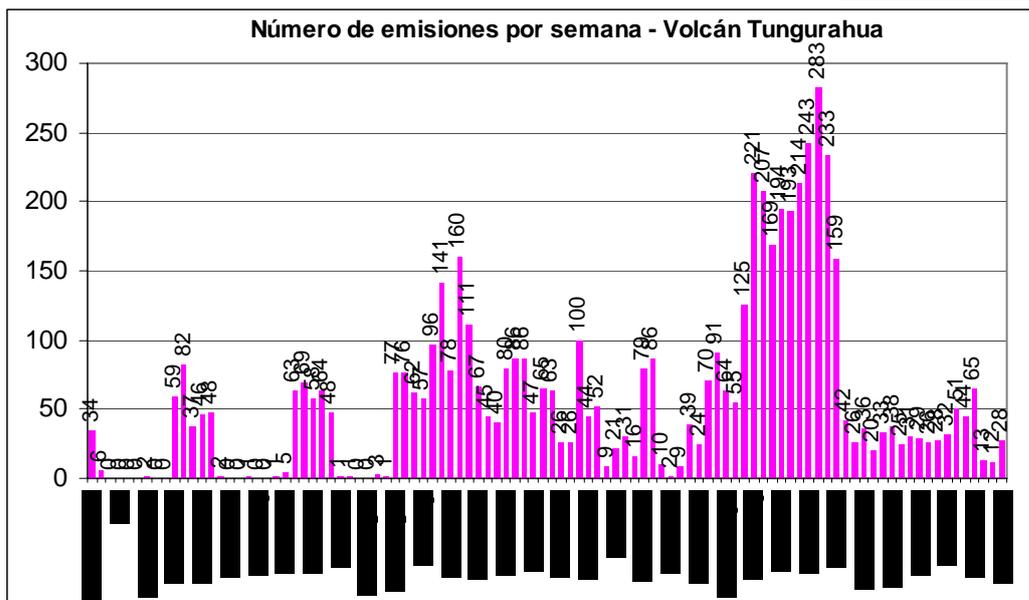
**Figura 3.** Número de sismos volcano-tectónicos, semanalmente registrados en el Volcán Tungurahua, desde Enero de 2003.



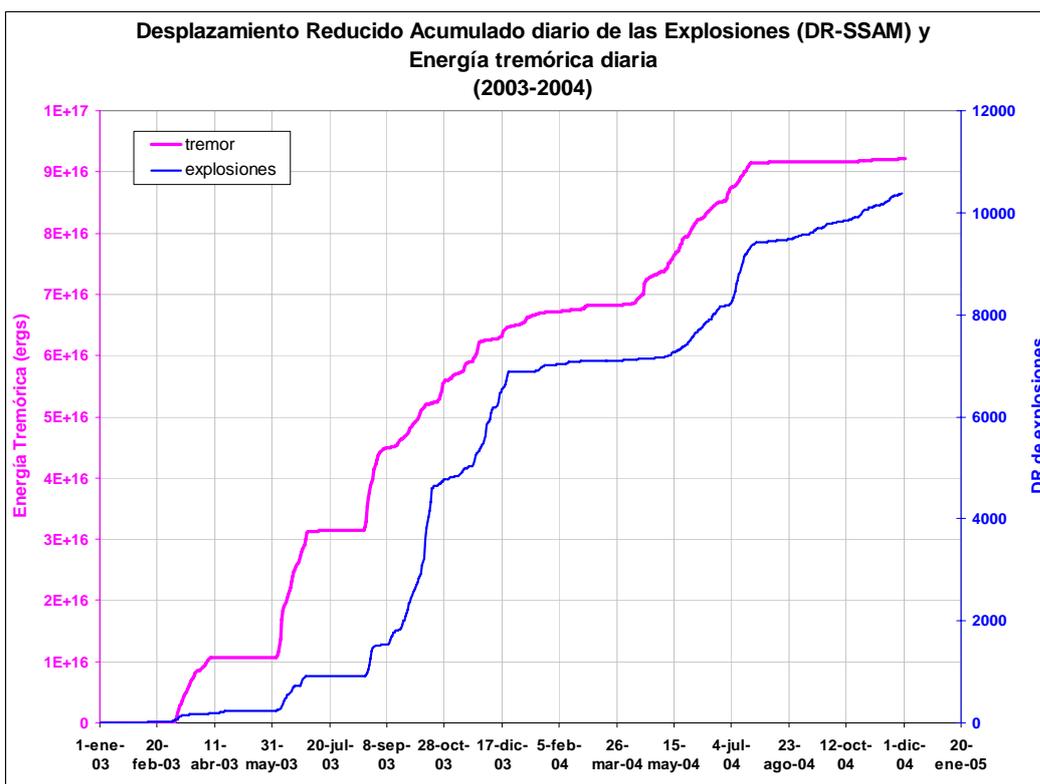
**Figura 4.** Número de explosiones, semanalmente registradas en el Volcán Tungurahua, desde Enero de 2003.



