

RESUMEN ANUAL DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN TUNGURAHUA -2005-



1. <u>RESUMEN DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN DURANTE EL AÑO 2005</u>	2
2. <u>RESUMEN DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA DURANTE EL AÑO 2005</u>	3
3. <u>RASGOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD DEL TUNGURAHUA DURANTE EL 2005</u>	7
4. <u>LA ACTIVIDAD DEL 2005 DIVIDIDA EN 3 PERIODOS MAGMÁTICAS PRINCIPALES</u>	7
5. <u>OBSERVACIONES VISUALES</u>	11
6. <u>LA DISPERSION DE CENIZAS</u>	13
7. <u>SÍNTESIS DE LA DEFORMACIÓN</u>	15
8. <u>SÍNTESIS GEOQUÍMICA</u>	16
9. <u>SINTESIS TERMICA</u>	20
10. <u>SÍNTESIS DE LAHARES</u>	22
11. <u>HACIA EL FUTURO</u>	26



1. RESUMEN DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN TUNGURAHUA DURANTE EL AÑO 2005

INTRODUCCIÓN

Durante el presente año, el Volcán Tungurahua ha presentado unos 4 periodos de actividad, diferenciados principalmente por sus características sísmico-temporales y muy pocos cambios visuales (el volcán permaneció en un estado de desgasificación casi continua). La ocurrencia de sismos volcano-tectónicos y eventos de largo periodo fueron la característica principal previa al leve incremento en la actividad superficial del volcán; sin embargo vale la pena recalcar que la continua desgasificación del volcán enmascaró o impidió observar cambios relevantes en la actividad somital del volcán.

Desde el año 2002 ha sido notoria la disminución del número de eventos previo a una actividad magmática más intensa. Más bien se cree que volúmenes pequeños de fluidos magmáticos más calientes ascienden hacia la parte más superficial del volcán, sin causar mayor presurización en el mismo. Esto indica un sistema más abierto y caliente, sensible a pequeños ingresos de magma que pueden perturbar el sistema por un largo periodo.

Este año a pesar de la ocurrencia de sismos con magnitudes mayores a 4.0 en la zona de Pisayambo (35 km al norte del volcán), no se observó ninguna relación y consecuente incremento en la actividad del volcán.

Durante 3 ocasiones (febrero, agosto y diciembre) fue posible observar señales sísmicas asociadas con leves incrementos en la actividad superficial del volcán. Dichas señales fueron similares a las ocurridas en periodos previos de actividad en el volcán, pero fueron en menor número y menos energéticas. Estas señales se refieren a:

1. Ocurrencia de eventos volcano-tectónicos profundos y distales.
2. Aparición de un muy bajo número de eventos pertenecientes al enjambre-LP cuyos eventos individuales presentan frecuencias que oscilan alrededor de 3.8, 4.5, 6 y 7 Hz. Este enjambre es indicador de movimientos de fluidos directamente relacionados con el sistema de alimentación magmática.
3. Ocurrencia de eventos LP principalmente notables en la estación de JUIV5
4. Un incremento importante en la actividad tremórica y explosiva.
5. Aparición de tremor armónico.
6. Progresiva intensificación de sonidos similares a bramidos.
7. Generación de ondas expansivas (que hacen vibrar los vidrios de las ventanas) que acompañan tanto a bramidos como explosiones.
8. Un incremento en la actividad de largo periodo, ya no como enjambre propiamente dicho, sino más bien como eventos de largo periodo esporádicos y no constreñidos temporalmente. Esta actividad incluye tantos



eventos del enjambre-Lp que suele anteceder toda esta actividad así como eventos cuyas frecuencias se encuentran alrededor de 1.5 y 2 Hz.

2. RESUMEN DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA DURANTE EL AÑO 2005

Durante el presente año se observaron de manera general 4 periodos de actividad. En el primer semestre la actividad se caracterizó por una baja sismicidad, emisiones de gas y ceniza que fueron precedidas sin mayor actividad sísmica, ciclos variables de actividad volcano-tectónica, un bajo contenido de SO₂ y un periodo al comienzo del año en el que hubo actividad LP precediendo actividad tremórica. Durante el segundo periodo comprendido de Julio a Septiembre, la característica más prominente fue la ocurrencia de eventos volcano-tectónicos distales (a 10 km de distancia del cráter), actividad volcano-tectónica previa a la ocurrencia de eventos de largo periodo, eventos de largo periodo superficiales, emisiones poco energéticas y con bajos contenidos de ceniza, además de una baja tasa de emisión de SO₂. El tercer periodo de Octubre a Noviembre es considerado como una de las etapas de menor actividad durante el presente periodo eruptivo del volcán. En diciembre la actividad se incrementó luego de un pequeño enjambre de eventos de largo periodo.

A continuación se resumen los diferentes periodos de actividad durante el 2005 (en cursiva se indica el mes en el que se cree hubo un mayor aporte de fluidos magmáticos):

1. ENERO - FEBRERO - MARZO - ABRIL- MAYO - JUNIO

En resumen, durante estos meses los parámetros sísmicos y visuales tuvieron un nivel bajo. En el mes de Febrero se registró actividad LP precedente al incremento de la actividad tremórica del volcán. La actividad volcano-tectónica fue variable teniendo ciclos de incremento desde Febrero a Marzo, y decrementos de abril a junio. La emisión de gases fue casi continua y de manera pulsátil, por lo cual se considera que el conducto del volcán estuvo sin mayor presurización. Los datos de deformación no han mostrado variaciones y el contenido de SO₂ ha sido bajo.

La actividad durante este periodo corresponde con un sistema abierto y sin energía en el que las emisiones de gases con una poca cantidad de ceniza ocurren de una manera súbita. Se cree que de haber ingresado magma al sistema (entre Octubre y Diciembre del 2004), éste tuvo que ser muy pequeño y desgasificado.

2. JULIO - AGOSTO - SEPTIEMBRE

El nivel de actividad durante el mes de Julio de 2005 ha sido bajo y la sismicidad se caracterizó por sismos pequeños volcano-tectónicos/tectónicos locales ubicados a más de 10 km de distancia del cráter y LP's muy superficiales. En agosto un leve incremento del número de sismos volcano-tectónicos, el mismo que precedió un incremento en el número de eventos LP muy superficiales y algunas emisiones a mediados del mes. En septiembre el número de eventos sísmicos disminuyó nuevamente. Adicionalmente, las emisiones fueron poco energéticas y con bajos contenidos de ceniza. Los datos de deformación no mostraron variaciones y el contenido de SO₂ ha sido bajo.

3. OCTUBRE- NOVIEMBRE

El nivel de actividad durante el mes de Octubre de 2005 ha sido uno de los más bajos registrados en el actual periodo eruptivo. La sismicidad ha sido caracterizada por el descenso de la sismicidad con respecto al mes de Septiembre. El nivel de actividad durante el mes de Noviembre de 2005 ha mostrado un ligero incremento de la actividad volcánica, sin embargo esta actividad se encuentra en niveles considerados como bajos en el actual periodo eruptivo. La sismicidad ha sido caracterizada por un pequeño incremento de la sismicidad LP y VT con respecto al mes de Octubre. Las emisiones en general fueron poco energéticas y con bajos contenidos de ceniza. Los datos de deformación no han mostrado variaciones y el contenido de SO₂ ha sido bajo. De esta manera el volcán muestra una continua disminución de la actividad volcánica.

4. DICIEMBRE:

El nivel de actividad durante el mes de Diciembre de 2005 continúa mostrando niveles considerados como bajos en el actual periodo eruptivo; sin embargo 1 evento VT el 21 de diciembre y un enjambre de eventos LP el día 28 fueron las principales manifestaciones sísmicas que precedieron el incremento en la actividad explosiva del volcán. En general la presente actividad del volcán indica el bajo aporte/desgasificación de gases magmáticos, el mismo que fue levemente perturbado el día 28 de diciembre, cuando se cree hubo un pequeño ingreso de fluidos magmáticos más calientes que incrementaron levemente la actividad en el volcán, generando un mayor número de eventos tipo explosión.

Las emisiones en general fueron poco energéticas y con bajos contenidos de ceniza, y estuvieron asociados con ruidos y bramidos de baja intensidad. La presencia de brillo en el cráter indica que el conducto volcánico se encuentra abierto, permitiendo la salida permanente de gases a temperaturas magmáticas (+/- 300 °C). Los datos de deformación no han mostrado variaciones y el contenido de SO₂ ha sido bajo.

A continuación se muestran las localizaciones efectuadas durante los diferentes meses del presente año:

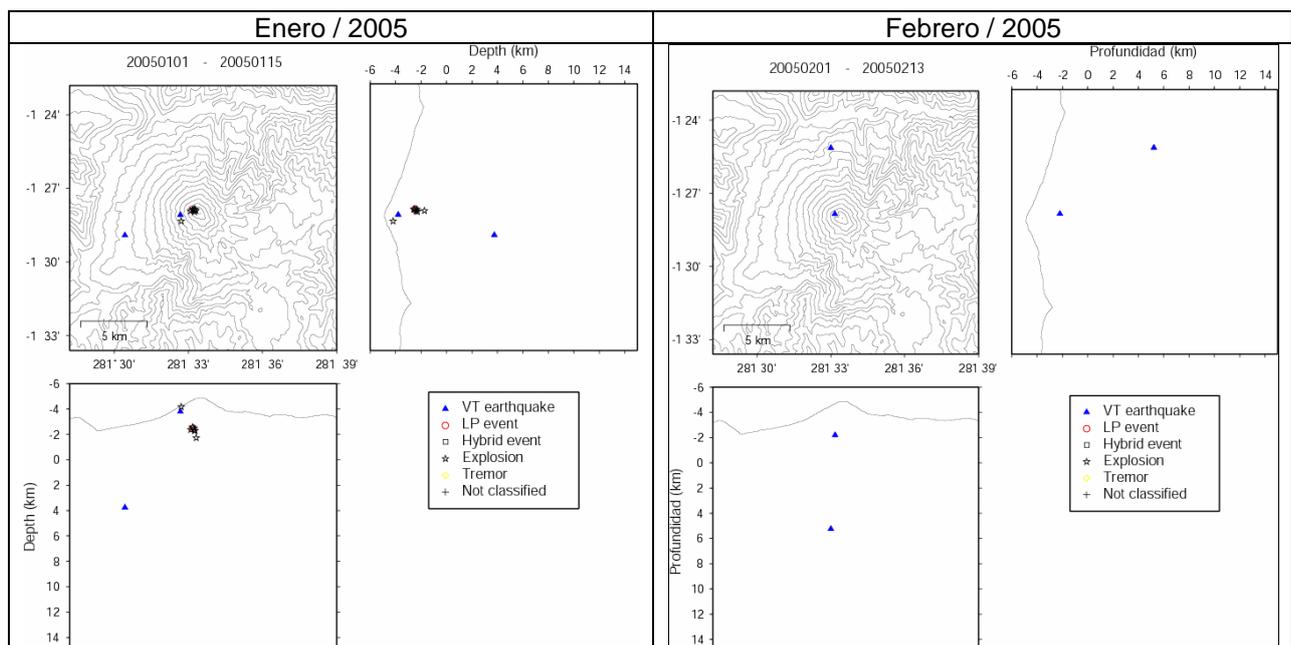


Figura 1-a. Localización de eventos volcánicos en Enero y Febrero. Nótese la gran dispersión en los hipocentros debido a la falta de lecturas de fases sísmicas en las estaciones AREV y RETU.

