

RESUMEN DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN COTOPAXI REGISTRADA DURANTE EL 2004

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
INSTITUTO GEOFISICO**

Contenido

1	ESTADO DEL VOLCAN.....	2
2	ACTIVIDAD SÍSMICA.....	2
2.1	ESTADÍSTICAS.....	3
2.2	CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD SISMICA REGISTRADA.....	4
2.3	LOCALIZACIÓN DE EVENTOS.....	5
2.4	ENERGIA LIBERADA.....	8
3	DEFORMACIÓN.....	8
4	GEOQUÍMICA.....	12
5	OBSERVACIONES REPORTADAS Y REALIZADAS.....	12
6	CONCLUSIONES Y ASPECTOS IMPORTANTES.....	13

RESUMEN DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN COTOPAXI AÑO 2004

1 ESTADO DEL VOLCAN

Durante el 2004 la actividad del volcán Cotopaxi se calificó como un nivel bajo a moderado, sin manifestaciones superficiales notables ni enjambres sísmicos.

A partir de octubre y hasta el final del año se registraron sismos grandes del tipo LP (relacionados con movimiento de fluidos), en una tasa promedio de ocurrencia de 1 evento por día. Se cree que estos eventos son el resultado de un importante movimiento de fluidos dentro de la estructura, que no muestra claras manifestaciones superficiales.

Debido a que se detecta un nulo nivel de SO₂ con instrumentos (COSPEC) se sugiere que el sistema hidrotermal se mantiene cerrado (posiblemente sellado por minerales en solución) y al parecer sería la posible razón para que la presión interna este produciendo una ligera pero detectable deformación en el flanco nororiental del cono.

2 ACTIVIDAD SÍSMICA

La actividad sísmica del volcán Cotopaxi durante el 2004 se caracterizó por la generación de un número moderado de eventos (considerando las estadísticas desde el año 2001) y la no generación de enjambres sísmicos.

Las señales registradas por su forma de onda y contenido de frecuencias fueron catalogadas como eventos de largo período (LP), híbridos (HB), diversos tipo de tremor (armónico y de alta frecuencia) y volcános tectónicos (VT). De manera general, los LPs e HBs se localizaron bajo el edificio volcánico entre 1 y 5 km de profundidad, en tanto los VTs se localizaron en esta misma zona y alrededor del volcán, especialmente al nor-occidente y nor-oriente. No se recibieron reportes de VTs sentidos por la población ubicada en el y alrededor del edificio volcánico.

Con respecto a la energía liberada se considera que el año 2004 tuvo un comportamiento oscilatorio pero de manera general de moderado a bajo. Se registró una importante liberación de energía a partir de septiembre y se mantuvo hasta finales de diciembre. Este comportamiento estuvo relacionado con ligeros incrementos de la actividad tipo VT y el registro esporádico de eventos de magnitud igual a 4.

Es importante resaltar que se generaron LPs considerados como grandes desde octubre y se mantuvieron en un promedio de registro de 1 evento por día hasta diciembre. Al parecer estos eventos no tuvieron manifestaciones superficiales relacionadas, sin embargo posteriores observaciones confirmaran esto.

2.1 ESTADISTICAS

En este año se registró un total de 6147 sismos, de los cuales un 66% corresponden a eventos de largo período, 22% a híbridos, 9% a señales de tremor y 3% a volcanotectónicos.

En comparación al número total de eventos registrados anualmente desde el 2001, se puede considerar que el año 2004 se caracterizó por la generación de un número moderado de eventos (*Tabla No. 1*). El registro máximo de eventos fue en enero con 788 y el registro mínimo fue en junio con 280 eventos (*Tabla No. 2*), el registro del resto de meses oscila ente 403 y 589 eventos.

AÑO	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO DIARIO
2001	461.4	15.4
2002	612.1	20.4
2003	411.8	13.9
2004	512.3	16.8

Tabla No. 01 Tabla comparativa de los promedios mensuales y diarios de los sismos registrados en el volcán Cotopaxi.