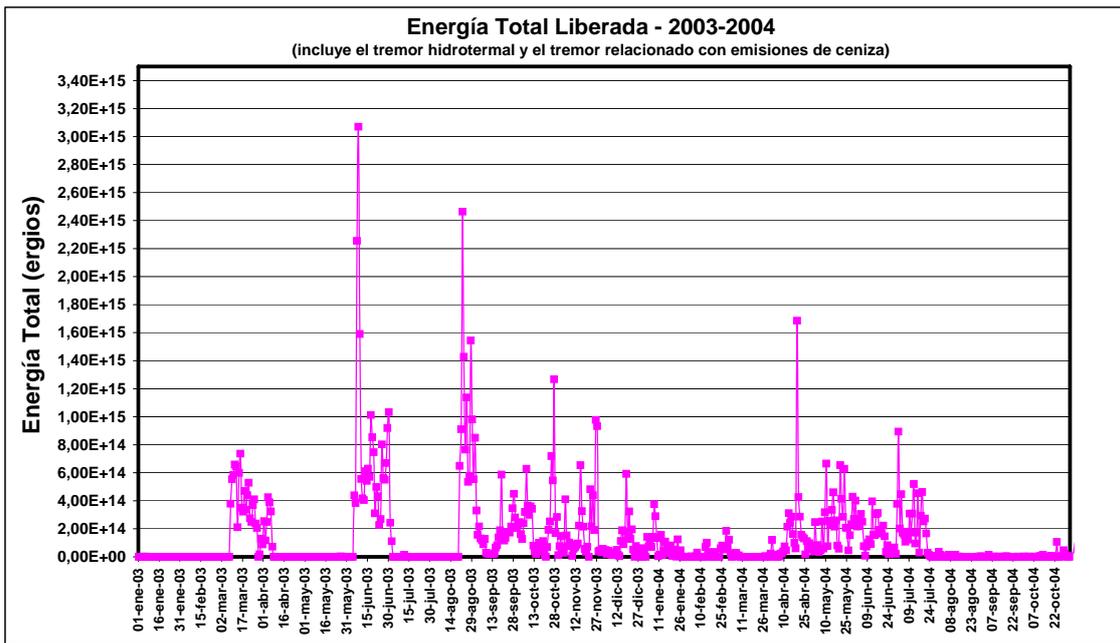
**Figura 5.** Desplazamiento reducido calculado para cada evento explosivo en el Volcán Tungurahua, desde Enero 2003.



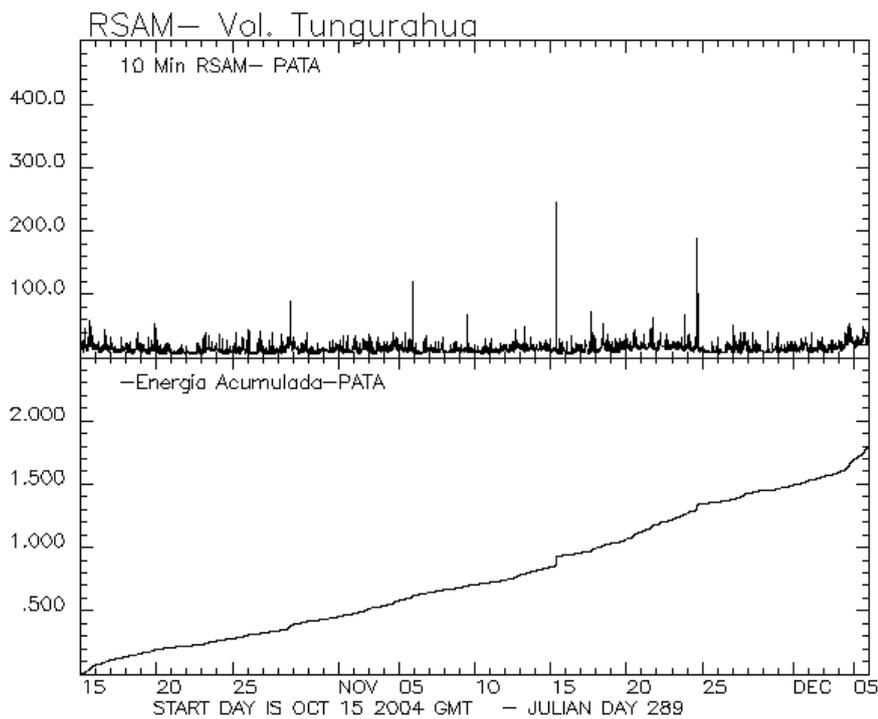
**Figura 6.** Número de señales de emisión, registradas semanalmente en el Volcán Tungurahua, desde Enero de 2003.