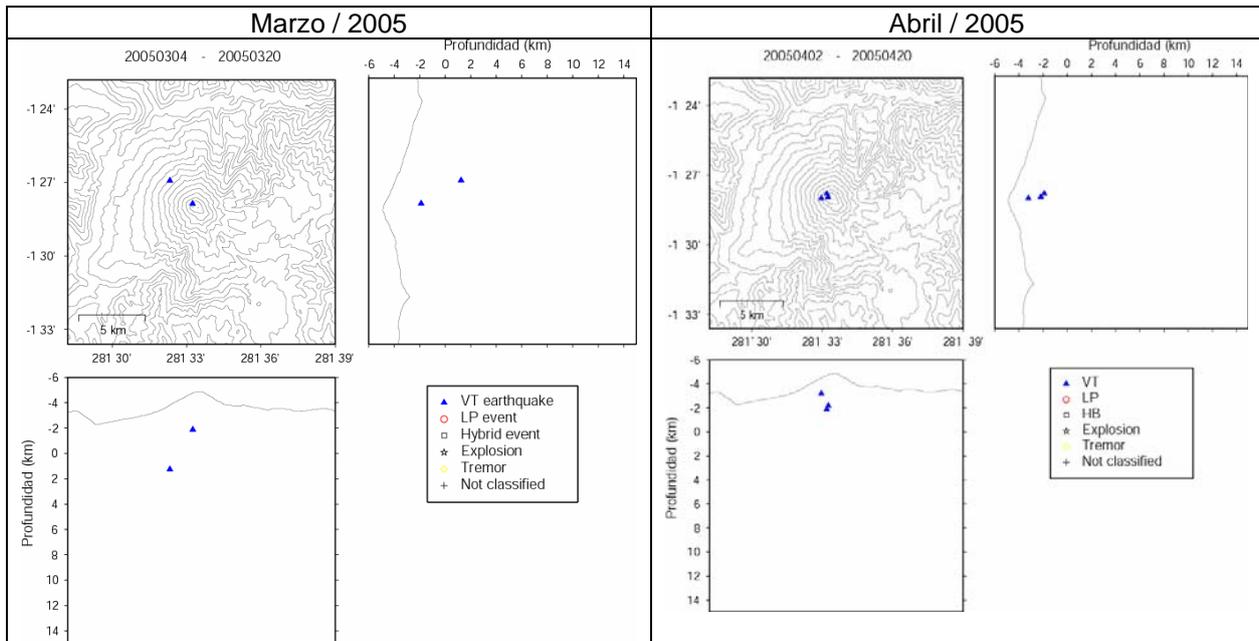


Figura 1-b. Localización de eventos volcánicos en Marzo (Nótese la gran dispersión en los hipocentros debido a la falta de lecturas de fases sísmicas en las estaciones AREV y RETU) y Abril.

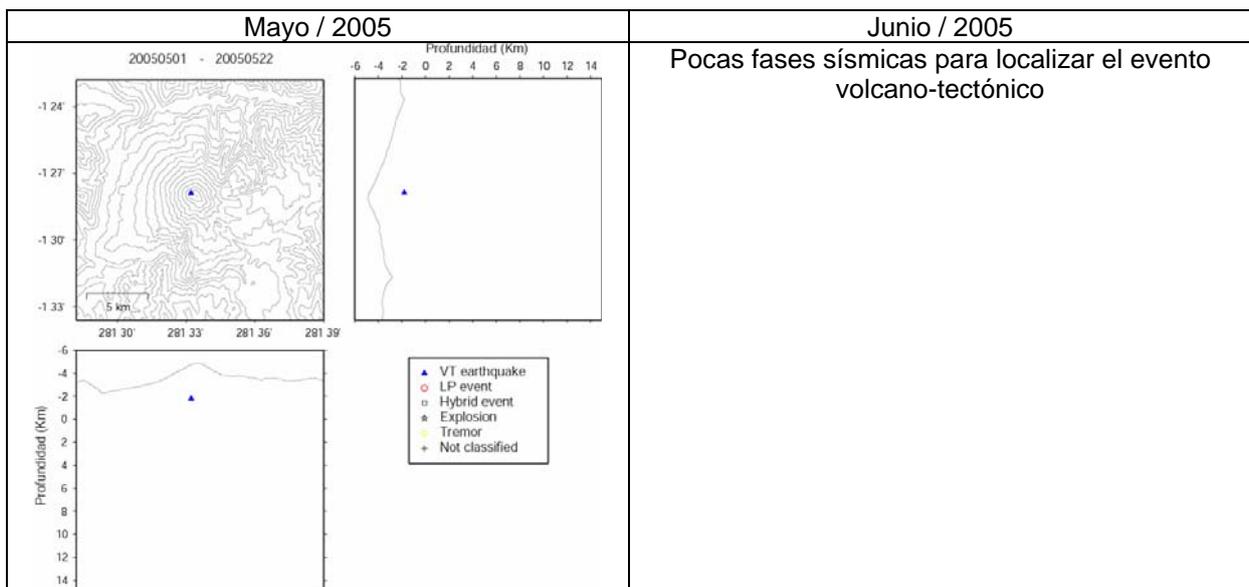


Figura 1-c. Localización de eventos volcánicos en Mayo y Junio

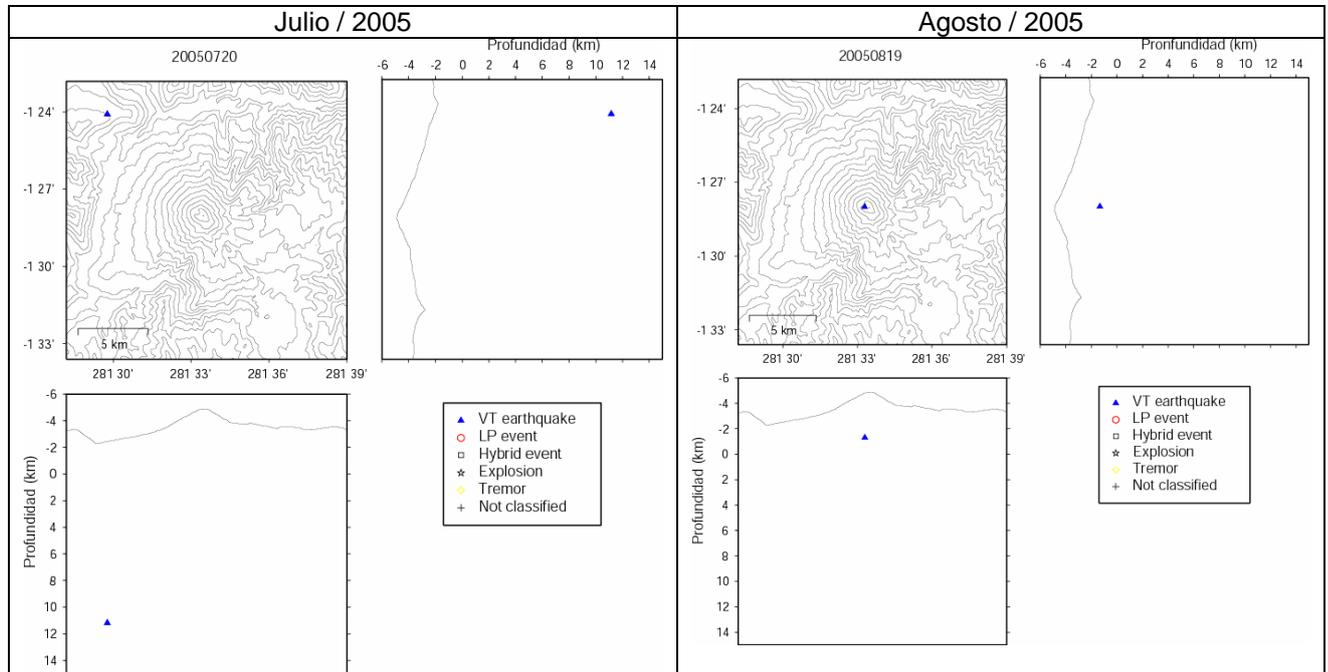


Figura 1-d. Localización de eventos volcánicos en Julio y Agosto

Septiembre / 2005	Octubre / 2004
Debido a que los eventos registrados fueron pocos y muy pequeños, no se realizaron localizaciones de eventos sísmicos durante el presente mes.	En el presente mes se detectaron 2 sismos volcano-tectónicos, que debido a las pocas fases sísmicas y arribos emergentes no fueron posibles localizarlos adecuadamente. Posiblemente dichos eventos se localizaron al SWW del volcán, en una zona donde no hay cobertura de la red sísmica de estaciones.

Noviembre / 2005	Diciembre / 2005
En el presente mes se registraron eventos de largo periodo, cuyos arribos sísmicos fueron emergentes y por lo tanto no se pudieron localizar. Los eventos volcano-tectónicos se registraron únicamente en 1 o 2 estaciones, lo que imposibilitó su localización.	En el presente mes no fue posible determinar las localizaciones de los eventos volcánicos debido a fallas técnicas en la transmisión de las señales.



3. RASGOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD DEL TUNGURAHUA DURANTE EL 2005

La actividad durante el presente año fue muy poco energética, sin un escalonamiento progresivo en los parámetros tanto sísmicos como visuales. El parámetro común previo a un leve incremento en la actividad del volcán fue la ocurrencia de eventos de largo periodo y en una ocasión la actividad volcano-tectónica que a su vez antecedió la actividad de largo periodo. En general hubo una variación cíclica de la actividad volcano-tectónica sin que ello se mostrara como sismicidad previa al incremento de la actividad superficial del volcán; sin embargo la combinación de actividad volcano-tectónica y de largo periodo fue una característica observada en agosto y diciembre.

Con la presente actividad, se cree que el conducto del volcán está más abierto, caliente y plástico. La actividad sísmica previa a un incremento de la actividad superficial del volcán es baja tanto en número de eventos como en sus energías y prácticamente se observó una emisión constante de gases y ceniza durante todo el año.

En cuanto a mediciones del espesor de ceniza depositado en los sectores de Cusúa y en el Cerro de Iqualata, se encontró capas de ceniza con espesores de alrededor de 2 mm, máximos.

Con las condiciones actuales del volcán, los pequeños volúmenes de magma que ingresan al conducto o al sistema más superficial del volcán, conllevan a que el presente proceso se prolongue por mucho más tiempo, siendo casi ininteligible el comienzo de un nuevo ciclo de mayor actividad. Sin embargo, vale la pena recalcar que aún se continúan observando aunque en muy bajo número y energía los siguientes elementos:

- Eventos de largo periodo (enjambres-LP con eventos individuales cuyas frecuencias dominantes son alrededor de 1.5, 2, 4 y 7 Hz).
- Incremento de la actividad tremórica
- Emisiones más frecuentes de gases y ceniza

Un elemento que puede o no acompañar un incremento en la actividad superficial del volcán es:

- Eventos sísmicos volcano-tectónicos profundos y distales del cráter.