	LP		HB		VT		TREMOR		TOTAL	DIARIOPROM.
	TOTAL	PROM. DIARIO	TOTAL	PROM. DIARIO	TOTAL	PROM. DIARIO	TOTAL	PROM. DIARIO		
Enero	653	21,06	107	3,45	10	0,32	18	0,58	788	25,42
Febrero	333	11,89	41	1,46	13	0,46	16	0,57	403	14,39
Marzo	335	10,81	119	3,84	18	0,58	5	0,16	477	15,39
Abril	317	10,57	149	4,97	8	0,27	115	3,83	589	19,63
Mayo	259	8,35	149	4,81	16	0,52	83	2,68	507	16,35
Junio	183	5,90	65	2,17	12	0,40	20	0,67	280	9,33
Julio	414	13,35	70	2,26	11	0,35	38	1,23	533	17,19
Agosto	416	13,42	75	2,42	9	0,29	35	1,13	535	17,26
Septiembre	348	11,60	108	3,60	15	0,50	66	2,20	537	17,90
Octubre	303	9,77	161	5,19	18	0,58	72	2,32	554	17,87
Noviembre	249	8,30	143	4,77	10	0,32	53	1,77	455	15,17
Diciembre	253	8,16	171	5,52	12	0,39	53	1,71	489	15,77

Tabla No. 02 Detalle de la sismicidad registrada mensualmente en el Volcán Cotopaxi durante el 2004.

2.2 CARACTERISTICAS DE LA ACTIVIDAD SISMICA REGISTRADA

Durante el año 2004 la actividad sísmica del volcán se mantuvo en un rango considerado como moderado a bajo, debido al número (ver sección estadística) y al tipo de eventos registrados.

A continuación se detalla aspectos importantes de la sismicidad durante este año:

Enero:

- Incremento en el número de eventos de largo período (*Tabla No. 2*)
- Se registran señales de tremor de baja frecuencia de algunos minutos de duración, pero de amplitud menor a 2mm.

Febrero:

- Aparecen por primera vez LPs localizados en el flanco sur-occidental del volcán.
- Se registran LPs cuyas formas de onda (con una baja frecuencia al inicio) han aparecido principalmente en periodos de alta actividad en el volcán.
- Tremor de baja frecuencia de varios minutos de duración.
- Disminuye el número de LPs e Híbridos con respecto al mes anterior (*Tabla No. 2*)

Marzo:

- Esporádicas señales de tremor armónico y VTs.
- Se registran LPs de baja frecuencia de más de 1 minuto de duración
- 28 de marzo: Sismo tectónico localizado cerca a Poaló de magnitud 5.1 y durante varios días se registran réplicas. No se influencia, ni relaciona con la actividad del volcán

Abril:

- Durante la primera semana se registra un incremento en la actividad sísmica del volcán observado en la presencia de sismos híbridos, de largo período y algunos episodios de tremor.
- En la segunda semana se registran VTs y señales de tremor de alta frecuencia.
- De manera general se registra un importante incremento de las señales de tremor de baja frecuencia y armónicos.

Mayo:

- Incremento de HB y LP.
- Esporádicos VTs alrededor del volcán
- Incremento de las bandas de tremor, además se registra bandas de tremor de baja frecuencia menos de 2mm de amplitud y varios minutos de duración

Junio:

- Disminuye la actividad sísmica y los eventos de mayor importancia son los LPs.