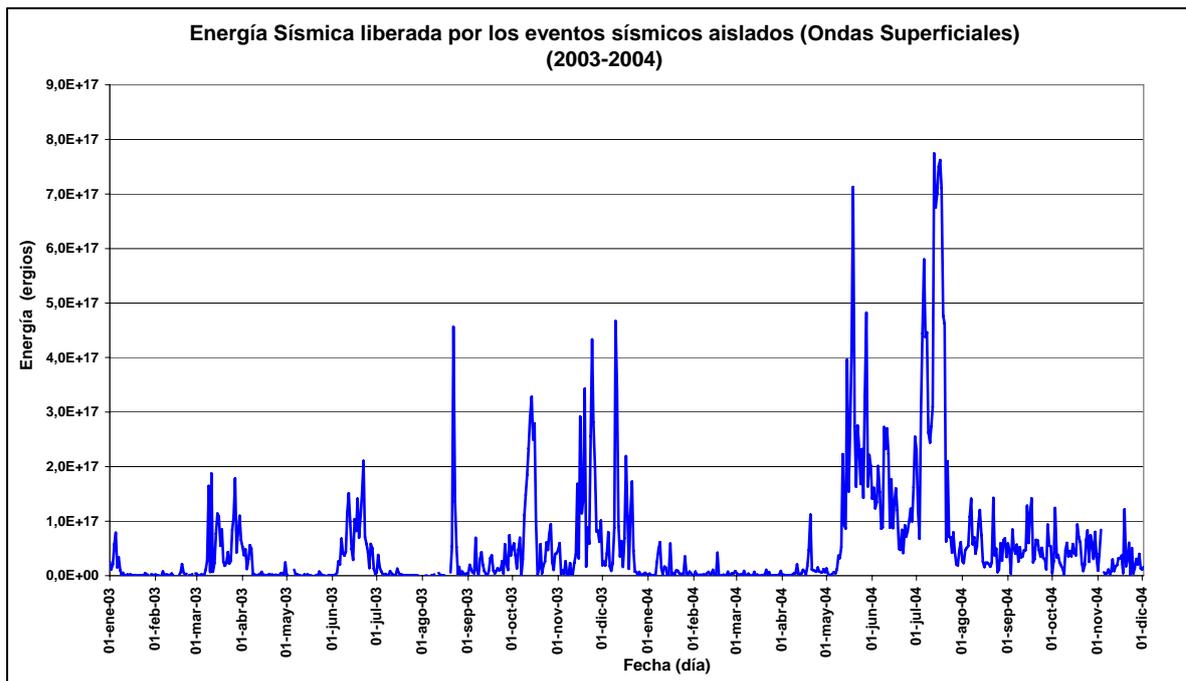
**Figura 7a.** Energía acumulada por el tremor volcánico y explosiones desde Enero 2003 hasta el presente. El tremor se encuentra relacionado con eventos de emisión de vapor, gases y ceniza. Los quiebres o “saltos” en la curva de energía se dan en los meses de Mayo y Julio de 2004 (correspondientes con periodos de alta actividad volcánica) y están seguidos por un periodo de baja liberación de energía entre Agosto y Octubre de 2004.



**Figura 7b.** Energía liberada por el tremor volcánico desde el 2003 (este tremor se encuentra relacionado con eventos de emisión de vapor y ceniza). Nótese que el último pico de actividad tuvo lugar en Abril de 2004. Posteriormente el nivel ha sido muy bajo. Los picos más grandes están precedidos de largos periodos de reposo.



**Figura 8a.** Energía sísmica liberada por el volcán en unidades RSAM. Observe el nivel de actividad baja-moderada durante el mes el Noviembre de 2004. Nota la escala baja.



**Figura 8b.** Energía calculada para eventos sísmicos aislados (mediante la ecuación de Lee et al., 1972). Observe la alta tasa de liberación de energía durante los meses de Mayo a Julio de 2004 (la misma que fue principalmente aportada por eventos de largo periodo de larga duración) y posteriormente la disminución de la energía en Agosto hasta Noviembre de 2004.