4. LA ACTIVIDAD DEL 2005 DIVIDIDA EN 3 PERIODOS DE MAYOR ACTIVIDAD MAGMÁTICA

El seguimiento de los patrones sísmicos y visuales (eventos VT y LP, explosiones, actividad estromboliana y/o fuentes de lava) durante estos 6 años de actividad en el Tungurahua han permitido definir 3 periodos de mayor actividad magmática o



periodos en los cuales se cree que hubo una mayor componente magmática. Estos periodos se intensificaron en las siguientes fechas:

1. Los días 19, 20 Y 21 de **Febrero**.
2. Del 15 al 17 de **Agosto**.
3. El 28 de **Diciembre**.

En la figura 1a, se señalan los meses en los que se piensa hubo una mayor actividad magmática en el 2005. Estos periodos no coincidieron con picos de actividad sísmica, pero lo que si es notorio, es un leve incremento en el número de eventos de largo periodo, volcano-tectónicos y emisiones (figura 1b), pero con un número y energía mucho menores a lo registrado en los años anteriores.

La actividad tremórica fue un indicador esencial de la ocurrencia de una mayor actividad magmática (figura 2-a). Se observaron que los leves incrementos de la actividad tremórica en Febrero y Agosto estuvieron precedidos por cortos periodos de actividad sísmica relacionados con intrusiones magmáticas. Igualmente la aparición de estos signos indicadores de intrusiones se hicieron presentes incluso durante y un poco después de un ciclo de actividad tremórica como fue lo ocurrido a fines del 2004 y principios del 2005. Asimismo los periodos de actividad tremórica estuvieron temporalmente cercanos con las caídas de ceniza reportadas principalmente en agosto (figura 2-b). Sin embargo, se puede notar que prácticamente el volcán permaneció en un estado de desgasificación continua, en lo que se le ha denominado un nivel de alerta 2 (caída de ceniza no solamente en los flancos del volcán sino en varias poblaciones cercanas al mismo). Este tipo de comportamiento ha sido característico durante los últimos años probablemente como resultado de un sistema abierto en el que la salida de gases y ceniza se hace sin causar una resonancia (vibración) tan intensa.

De manera general, se puede notar que entre Febrero y Diciembre de 2005, la liberación de energía tremórica por día fue muy baja y con una tasa muy similar a la presentada en el 2000 cuando la actividad del volcán fue muy baja (figura 2-c).

En la figura 2-c, se presenta la energía liberada (desplazamiento reducido (DR)) por cada explosión. Se pudo notar que básicamente entre Enero y Diciembre se presentaron explosiones esporádicas de tamaños moderados. Aunque en el presente informe no se presenta, en el 2006 se intensificó la ocurrencia de este tipo de eventos. La energía liberada por el tremor y las explosiones fue muy baja sin mostrar cambios notorios durante todo el año.

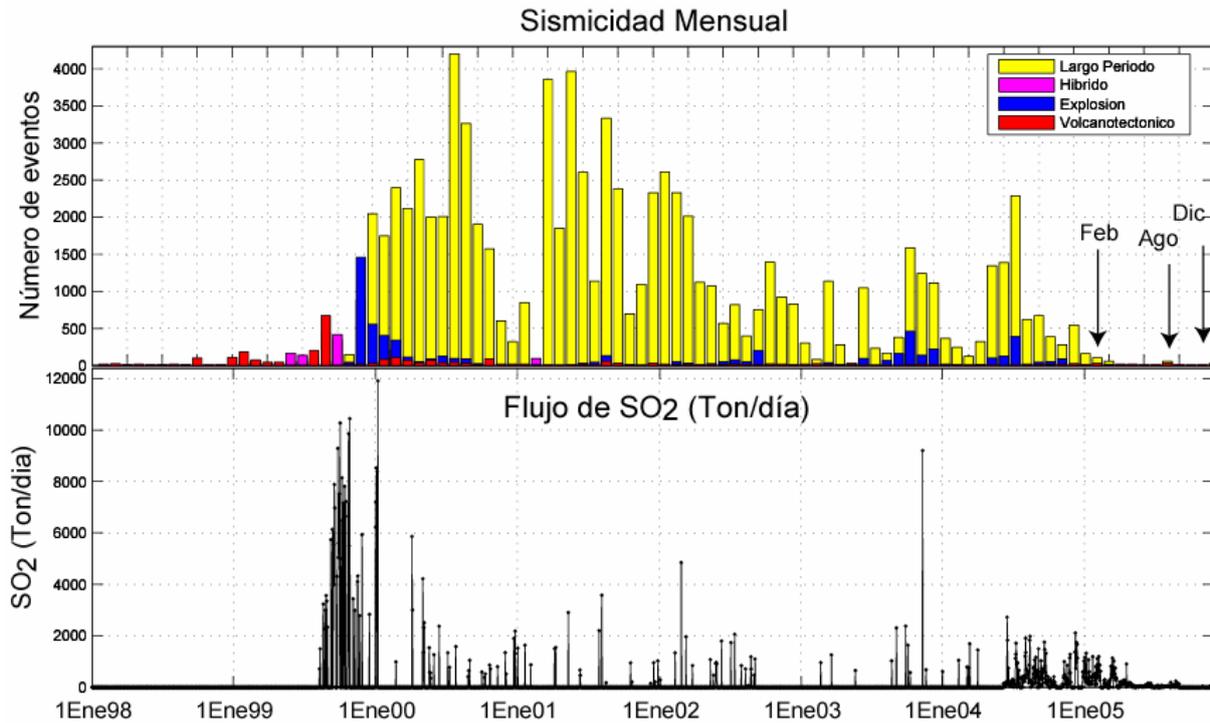


Figura 1a. Número de sismos mensuales registrados en el Volcán Tungurahua y flujo de SO_2 diario medidos mediante el método Cospec hasta julio de 2004 y luego mediante el DOAS. Los picos señalados con las flechas indican los periodos asociados con una mayor actividad.

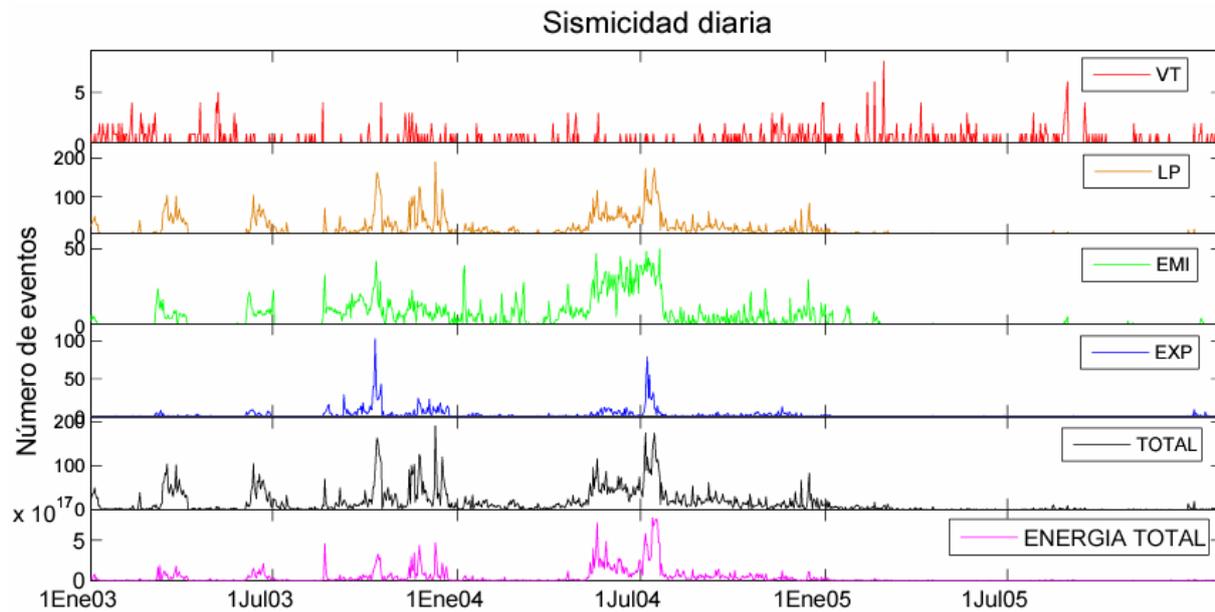


Figura 1b. Número de sismos diarios registrados en el Volcán Tungurahua y energía diaria liberada por eventos sísmicos aislados (VT,LP,HB).

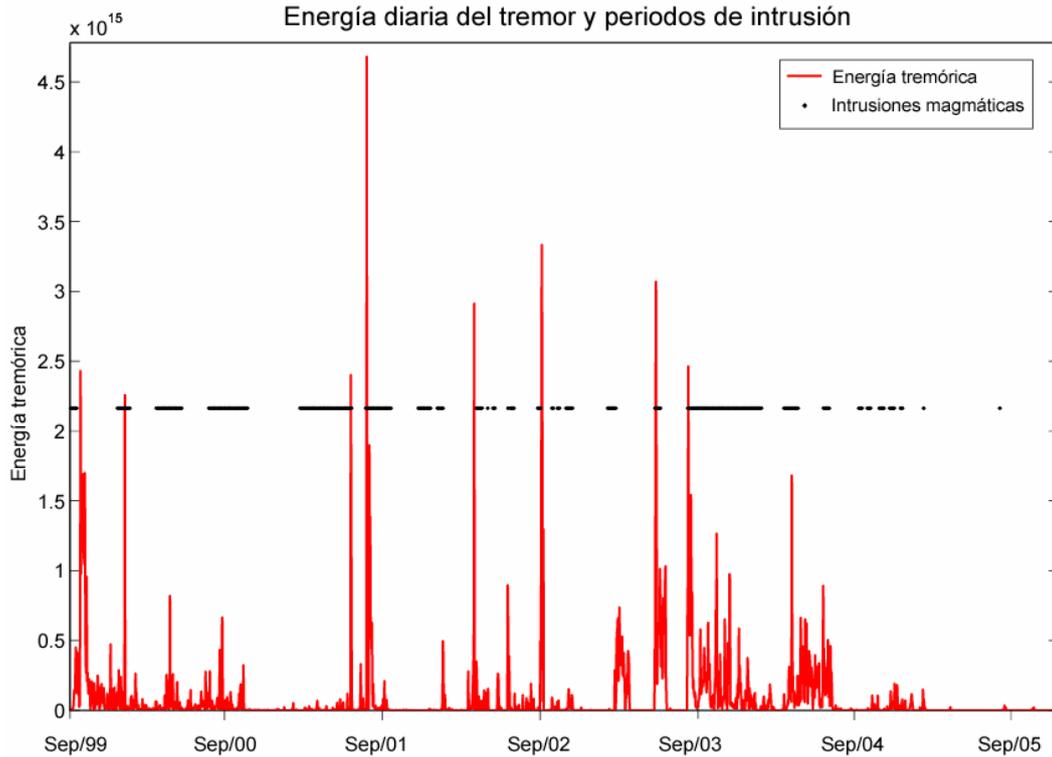


Figura 2-a. Energía liberada por el tremor volcánico relacionado a pequeñas emisiones de gas y/o ceniza (incluye el tremor armónico y el hidrotermal). Los diamantes negros indican los días en que se considera que hubo una intrusión.