Julio:

- Se observa incremento en el número de LPs
- Se registran VTs en los primeros días
- Señales de tremor armónico de baja frecuencia

Agosto:

- Ligero incremento de LPs e HB.
- Señales de tremor de baja frecuencia
- Eventos sísmicos de más de 1 minuto de duración y de baja frecuencia
- Tremor de baja frecuencia de menos de 2mm de amplitud de varios minutos de duración
- Esporádicos VTs

Septiembre:

- Ligero incremento de VTs e HBs
- Señales de tremor de baja frecuencia de menos de 2 mm de amplitud

Octubre:

- Aparecen LPs grandes luego de un ligero incremento en el número de VTs.
- Ligero incremento de Hbs

Noviembre:

- Se registra un promedio de un LP grande por día.
- Esporádicos VTs.
- Desde el 24 de noviembre se incrementa de 2 a 3 LPs grandes por día.
- Presencia de bandas de tremor armónico.

Diciembre:

- Se continúan registrando LPs grandes, pero esporádicos.
- Señales de tremor esporádicas de menos de 3 minutos de duración.
- Ligero incremento de actividad tipo VT el 20 de diciembre.
- Híbrido con cola de tremor armónico de 4 minutos de duración el 25 de diciembre.
- Últimas semanas se registra un incremento en el número de eventos.

2.3 LOCALIZACIÓN DE EVENTOS

Los eventos localizados corresponden a señales que se registran en más de 5 estaciones sísmicas, con un inicio impulsivo o claro y soluciones con errores menores a los 3 km (respecto a la horizontal y vertical). Por lo que el número de eventos representados en las graficas siguientes no representan necesariamente el número de eventos registrados.

Se ha localizado un total de 156 eventos de los cuales 81 corresponden a LPs, 57 a VTs y 18 a HBs. Como se observa en las *figuras 1 a 4* la mayor parte de eventos se localizan bajo el edificio volcánico entre 1 y 4 km profundidad. Se continúan registrando eventos del tipo VT que se localizan en los perímetros del volcán, especialmente hacia la zona nor-oriental y nor-occidental. Al parecer estos eventos son la respuesta a la

movilización de zonas de debilidad (fallas), debido a la acumulación de esfuerzos al interior del volcán y su posterior liberación por dichas zonas.