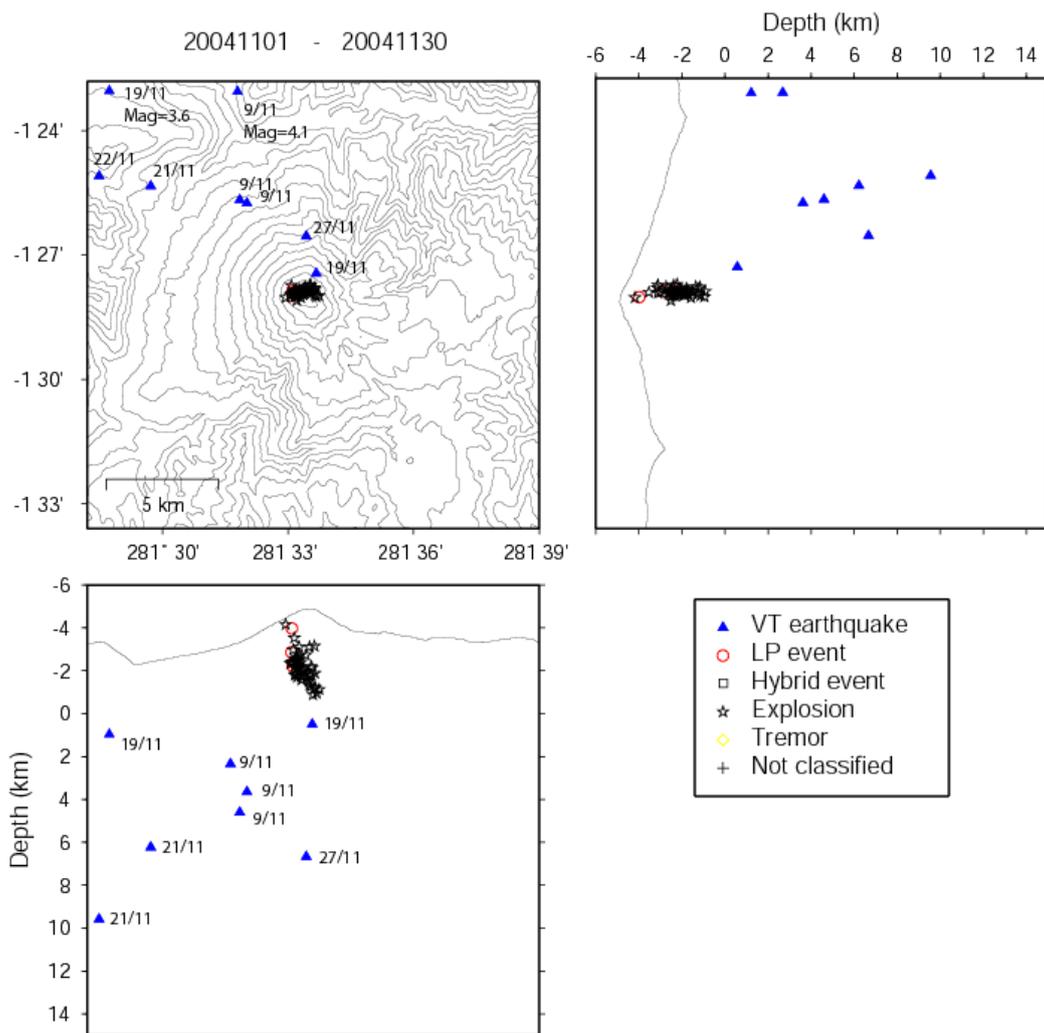
## 2.1 Localizaciones:

En la Figura 9 se presentan las localizaciones de los eventos sísmicos para el mes de Noviembre de 2004. Dichas localizaciones fueron obtenidas usando el nuevo modelo sísmico de velocidades en 3 dimensiones desarrollado para el Tungurahua.

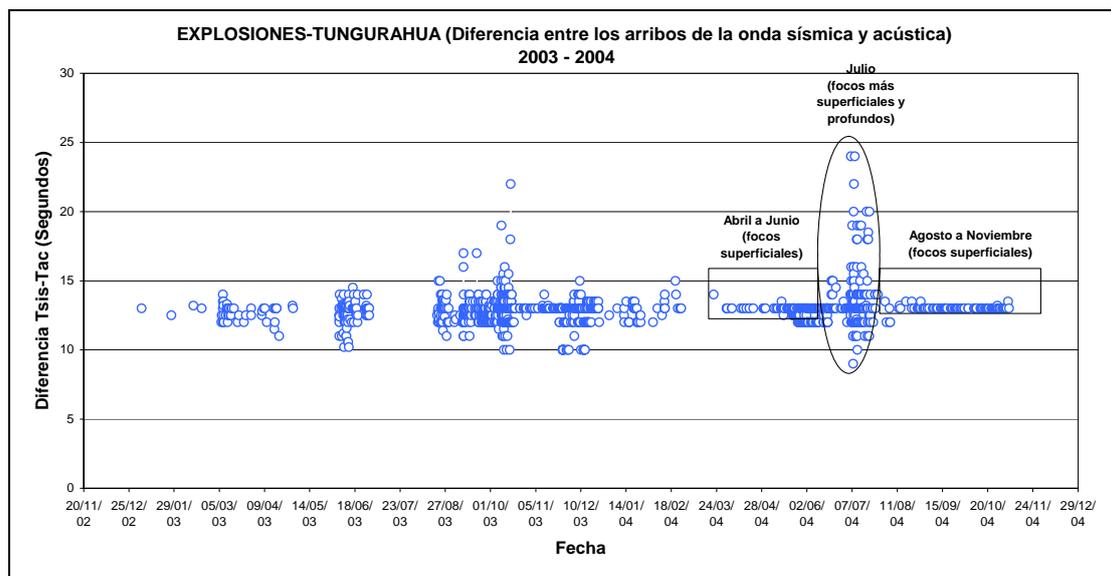
Se puede notar que la mayoría de los eventos localizados fueron explosiones y eventos LP, que se encuentran entre 2 y 4 km de profundidad bajo el cráter. Los eventos VT se localizaron principalmente en el flanco NW del volcán entre 5 y 15 de profundidad bajo el cráter. La tendencia general de estos eventos fue ser más profundos a fines de mes.