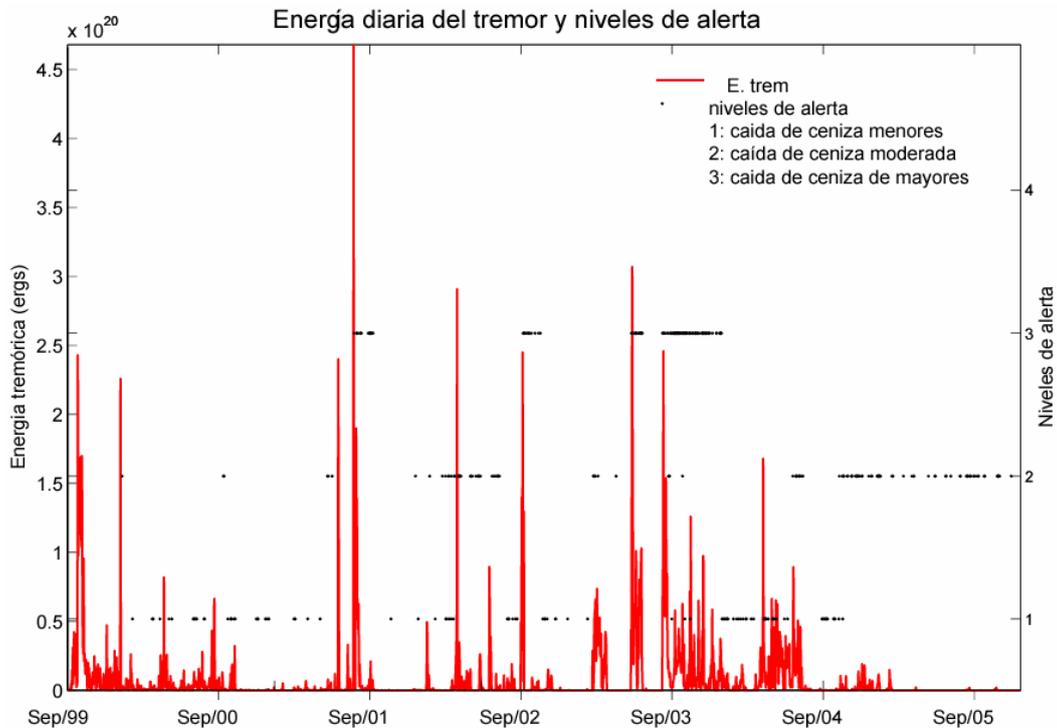


Figura 2-b. Energía liberada por el tremor volcánico relacionado con pequeñas emisiones de gas y/o ceniza (incluye el tremor armónico y el hidrotermal). Los diamantes negros indican los periodos en que se reportaron caídas de ceniza.

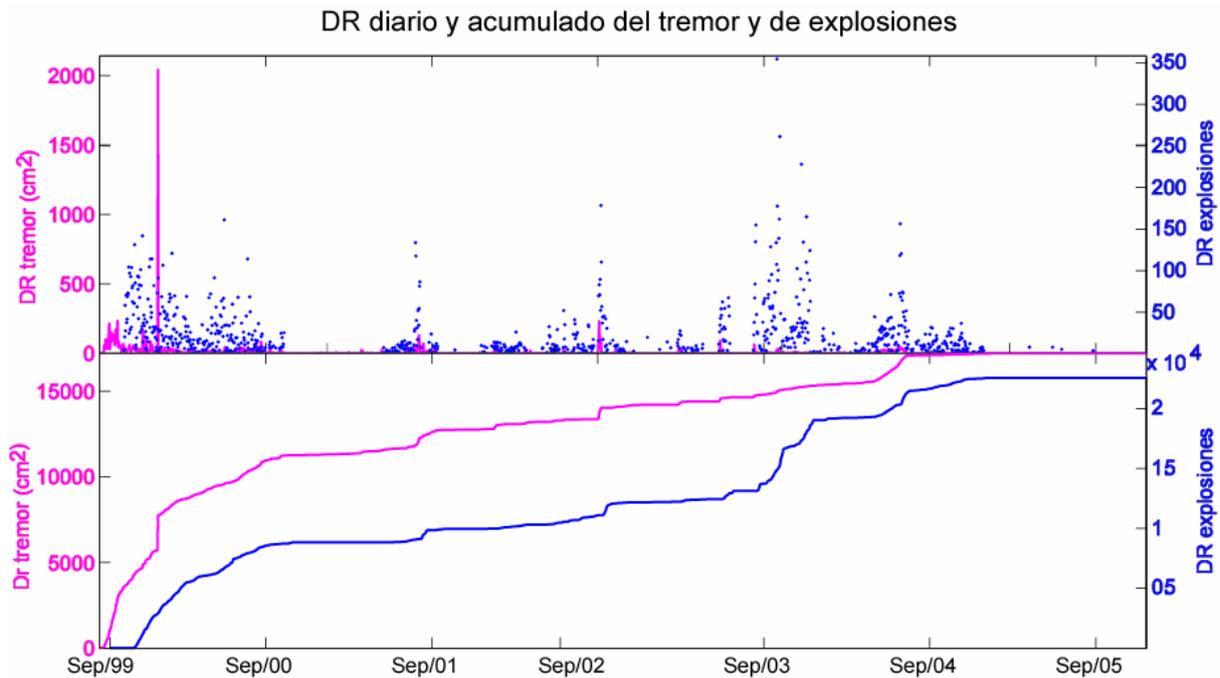


Figura 2-c. Energía acumulada por el temblor volcánico relacionado a pequeñas emisiones de gas y/o ceniza (incluye el temblor armónico y el hidrotermal). Las flechas indican los periodos en los que hubo mayor actividad temblórica

5. OBSERVACIONES VISUALES

Durante el 2005 el clima ha sido muy variable, donde se presentaron periodos de lluvias así como periodos de sequía. Bajo estas condiciones, ocurrieron varios periodos de buen clima que permitieron tener avistamientos completos del volcán Tungurahua, especialmente en el mes de enero, la segunda quincena de abril, los meses de mayo y junio, la segunda quincena de septiembre, octubre, la segunda quincena de noviembre y la primera quincena de diciembre, periodos en los cuales se realizaron buenas observaciones visuales de la actividad volcánica y su proceso eruptivo. El resto del tiempo el volcán permaneció nublado.

En el transcurso del año 2005 se observaron columnas emisión sostenidas, poco energéticas y formadas de vapor, gases y con contenidos variables de ceniza. Se destacan los meses de julio y agosto donde el contenido de ceniza en las columnas fue mayor en comparación con el resto del año.

La altura promedio de las columnas de emisión fue variable, entre 200 - 500 m snc. En algunas ocasiones superaron los 1000 m snc., y en menor número superaron los 2000 m snc. En los meses de mayo y junio la altura promedio fue la menor alcanzada, menos de 100 m snc. Por otro lado, sobresalen algunos días en el mes de abril donde no ocurrieron emisiones, en abril fue también posible observar una desgasificación pasiva proveniente de la fumarola ubicada en el interior del cráter hacia su pared NE.



Las fumarolas del flanco NE ocasionalmente se presentaron activas, siendo el mes de mayo el periodo de mayor actividad.

Un total de 5 explosiones ocurrieron en total: una el mes de abril, dos en junio, una en septiembre y una en diciembre. Todas las explosiones fueron de tamaño pequeño a moderado. Estas explosiones arrojaron bloques incandescentes sobre el flanco nor-occidental y cada una fue acompañada por un leve a moderado cañonazo.

La dirección de las plumas generadas durante la mayor parte del año fueron principalmente hacia el W, NW y SW; en raras ocasiones ocupó una dirección distinta, por ejemplo al Sur en el mes de marzo ó al Norte y Este en los meses de octubre y noviembre. Durante el mes de julio fue posible observar plumas de gran longitud, que pasaron sobre la ciudad de Ambato ó sobre el volcán Chimborazo en otras ocasiones.

De esta manera se registraron pequeñas caídas de ceniza en las partes altas del volcán y en las diferentes poblaciones asentadas al occidente del volcán, como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 1. En la columna de la derecha se señalan las poblaciones que han sido afectadas por la caída de ceniza durante cada mes del año.

Mes	Población
Enero	Puela e Iqualata
Febrero	Baños, Puela, Palitagua y Ambato
Marzo	Puela y Bilbao
Abril	Pillate y Ambato
Mayo	Motilonos, Chontapamba, y Runtún
Junio	Puela y Juive
Julio	Cusúa, Bilbao, Pillate, Puela y Penipe
Agosto	Puela, Motilonos, Bilbao, Pillate, Cotaló y Cusúa
Septiembre	Puela, Bilbao, Cusúa, Yuibug
Octubre	Puela
Noviembre	Cotaló, Bilbao, Puela, Pondóa y Juive Grande
Diciembre	Runtún, Choglontus, Yuibug y Puela

La población de Puela ha sido la más afectada, sin embargo la cantidad de ceniza depositada no ha sido la necesaria para afectar a los cultivos, ni a la población que habita en este sector.

Por otro lado, las emisiones estuvieron asociadas a esporádicos bramidos y ruidos de tipo “turbina” de leve intensidad, relacionados con la salida de gases desde el cráter. Adicionalmente, durante la mayor parte del año se pudo observar brillo de leve intensidad a la altura del cráter.



En resumen, se nota que los periodos de mayor actividad superficial observados, ocurrieron durante los meses de enero, junio, julio y diciembre, mientras que los meses con menor actividad fueron abril y mayo.

6. DISPERSION DE CENIZAS

Durante el año 2005 el satélite GOES de la NOAA/VAAC identificó 34 nubes de ceniza y gases asociadas con la actividad eruptiva del Volcán Tungurahua. Los periodos de mayor actividad efusiva ocurrieron a principios del 2005 (Enero) y en el segundo semestre del 2005 (Julio-Diciembre) (figura 3), lo que confirma junto con los datos sísmicos el aumento de la actividad en dichas épocas.

El 97% de las nubes alcanzaron alturas entre 16000 y 24000 pies y se distribuyeron principalmente al Oeste, Noroeste y Suroeste (figura 4). La velocidad del aire circulante en las nubes osciló entre 5 y 20 nudos con rumbos generalmente Noroeste, Oeste y Suroeste. Mientras que el 3 % de las nubes de ceniza alcanzaron alturas de 25000 pies y su distribución fue restringida en el Valle Interandino. Las nubes de menor altura fueron transportadas por el viento hacia todos los rumbos, con mayor predominancia hacia el Noroeste del volcán y sus velocidades oscilaron entre 5,10 y 20 nudos.