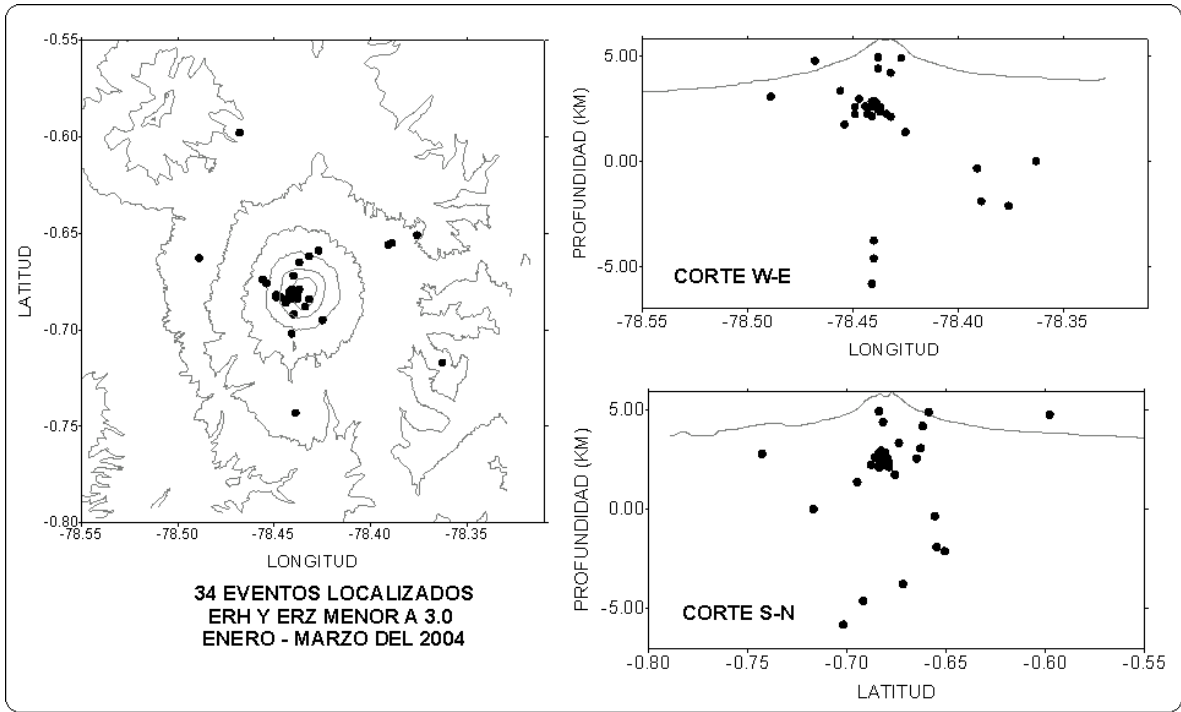


Figura No. 1 Localización de eventos con error vertical y horizontal menor a 3.0 km. Primer trimestre del 2004.

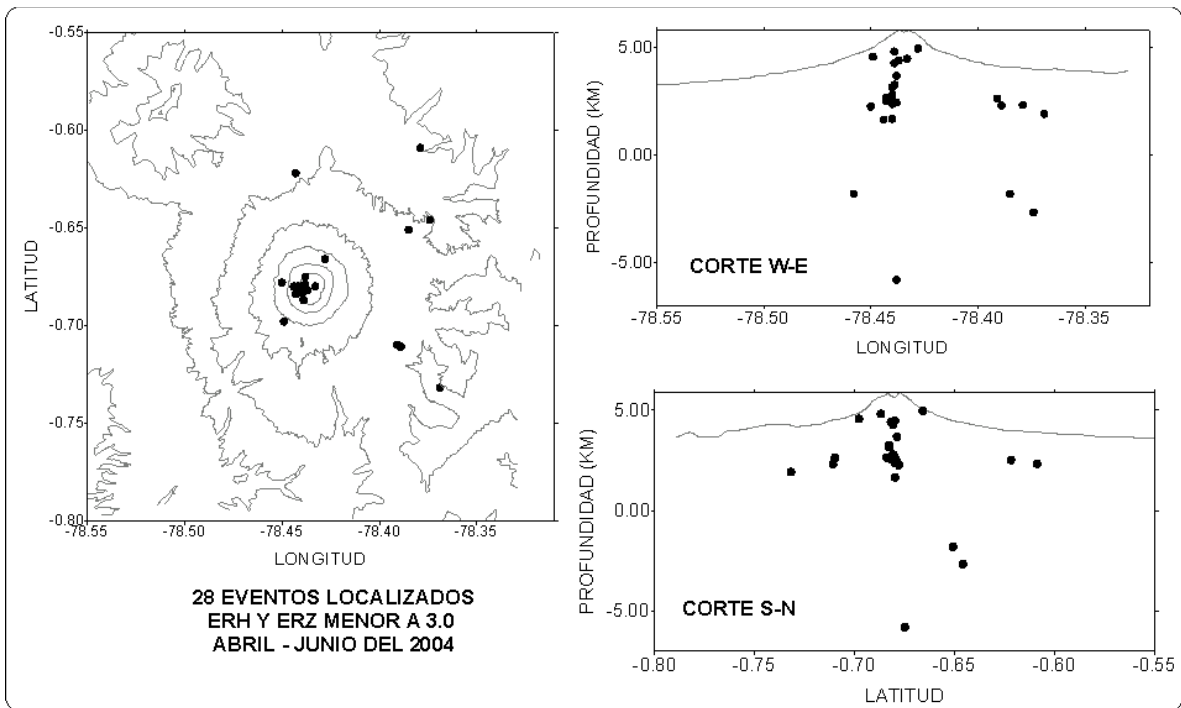


Figura No. 2 Localización de eventos con error vertical y horizontal menor a 3.0 km. Segundo trimestre del 2004