Con este nuevo modelo de velocidades se observa un mayor constreñimiento de los eventos tanto epicentral como hipocentralmente. Igualmente se puede observar que hay una mayor concentración de eventos tipo explosión a profundidades un poco similares a las observadas en el mes anterior (alrededor de 3 km de profundidad).

Se observa un cambio temporal en las profundidades de las explosiones desde el mes de Abril, el mismo que puede ser igualmente corroborado con la variación temporal de la diferencia entre el arribo de la onda acústica y sísmica de cada explosión (figura 10).



**Figura 9.** Localizaciones de los eventos sísmicos de Octubre 2004 usando un modelo de velocidades 3D de las ondas P.

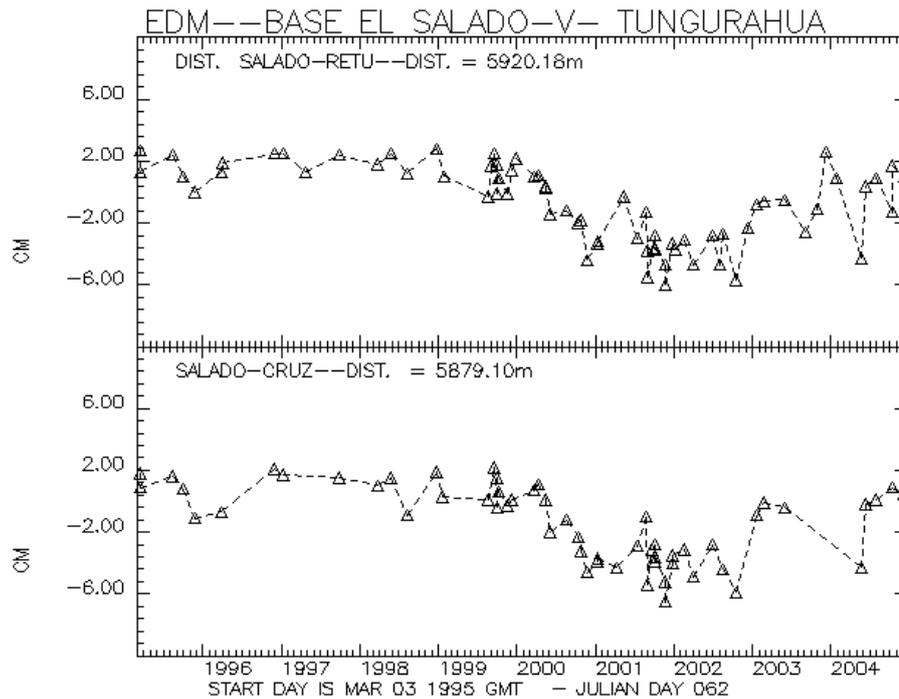


**Figura 10.** Diferencia de tiempo entre los arribos de la onda sísmica y acústica para cada explosión del Tungurahua (Septiembre de 2002 hasta Noviembre de 2004).



### 3. Deformación

Durante ésta temporada las medidas de realizado por el metodo EDM mostraron una continuación de un patrón que empezó en el principio de 2003. Se destaca que la distancia entre en base fijo y los dos prismas ubicadas arriba del refugio en el volcán, está alargándose poco a poco. Se interpreta estos cambios como una ligera deflación de este flanco del volcán, particularmente en la parte superior. Aunque no es posible comprobar, se cree que la apertura de la línea de los fumaroles (~13 orificios estimados), ubicados en el flanco NE-N del cono alto podría ser ayudando a disipar la presiones en este sector del cono (Ver Foto 1, este informe).



**Figura 10.** Registro inclinométrico de la estación JUIV5 del Volcán Tungurahua desde el 05 de Agosto de 2004 hasta fines de Noviembre de 2004.

### 4. Geoquímica

Durante el presente mes se midieron los niveles del  $\text{SO}_2$  con el método de DOAS y se obtuvo un caudal de 409 ton/día. Dicho valor es considerado como un mínimo, ya que la pluma de gases tomó un rumbo SSW en la mayor parte del tiempo, impidiendo tener medidas confiables. Los datos se presentan en la Figura 11.

Las medidas de las propiedades físico-químicas (pH, conductividad y temperatura) de las fuentes termales del Tungurahua muestran tendencias estables para el presente mes. Dichas medidas pueden observarse en las figuras 12, 13 y 14.