Se reportaron caídas de ceniza únicamente en poblaciones cercanas al Volcán Tungurahua; entre las más importantes se destacan: Baños, Ambato, Penipe, Cotaló, Puela, Quero y la zona alta de Quero (Iguayata).

ALTURA DE NUBES DE CENIZA VOL. TUNGURAHUA
Octubre 1999 - Diciembre 2005

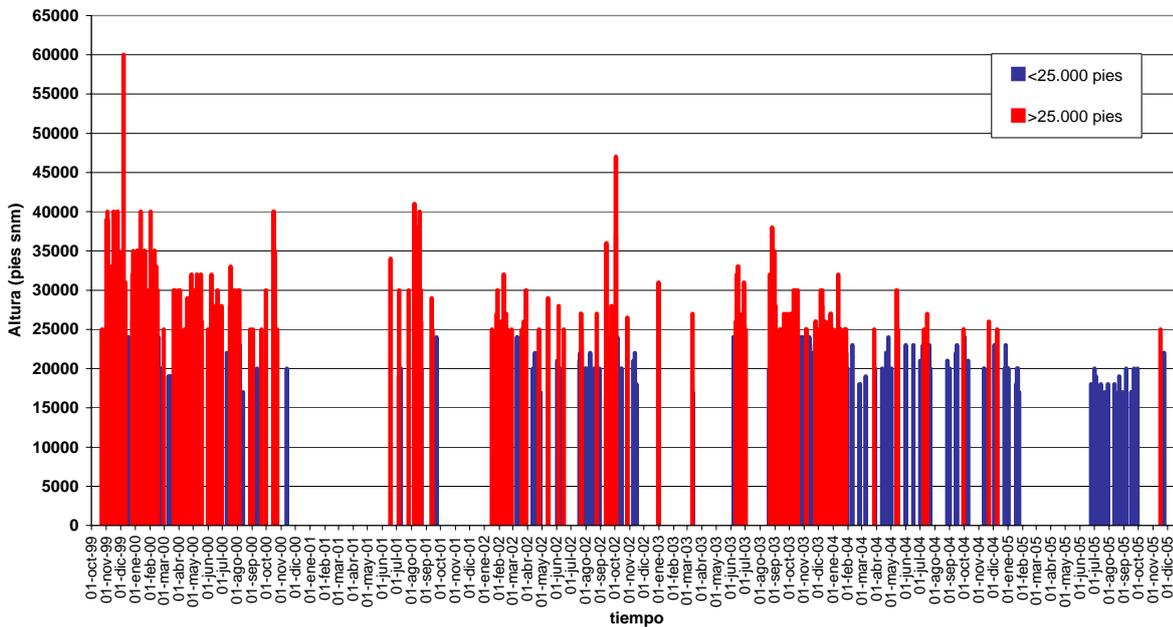
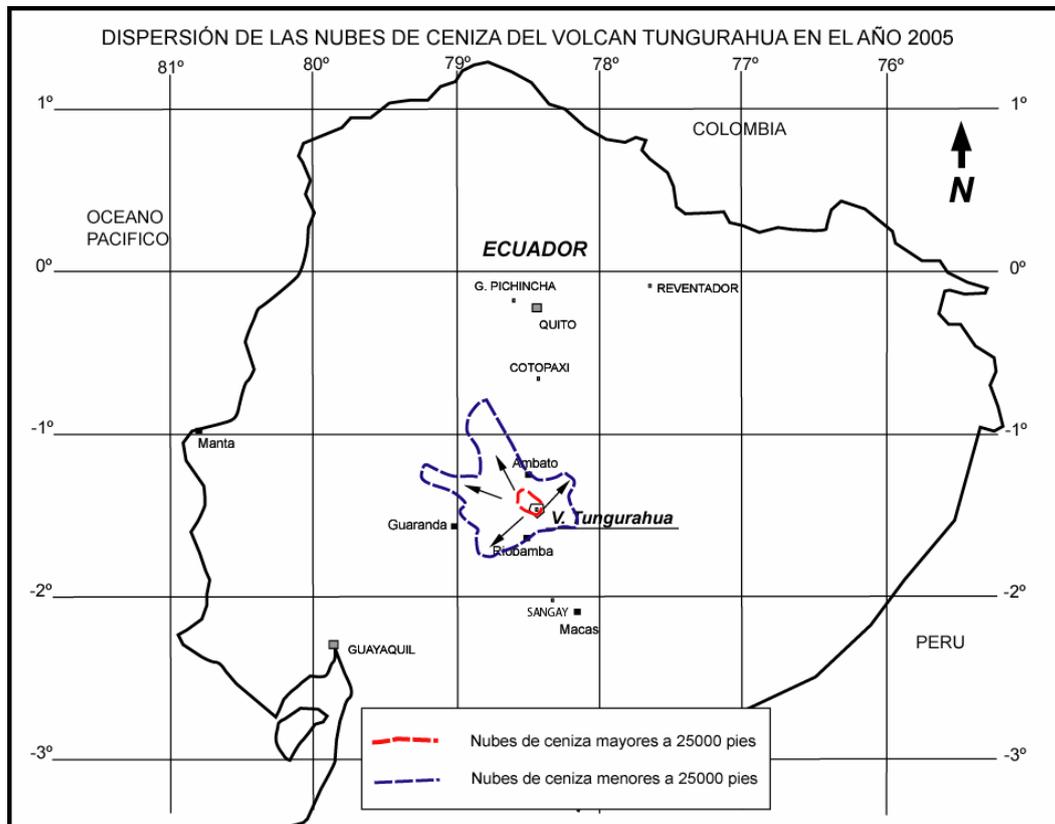


Figura 4. Alturas de las nubes de ceniza asociadas con la actividad del Volcán Tungurahua en el año 2004.



Dispersión de las nubes de ceniza en 2005. Modificado de : <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/archive.html>

Figura 5. Distribución geográfica de las nubes de ceniza asociadas con la actividad del Volcán Tungurahua en el año 2004.

7. SÍNTESIS DE LA DEFORMACIÓN

Durante el año 2005 las medidas de deformación efectuadas desde la base “El Salado” han mostrado un alargamiento ligero de la distancia entre la base y los dos prismas “Retu” y “Cruz”. Este es el mismo patron observado desde mediados de 2003 (Fig. 6^a y 6b), y que se viene acentuándose en 2004 y 2005. Este patrón de “alargamiento” entre la base fija de El Salado y los prismas, respectivamente, indica que las fuerzas internas del volcán tienen menor efecto de presión en el flanco NE del cono; es decir hay un estado de leve relajamiento en dicho sector en comparación con el estado inflacionario detectado entre 2000-2002. La razón principal de menos “hinchazon” en este flanco se debe al poco ingreso de magma que ha ocurrido en los últimos años, y lo que entre el sistema, no causa mayores perturbaciones en el conducto y ejerce mayores presiones dado que son volúmenes pequeños y el conducto y sus alrededores están dúctiles/plásticos y permiten el ingreso sin mayores restricciones ni sobre presiones.

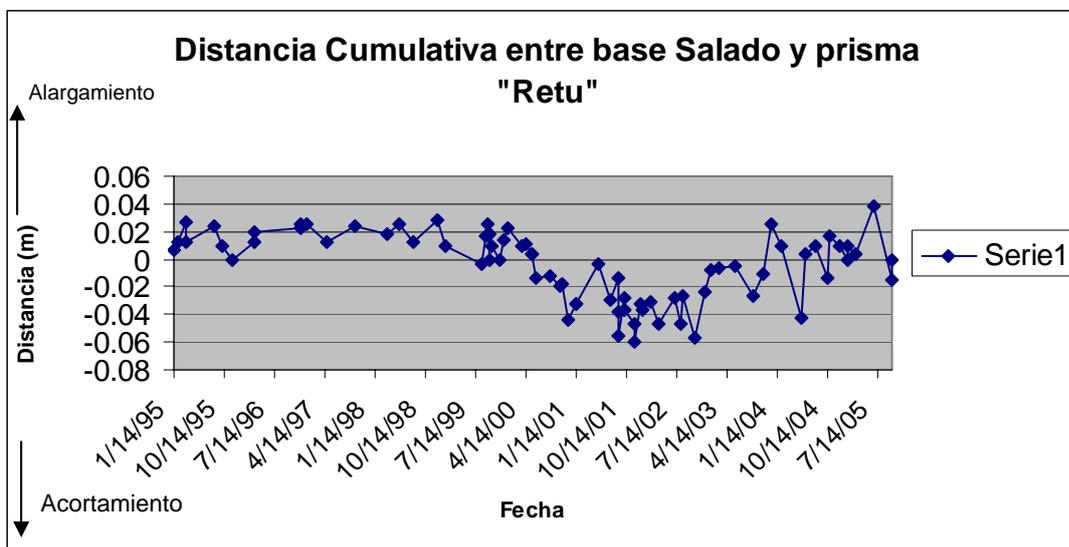


Figura 6a Medidas de deformación en el flanco nororiental del cono-- Base el Salado.

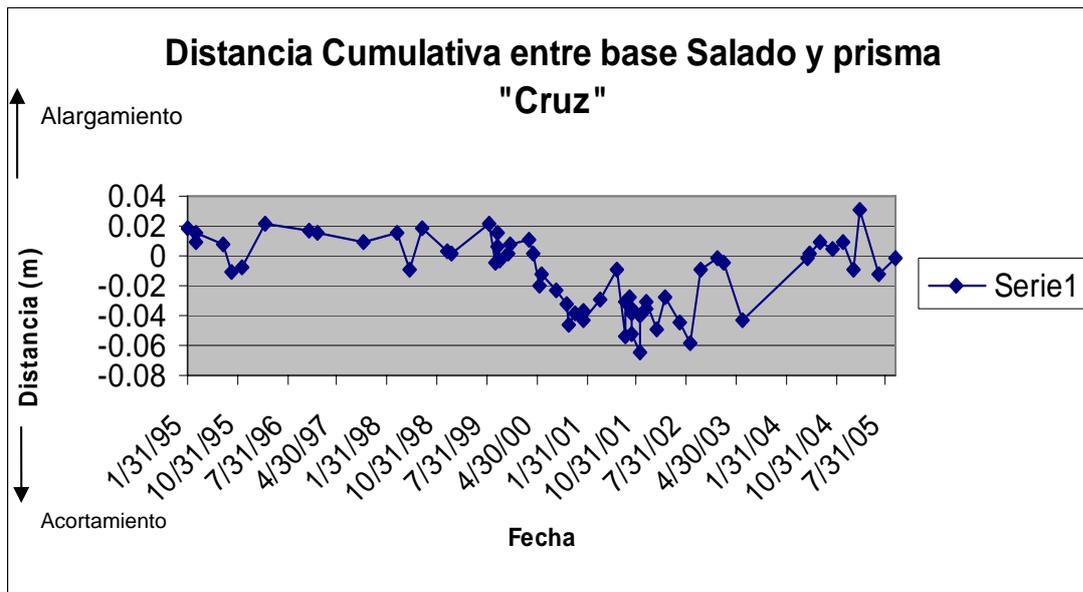


Figura 6b. Medidas de deformación en el flanco nororiental del cono-Base El Salado.