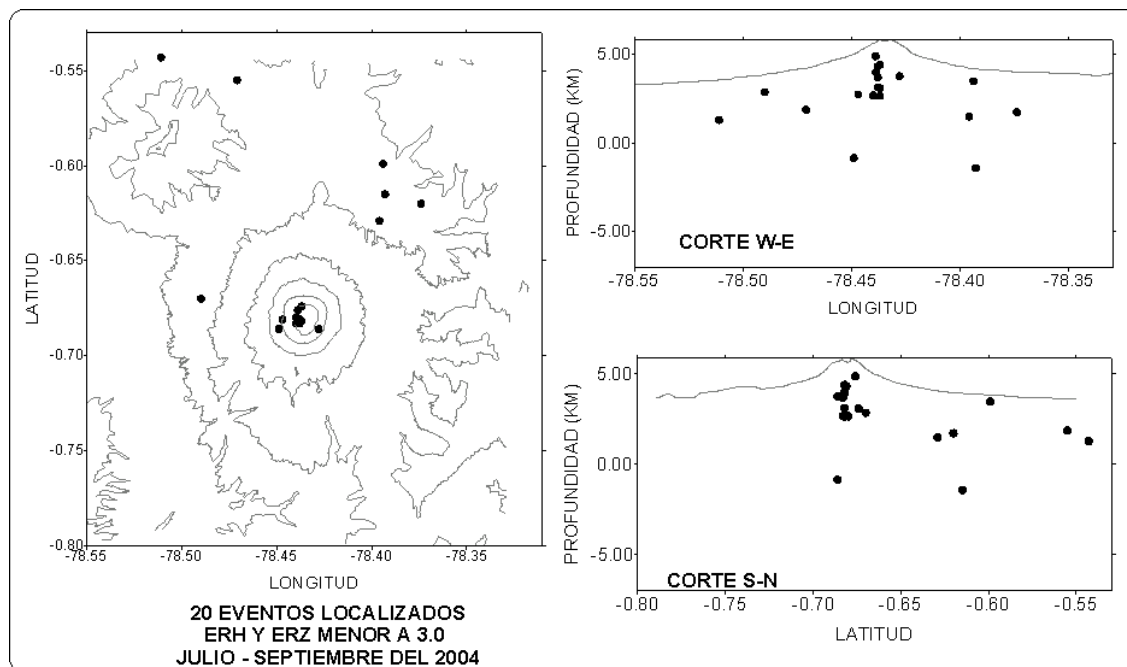


Figura No. 3 Localización de eventos con error vertical y horizontal menor a 3.0 km. Tercer trimestre del 2004