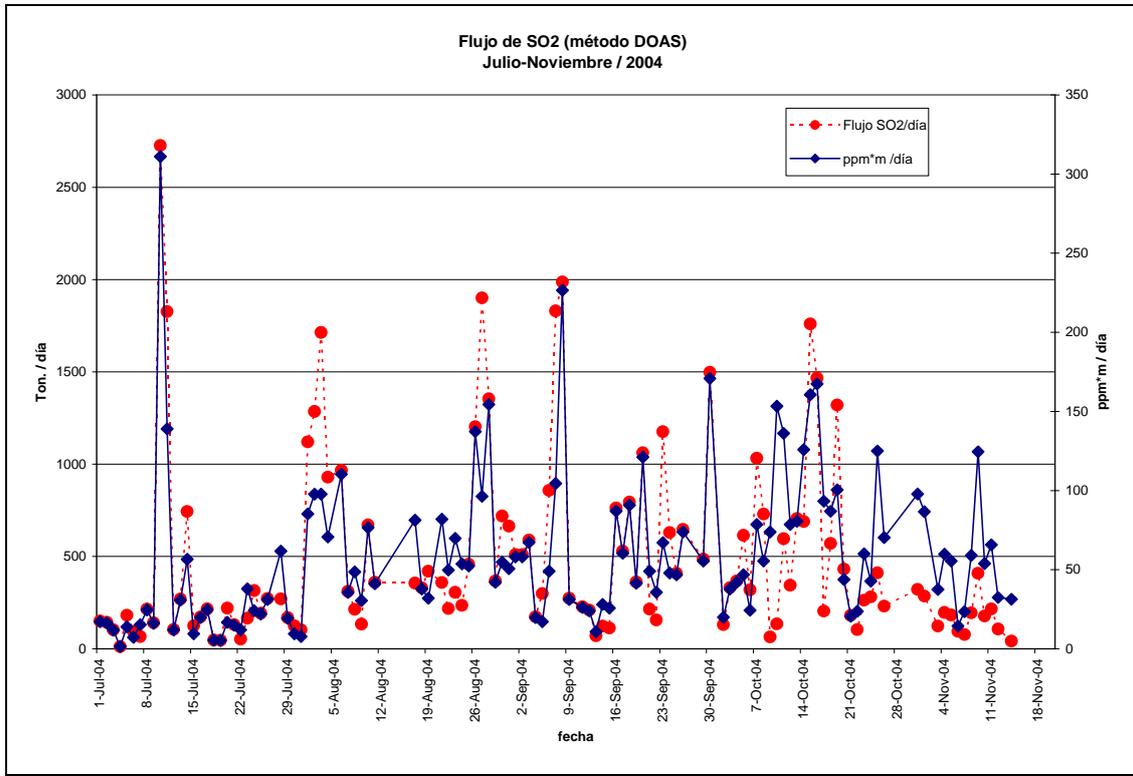


Figura 11. Datos de concentración y flujo de  $\text{SO}_2$  obtenidos mediante el método de DOAS entre Junio a Noviembre de 2004.