8. SÍNTESIS GEOQUÍMICA

a) Propiedades físico – químicas

Las medidas de las propiedades físico-químicas (pH, conductividad y temperatura) de las fuentes termales del Volcán Tungurahua no presentaron variaciones significativas durante el año 2005. Dichas medidas pueden observarse en las figuras 7-a, 7-b y 7-c.

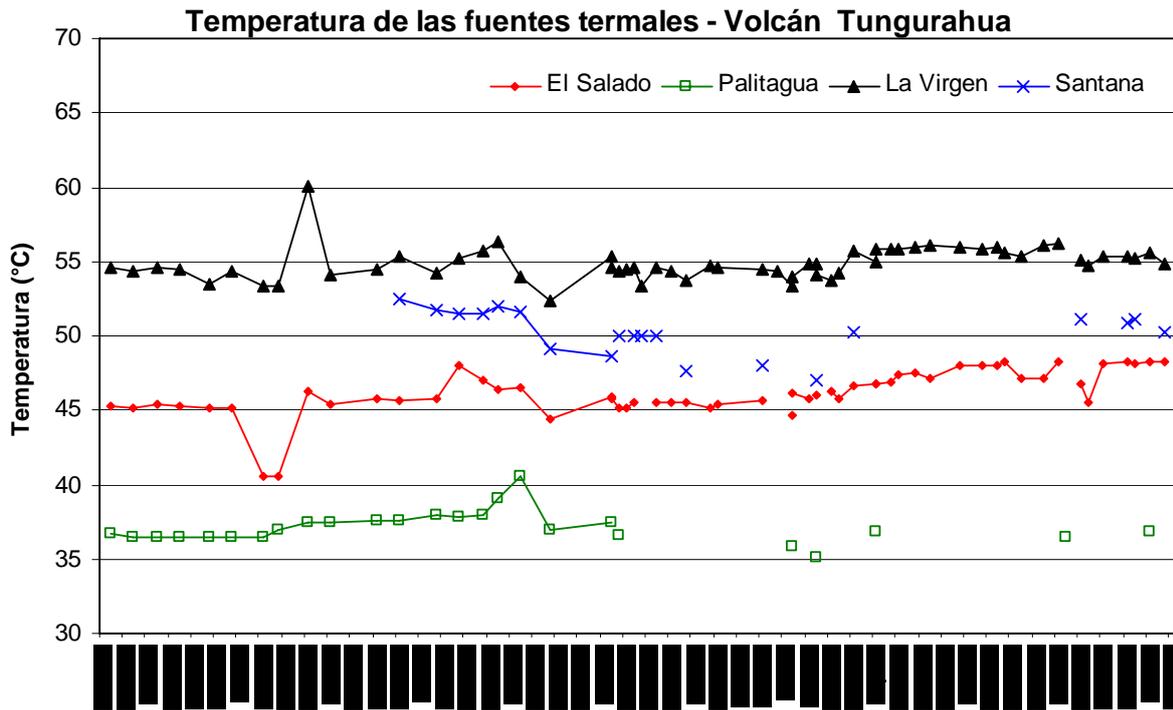


Figura 7-a. Observaciones de la temperatura en las diferentes fuentes termales del Tungurahua.

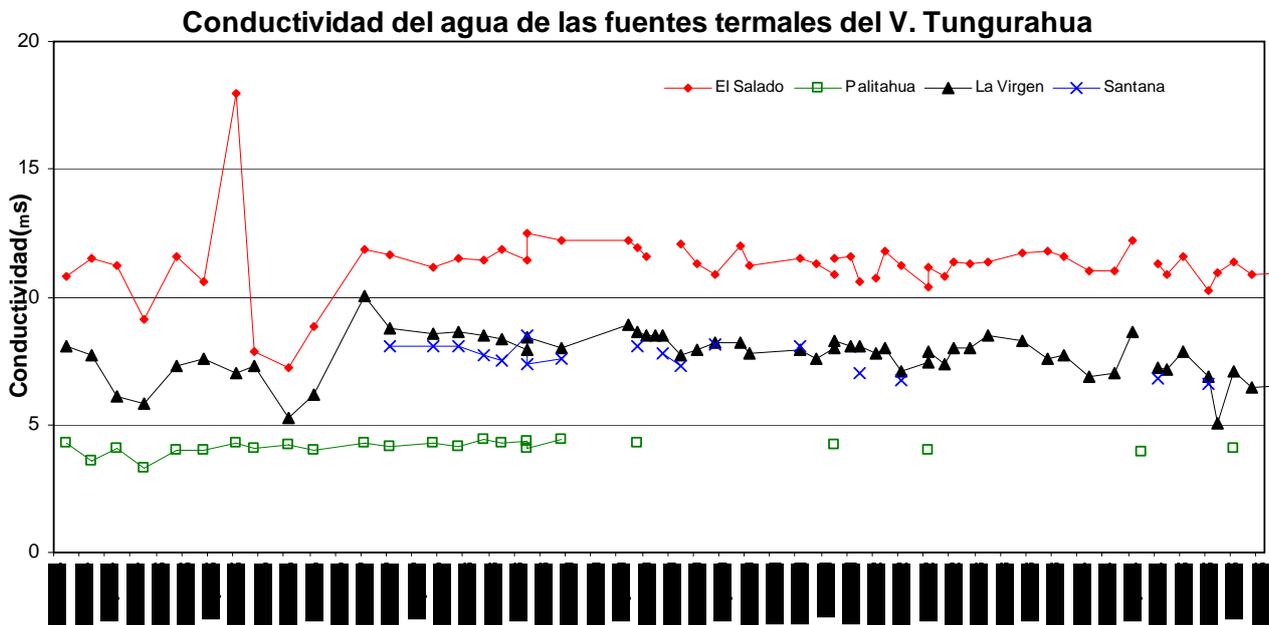


Figura 7-b. Observaciones de la Conductividad en las diferentes fuentes termales del Tungurahua.

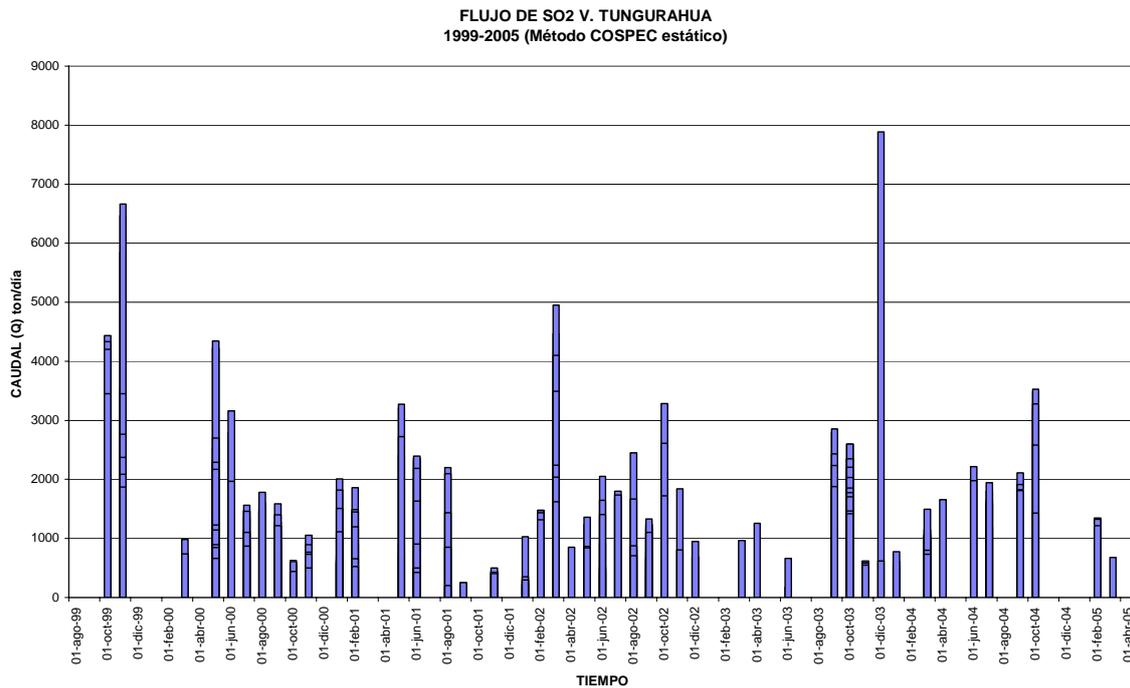


Figura 8-a. Flujo de SO₂ medido a través del método de COSPEC.

Las medidas por el método DOAS (Diferential Optical Absorption Spectroscopy - Espectroscopía de Absorción Óptica Diferencial), cuyos instrumentos que están ubicados al NW y SW del volcán, permiten obtener medidas de buena calidad en plumas con rumbo W, NW y SW. El valor máximo se registró a inicios del mes de Mayo, que resultó en 5659 Ton/d de SO₂, mientras que en plumas cuya dirección es paralela al eje del instrumento como al NNE, E y/o hacia el SE del volcán resultaron en valores poco confiables. Con esta nueva metodología es posible obtener valores de la desgasificación en tiempo casi real, además es independiente de las condiciones climáticas de la zona. Los resultados se presentan en la figura 8-b, reflejando los diferentes estados de desgasificación, confirmando que el sistema permanece con un conducto abierto, es decir una desgasificación casi constante.