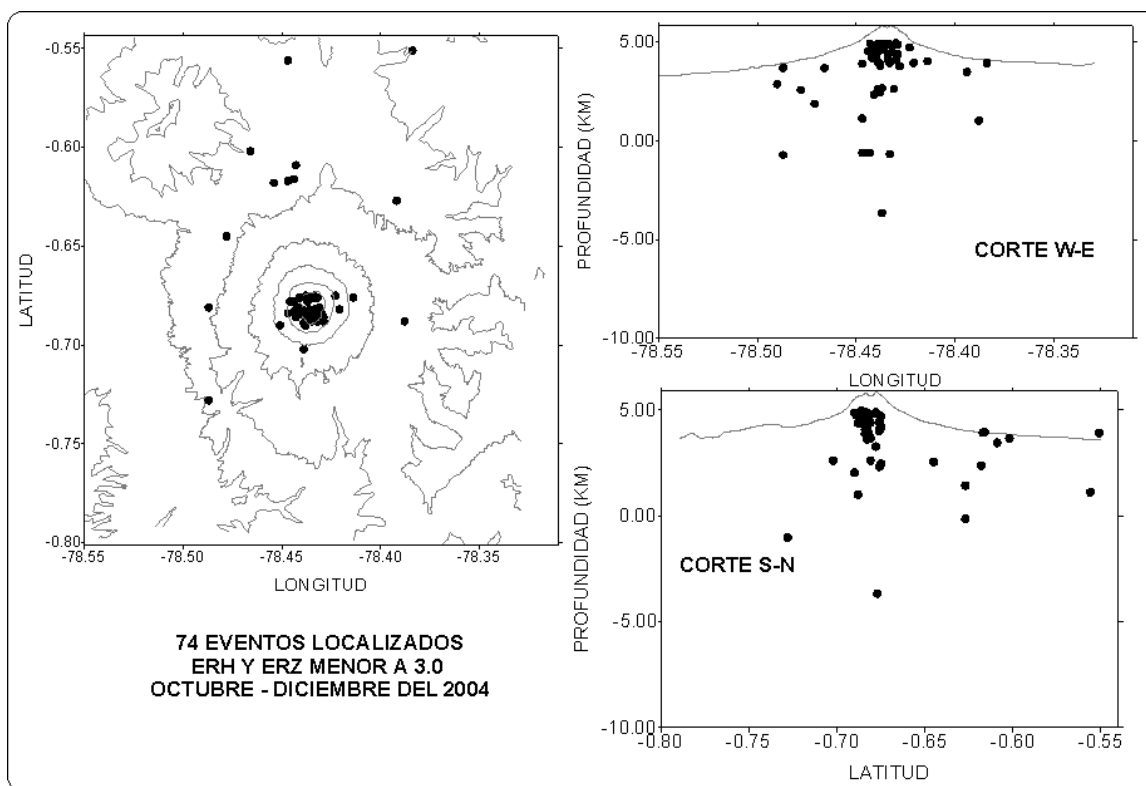


Figura No. 4 Localización de eventos con error vertical y horizontal menor a 3.0 km. Cuarto trimestre del 2004

2.4 ENERGIA LIBERADA

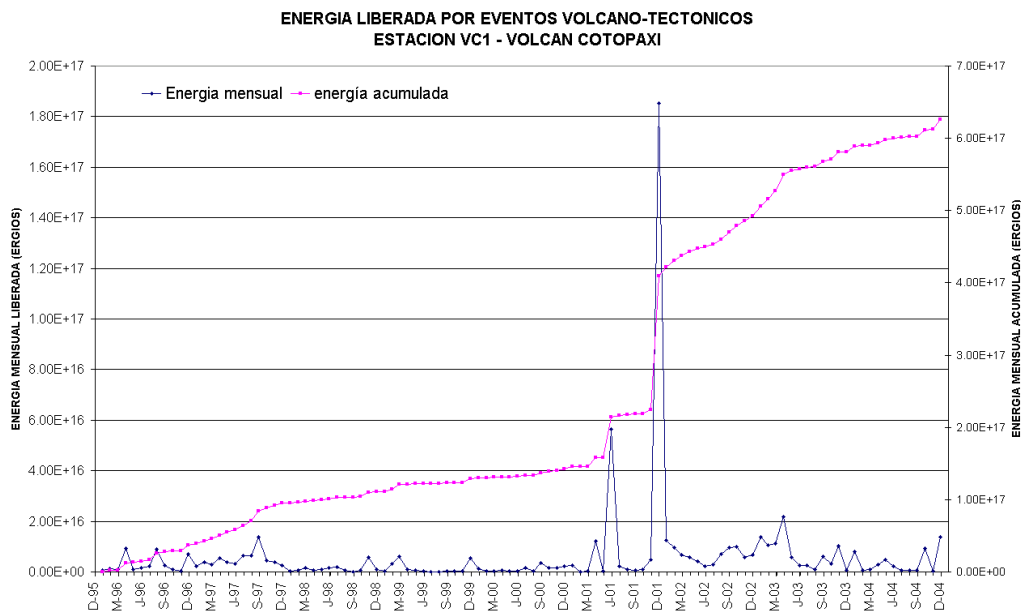


Figura No. 5 Curva de liberación de energía mensual de los sismos volcano-tectonicos desde enero de 1996 hasta diciembre 2004