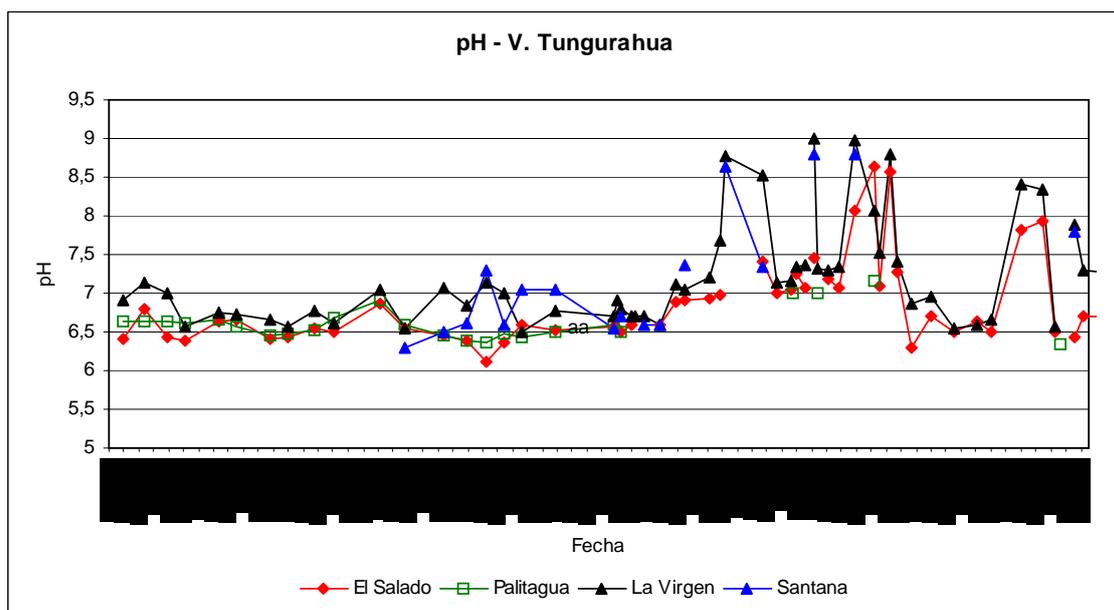
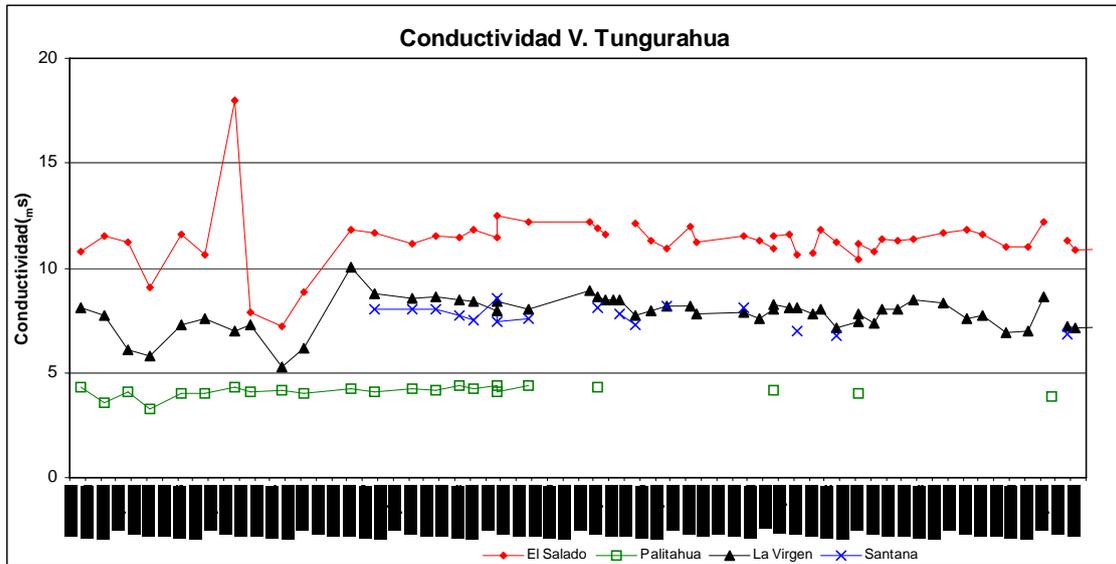
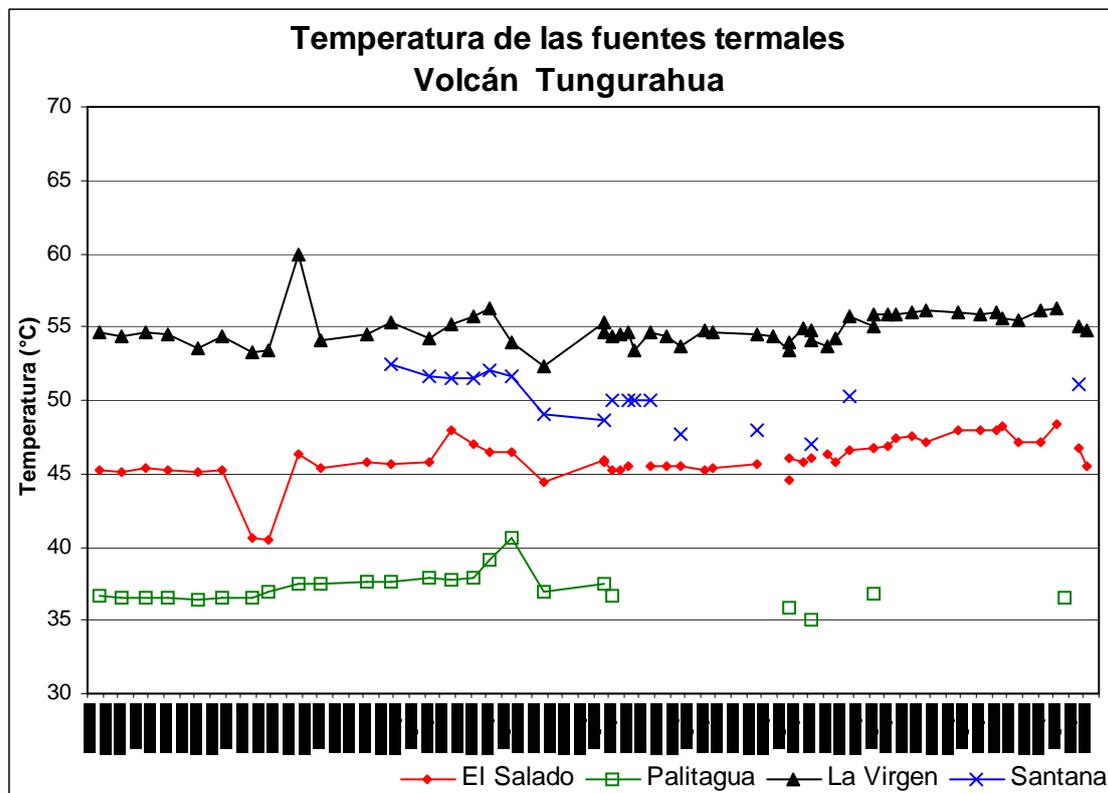


Figura 12. Variaciones del pH en las diferentes fuentes termales del Tungurahua.



**Figura 13.** Variaciones de la Conductividad en mS (micro siemens) en las diferentes fuentes termales del Tungurahua.



**Figura 14.** Variaciones de la Temperatura (en °C) en las diferentes fuentes termales del Tungurahua.



## 5. Lahares

Las continuas y fuertes lluvias en el sector propiciaron la generación de tres eventos laháricos. El primero de ellos ocurrió el día viernes 5, en la quebrada de Cusúa, lugar por el cual descendió agua lodosa. El segundo, fue un lahar de tamaño pequeño que descendió por la quebrada de Juive, el día miércoles 17, el mismo que quedó atrapado en la fosa de explotación de material pétreo de la minera que opera en La Pampa. Finalmente, el día jueves 18, nuevamente descendió un lahar de menor tamaño que el ocurrido el día anterior por la Quebrada de Juive.