**EMISIONES DE SO₂ (Método DOAS)
Julio 2004 - Diciembre 2005**

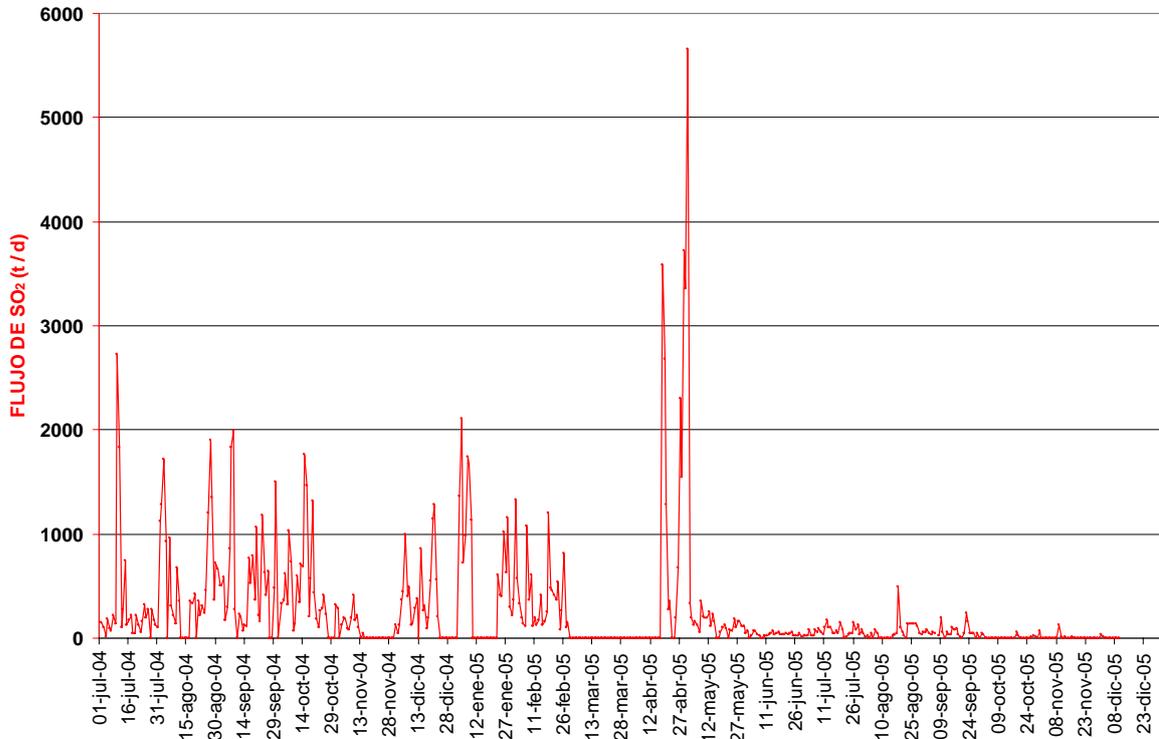


Figura 8-b. Flujo de SO₂ medido a través del método de DOAS.

9. SÍNTESIS TÉRMICA

Durante el año 2005, dentro de las actividades de monitoreo térmico del Proyecto IG-BGR, se han llevado a cabo tres campañas de adquisición de imágenes infrarrojas con la cámara aerotransportada en el volcán Tungurahua: el 18 de Marzo, el 28 de Abril y el 17 de Noviembre. Las imágenes obtenidas han sido procesadas incluyendo los parámetros respectivos y un resumen de los resultados superficiales obtenidos se presentan en el Tabla 2 y se discuten a continuación.

a) Zona del Cráter

La zona del cráter es la que mayores temperaturas ha presentado en las mediciones efectuadas desde el año 2002, especialmente en la zona del viento central. Las medidas efectuadas en Marzo y Noviembre de 2005 estuvieron fuera del rango superior de medición de la cámara (>279.6°C), por lo que se presume la existencia de temperaturas magmáticas asociadas con el viento central; las medidas efectuadas en Abril muestran temperaturas mas bajas que las anteriores y en general se puede

decir que durante el año se midieron temperaturas máximas mas bajas, comparativamente con el año anterior (Fig. 9) y como se observa en el cuadro respectivo.

b) Grieta y fumarolas dentro del cráter

La temperatura máxima observada es de 29.5°C, en Noviembre y es coherente con lo observado en Marzo de 2004; las temperaturas medidas en Marzo y Abril son sensiblemente inferiores y de manera general, los valores son inferiores a lo observado durante el año 2004. De igual manera a lo que se concluyó para el 2004, los valores de temperatura indican que posiblemente el mecanismo de la misma está asociado con la actividad freática inherente al sistema geotérmico del cráter del volcán.

c) Fumarolas flanco NE

Durante la medida efectuada el 18 de Marzo, se muestra una temperatura máxima de 17.5 °C en el campo fumarólico ubicado en el flanco exterior NE del cono y de 12.6° C en la medida de Abril, algo inferiores a las medidas del 2004. Igualmente se confirma que el posible mecanismo de la misma está asociado con la actividad freática del flanco superior del volcán. En la imagen térmica, en la figura 1, se nota una zona caliente ubicada sobre las fumarolas anteriores, que muestra una temperatura máxima de 11.1 °C, medida en Marzo del 2005 y son algo inferiores a las temperaturas obtenidas en el 2004, ocasionalmente se ha observado la presencia de fumarolas durante el presente año.

Fecha	30-Mar-04	25-Oct-04	27-Oct-04	18-Mar-05	28-Abr-05	17-Nov-05
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
Vento	492.9	200.1		>279.6	184.3	>279.6
Grieta int.	20.7	6.2		14.3	22.7	29.5
Fumarolas NE		18.2	19.1	17.5	12.6	
Flanco NE		12.4	14.3	11.1	10.4	

Tabla 2 Temperaturas máximas observadas durante el año 2005 y comparación con los resultados obtenidos durante el año 2004.

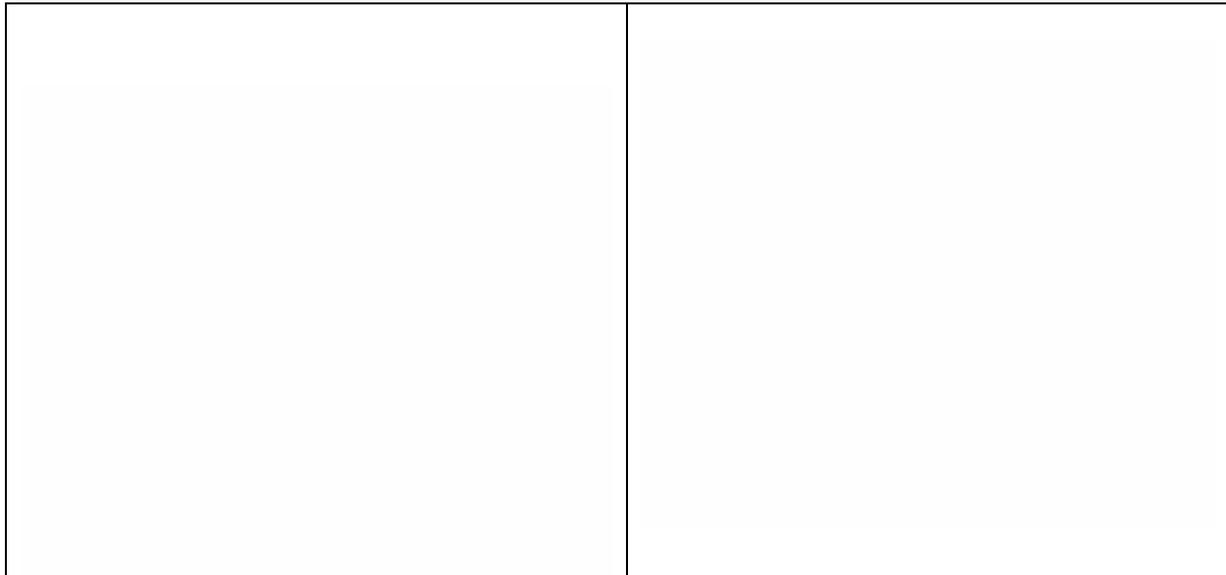


Fig. 9 A la izquierda, Imagen térmica mostrando la grieta interna del cráter y el vento central del volcán Tungurahua.
A la derecha las fumarolas del flanco NE, y una zona anómala cerca del cráter (flanco NE).

De forma general se puede afirmar que las medidas efectuadas durante el monitoreo térmico de este año, presentan valores un poco menores a lo observado en el año anterior. Esto se confirma con los datos del sensor MODIS instalado en el satélite EOS de la NASA, el cual muestra únicamente 2 puntos calientes (hot spots) durante el año de 2005 y que ocurrieron el 10 de Enero. En definitiva, la información termal conforma una actividad más baja en el volcán, en comparación con lo ocurrido en el 2004 y en años anteriores.

10. SÍNTESIS DE LAHARES

Los lahares del Tungurahua son fenómenos que ocurren por la combinación de dos factores principales: 1) la acumulación de piroclastos en los flancos altos del volcán durante las explosiones y emisiones; y, 2) la ocurrencia de lluvias en los flancos altos del volcán que provoquen una rápida erosión de dichos piroclastos. A los lahares formados por este mecanismo se los denomina “lahares secundarios”.

El año 2005, a excepción del mes de enero, ha sido de mucha calma en la actividad del Tungurahua, y consecuentemente de poca acumulación de piroclastos en los flancos del volcán, lo que a su vez parece haber influido en la frecuencia de ocurrencia de lahares. Así, tan solo 9 eventos (menos de 1 por mes) se han registrado mediante el AFM-Juive en 2005, mientras que en otros años de importante actividad del Tungurahua como 2000 o 2004 se contabilizaron 28 y 26 lahares respectivamente (más de 2 lahares por mes) (Fig. 10). De todas maneras vale mencionar que en años como 2001 y 2003, que también fueron de actividad importante en el Tungurahua, se registraron 9 y 13 lahares respectivamente (menos de 1 evento por mes en promedio), lo cual podría estar relacionado con una menor ocurrencia de lluvias en la zona del volcán, si bien esto aún debe ser confirmado.

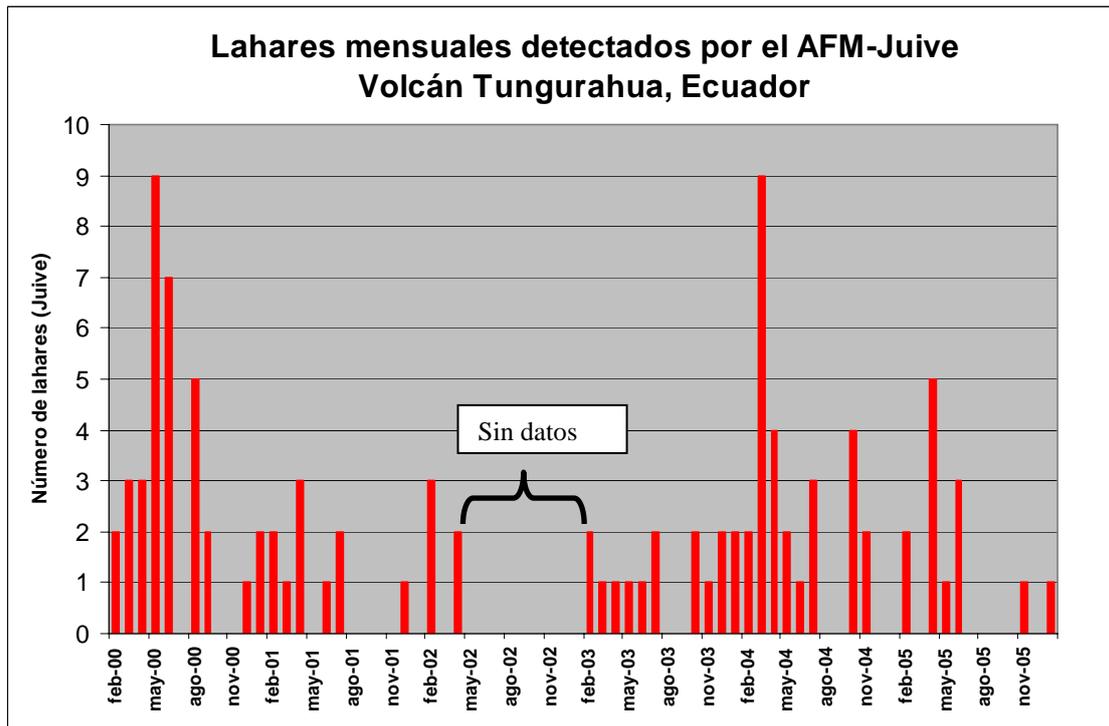


Figura 10 Número de lahares por mes registrados mediante el AFM–Juive en el volcán Tungurahua a partir de abril de 2000. Los registros del año 2002 están incompletos por problemas instrumentales.