Como se observa en la *Figura No.5*, la liberación de energía mensual durante el 2004 tuvo un carácter moderado pero oscilatorio. Desde el inicio del año hasta septiembre se mantuvo en un nivel bajo pero a partir de este mes se puede observar un paulatino incremento, el cual corresponde al registro de esporádicos eventos volcano-tectónicos de magnitud mayor a 4 durante estos últimos meses.

3 DEFORMACIÓN

En el año 2004 se pudo notar algunos cambios relacionados con posibles deformaciones de los flancos del cono.

En resumen, los cambios más notables están en el flanco nororiental del volcán, donde la tendencia es un acortamiento de la distancia entre la base y los prismas más altos. La diferencia de distancia comparativamente está alrededor de 6 cm comparado con los valores tomados durante el 2002. Mientras tanto, los cambios en el flanco occidental han tenido un leve acortamiento y los cambios en el flanco norte y oriental han sido mínimos o nulos (*Figuras No. 6, 7, 8 y 9*).

Es importante observar que existen cambios en la deformación durante el incremento de la actividad sísmica registrada a partir del 15 de octubre. Por otro lado, al inicio de este

periodo hay una clara correspondencia entre el aumento de los números de LP's grandes y cambios en los dos ejes del inclinómetro VC01 (Figuras. 10 y 11).

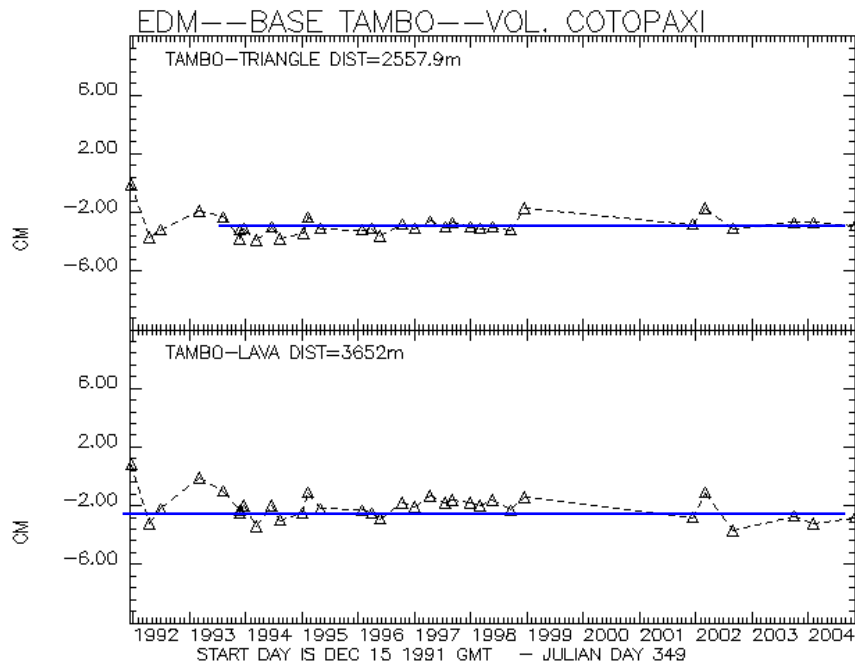


Figura No. 6 Datos de medidas de EDM tomados en el flanco oriental. Nótese que no se observe ningún cambio de importancia en las dos medidas.