## 6. Observaciones visuales y auditivas

Las condiciones climáticas durante el presente mes han sido bastante variables. En dos ocasiones el volcán permaneció completamente despejado, ventanas de buen tiempo han sido intercaladas con dos periodos cuyas condiciones atmosféricas fueron malas (con días nublados y lluviosos). Durante la última semana del mes, el volcán permaneció nublado en la mañana, pero se despejó en horas de la tarde y noche.

En este mes, la actividad superficial del volcán se ha caracterizado por la emisión casi constante de vapor, gases y una leve a moderada cantidad de ceniza. Por la noche y con la ayuda del visor nocturno, fue posible observar brillo a nivel del cráter y en pocas ocasiones se observaron bloques que fueron lanzados pocos metros de altura sobre el nivel del cráter para luego caer al interior del mismo. Sólo con la ocurrencia de explosiones, algunos bloques fueron expulsados fuera del cráter y rodaron varios cientos de metros pendiente abajo. La altura de la columna fue mayor respecto a la reportada el mes anterior. En promedio las columnas alcanzaron alturas entre los 500 y 1500 m, y en ocasiones 2500 m snc (sobre el nivel de la cumbre). La dirección de la pluma responde a la dirección predominante del viento, la misma que es controlada a su vez por la climatología local. En épocas de buen clima, la dirección de la pluma se dirigió hacia el N, al E y en pocas ocasiones al S y SE. En épocas de mal clima, la dirección de la pluma se mantuvo hacia el W – NW y en pocas ocasiones hacia el SW. Esta dirección variable de la pluma dio lugar a caídas de ceniza en varias poblaciones en los alrededores del volcán, por ejemplo: el martes 9 en Puela, el jueves 18 en Pondo, el viernes 19 en Juive, el sábado 27 en Baños y el domingo 28 en Puela.

Una característica importante de este mes, ha sido la fuerte actividad fumarólica observada en el flanco NE (ver foto). Debido a la gran cantidad de vapor y gases que han sido emitidos desde este campo de fumarolas, se ha llegado a formar una pequeña columna de vapor divisible desde el observatorio (ubicado a 15 km desde el volcán).

Se han escuchados bramidos de diversa intensidad, los que han sido asociados con las emisiones.

En términos generales, la actividad superficial del volcán ha permanecido en niveles moderados a altos.



**Foto 1.** Vista de las fumarolas en el flanco NE del volcán. Las fumarolas se encuentran ubicadas a 500 m desde el borde inferior de la cumbre (Tomada por P. Ramón, en Noviembre de 2002)

## 7. Conclusiones

Durante el mes de Noviembre de 2004, el volcán mostró un ligero incremento de la actividad con respecto al mes anterior. Este incremento consiste de la ocurrencia de sismos VT, que indican una nueva inyección de fluidos magmáticos y cuyas perturbaciones en superficie se comenzaron a manifestar hacia finales de este mes y lo más probable es que dentro del mes de Diciembre, principios de 2005, tendría más manifestaciones superficiales

Las explosiones pequeñas a moderadas, que alcanzaron hasta 2500 snc, y la presencia casi permanente de emisiones energéticas, hasta 1 km snc, serían el inicio del las manifestaciones superficiales de esta nueva inyección. Sin embargo se observa que la sismicidad en general fue 67 % menor en el número de eventos comparado con el mes anterior.

La actividad superficial es el reflejo de un ligero cambio en el volcán, ya que las emisiones fueron permanentes pero con poca carga de ceniza. Las explosiones tuvieron una tasa promedio de 23 eventos/semana y la energía liberada por cada explosión tuvo desplazamientos reducidos que las catalogan como pequeñas a moderadas principalmente. Asimismo, el flujo de gases fue bajo.

Para el mes siguiente se espera observar más señales relacionadas con movimientos de fluidos (presencia de eventos LP, pequeños enjambres-LP, explosiones y un incremento en la actividad tremórica) que sugieren un mayor incremento en la actividad superficial del volcán, como fue lo observado en el pasado mes de Abril, 2004.



Para mayor información dirigirse a:

Indira Molina            [imolina@igeptn.edu.ec](mailto:imolina@igeptn.edu.ec)  
Patricia Mothes        [pmothes@igeptn.edu.ec](mailto:pmothes@igeptn.edu.ec)  
Gorky Ruiz              [gruiz@igeptn.edu.ec](mailto:gruiz@igeptn.edu.ec)  
Guillermo Viracucha   [gviracucha@igeptn.edu.ec](mailto:gviracucha@igeptn.edu.ec)

Estos informes están 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).

Quito, 9 de Diciembre de 2004.