Lahares en “La Pampa” (AFM-Juive)

La quebrada Palma-Urcu, que nace en los flancos altos del Tungurahua a más de 4500 msnm, acarrea frecuentemente lahares secundarios que provocan la interrupción de la carretera Ambato-Baños en la zona de “La Pampa”. Como ya se había mencionado, en todo el año 2005 tan solo 9 eventos laháricos han sido registrados mediante el AFM-Juive (Fig. 10). Los tres eventos más importantes ocurrieron el 12 de febrero, el 23 de abril y el 3 noviembre, con volúmenes estimados mediante los registros del AFM-Juive calculados en $36 \cdot 10^3$, $35 \cdot 10^3$ y $25 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen de los lahares ocurridos en la zona de “La Pampa” en 2005.

Fecha	Hora de inicio (TL)	Caudal promedio (m^3/seg)	Duración (HH:MM)	Volumen (m^3)
12-feb-05	13:16	5,5	1:56	36747
19-feb-05	8:52	0,7	3:08	5261
9-abr-05	6:56	0,59	4:32	5910
13-abr-05	11:20	0,85	3:12	7134
23-abr-05	19:48	6,75	1:32	35986
1-jun-05	13:20	0,70	3:36	6081
14-jun-05	5:00	0,82	3:20	6985

29-jun-05	8:20	1,01	5:52	16465
3-nov-05	9:56	1,99	4:04	25853

Para todos los casos mencionados en la Tabla 3 se emitieron las alertas tempranas respectivas y se puso en marcha el plan de emergencia para la zona de “La Pampa” en caso de lahar. En los tres casos de eventos grandes mencionados más arriba, los lahares provocaron el cierre temporal de la carretera Ambato-Baños (Fig. 11). Aparte del cierre de la carretera, no se registraron inconvenientes importantes adicionales relacionados con los lahares.



Figura 11. Fotografía de la zona de “La Pampa” luego del flujo lahárico ocurrido el 23 de abril de 2005 (Foto por M. Guzmán).

Lahares en el río Vascún (AFM Vascún)

El drenaje del río Vascún ha sido afectado por la ocurrencia de lahares solo en pocas ocasiones desde el principio de la erupción del Tungurahua en 1999. Sin embargo, cuando estos fenómenos ocurren en el río Vascún, generalmente tienen una magnitud bastante importante. En el año 2005 se registraron varias crecidas del río durante los días de lluvia, pero tan solo dos verdaderos lahares ocurrieron el 12 de febrero y el 23 de abril, los cuales fueron detectados por el AFM-Vascún.

El evento del 12 de febrero fue el más importante, con un caudal máximo calculado en $\sim 104 \text{ m}^3/\text{seg}$ y con un volumen total estimado entre 55 y $75 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Este evento provocó daños parciales en las piscinas de El Salado (Fig. 12), pero ninguna víctima o daño personal fue reportado gracias a la eficiencia del sistema de alerta temprana que opera en el río Vascún en caso de ocurrencia de lahares. El evento del 23 de

abril tuvo un caudal máximo de $\sim 50 \text{ m}^3/\text{seg}$ y un volumen total estimado entre 25 y $35 \cdot 10^3 \text{ m}^3$; no provocó ningún inconveniente importante.



Figura 12. Vista del río Vazcún a la altura de El Salado el 12 de febrero de 2005, durante (izquierda) y varios días después (derecha) la ocurrencia del lahar (Foto- Defensa Civil-Baños).

Lahares en el flanco occidental (carretera Baños – Penipe)

Ninguna de las quebradas del flanco occidental del Tungurahua es vigilada mediante AFM's. Solamente la estación sísmica de CUSU detecta las crecidas de agua y lahares que ocurren frecuentemente en la quebrada Achupashal, aunque no es posible obtener datos cuantitativos de los flujos laháricos a partir de los datos generados por la estación sísmica. Así, los datos que se obtienen de esta zona del volcán son principalmente cualitativos y solo en muy pocas ocasiones se realizan evaluaciones detalladas de los depósitos dejados por los lahares. Además, vale mencionar que las inspecciones que se realizan en estas quebradas muchas veces no son completas ya que los lahares impiden el tránsito normal. En la Tabla 4 se resume las fechas en las cuales se pudo constatar la ocurrencia de lahares en las quebradas del flanco occidental del Tungurahua durante el año 2005.

Tabla 4. Lista de las fechas y de las quebradas afectadas por lahares en el flanco occidental del volcán Tungurahua.

Fecha	Quebradas afectadas
14 – febrero	Cusúa y Achupashal
4 – marzo	Achupashal
5 – abril	La Pirámide, Bilbao, Mandur, Achupashal, Rea, Chontapamba
16 – abril	Achupashal
20 – abril	Pingullo, Achupashal, Bilbao, La Pirámide
31 – mayo	Mandar, Hacienda, Cusúa, Achupashal
29 – junio	Achupashal, Mandur, Cusúa, Pirámide
2 – septiembre	Achupashal, Motilones, Chontapamba
7 – septiembre	Mandur
9 – septiembre	Chontapamba
10 – septiembre	Achupashal, Bilbao
7 – octubre	Achupashal
11 – octubre	Mandur, Pingullo, Bilbao, Achupashal, Hacienda
4 – noviembre	Cusúa, Achupashal, Pingullo, Chontapamba, Romero,



	Ingapirca, Rea, Confesionario
14 – noviembre	Cusúa, Achupashal, Pirámide
18 – diciembre	Chontapamba, Achupashal

Varios de estos eventos provocaron el cierre temporal de la carretera Baños-Penipe en los sitios donde la misma se cruza con las diversas quebradas.

En conclusión, comparado con otros años, 2005 ha sido de relativa calma también en cuanto tiene que ver con la formación de lahares. Sin embargo, vale recalcar que periodos relativamente cortos de actividad volcánica pueden dar lugar a la formación de lahares de tamaño importante. Esto resulta muy claro con el ejemplo del 12 de febrero de 2005 en la quebrada Vascún, ya que este lahar ocurrió pocos días después de un aumento en la actividad del Tungurahua que en enero 2005 provocó una importante deposición de ceniza en el flanco norte del volcán. Antes del 12 de febrero de 2005 no se habían producido lahares en esa quebrada desde el 17 de octubre de 2004.

El buen funcionamiento del sistema de alerta temprana en caso de lahares en las quebradas Palma Urcu (La Pampa) y Vascún ha permitido evitar mayores percances.

11. HACIA EL FUTURO

Desde 1999 el Volcán Tungurahua ha experimentado una actividad eruptiva que ha ido disminuyendo y cambiando con el paso del tiempo. Dicha actividad ha sido caracterizada por una frecuente actividad estromboliana y vulcaniana (de tamaño medio), y en raras ocasiones fuentes de lava. En total se estima que desde 1999 han ocurrido alrededor de 28 intrusiones magmáticas de similares características, aunque las últimas 3 inyecciones del año 2002, 4 últimas del 2003 y todas las del 2004 y 2005 tuvieron características un poco diferentes. Las inyecciones del 2002 fueron diferentes por la adición de eventos de largo periodo cuyo contenido espectral tuvo una mayor frecuencia dominante, las del 2003 por la influencia de sismos tectónicos ubicados 35 km a la redonda del volcán, las del 2004 por la alta ocurrencia de sismos volcano-tectónicos distales (aproximadamente a 10 km desde el cráter) y profundos. En general desde el 2003 las inyecciones se caracterizan por el bajo número de eventos sísmicos previos a una nueva fase de actividad.

En general, en el 2005 se observó una baja pero casi continua actividad superficial del volcán (actividad estromboliana, emisiones, explosiones). Internamente el volcán mostró todavía sutiles cambios antes de una fase de mayor actividad y como elemento común fue la ocurrencia de eventos de largo periodo.

Como consecuencia todavía subsisten los siguientes escenarios para el volcán:

1. La disminución paulatina de su actividad hasta llegar a un estado de tranquilidad.



2. Continuación del proceso actual, caracterizado principalmente por actividad volcano-tectónica, tremor volcánico y pocos eventos pertenecientes a enjambres de largo periodo (previos e incluso justo durante la etapa de mayor actividad).
3. Inyección de un volumen mayor de magma y la ocurrencia de mayor actividad tanto interna como superficial.
4. El taponamiento del conducto y la acumulación de presiones que termine en una explosión mayor.

Con el actual sistema de monitoreo se considera que es posible detectar señales premonitoras para los escenarios más peligrosos que serían el 3 y 4, así como seguir efectuando un seguimiento de los procesos asociados con los escenarios 1 y 2.

La actividad de largo periodo ha disminuido notablemente como actividad precursora de periodos de mayor actividad y la desgasificación es casi continua. De continuar el fluctuante proceso de desgasificación sugerimos tres escenarios:

1. Que el gas circulante en el edificio volcánico poco a poco se vaya acabando, hasta que las explosiones se vuelvan menos frecuentes y las emisiones de ceniza disminuyan en su totalidad.
2. Que la desgasificación continúe de manera sostenida y el volcán se esté preparando para un escenario tipo volcán Izu-Oshima (en el Japón), en el que los premonitores propios del volcán se disparan drásticamente (cuestión de semanas).

El último escenario que planteamos y que cada vez se está haciendo menos factible (al menos durante el 2005) es el siguiente:

3. De continuar una actividad casi sostenida de desgasificación, y si se añaden cambios en las concentraciones de esfuerzos debidas a sismo tectónicos alrededor del volcán (principalmente con magnitudes alrededor de 4.5 o más), o incluso eventos volcano-tectónicos (con magnitudes más grandes que 3), tales eventos podrían facilitar o contribuir a estados de mayor actividad en el volcán, no necesariamente mostrando una importante actividad de largo periodo previa a un nuevo ciclo.

Finalmente, es necesario recalcar que el proceso eruptivo como tal no termina y consideramos necesario que la población esté informada diariamente de lo que acontece con el mismo. Por otra parte, este proceso educativo debe ser parte de la cultura y el diario vivir de los habitantes que viven en la ciudad de Baños y las poblaciones ubicadas en los flancos del volcán. Con ello se lograría minimizar el riesgo ante una gran erupción.

[Este informe está realizado 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).

Este informe fue realizado por:

Indira Molina
Patricia Mothes
Andrés Gorki Ruiz
Diego Barba
Daniel Andrade
David Rivero
Patricio Ramón
Pablo Samaniego
Santiago Arellano
Jean-Luc LePennec
Hugo Yepes
Minard Hall
Alexánder García
Alexandra Alvarado
Mónica Segovia

Asistentes de Sismología:

Guillermo Viracucha Pablo Cobacango