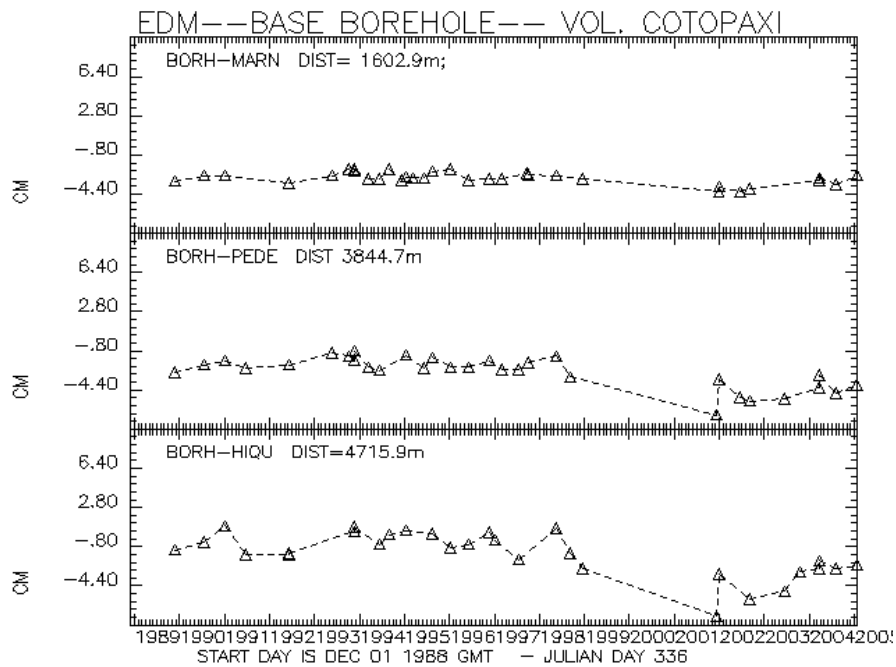


Figura No. 7 Datos de medidas de EDM tomados en el flanco occidental. Nótese que los cambios durante el 2004 han sido mínimos, pero por otro lado es notable que el nivel de

base cambió entre 1998 y 2002. En términos generales, la distancia entre la base y el prisma en las dos líneas de PEDE y HIQU se acortó.

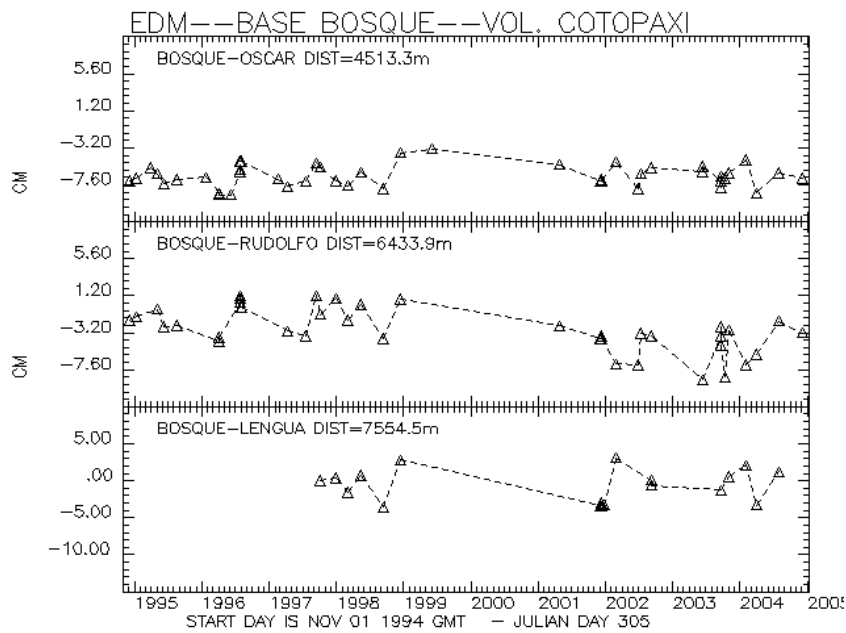


Figura No. 8 Datos de medidas de EDM tomados en el flanco norte. Durante el 2004 no se nota un rumbo muy claro.

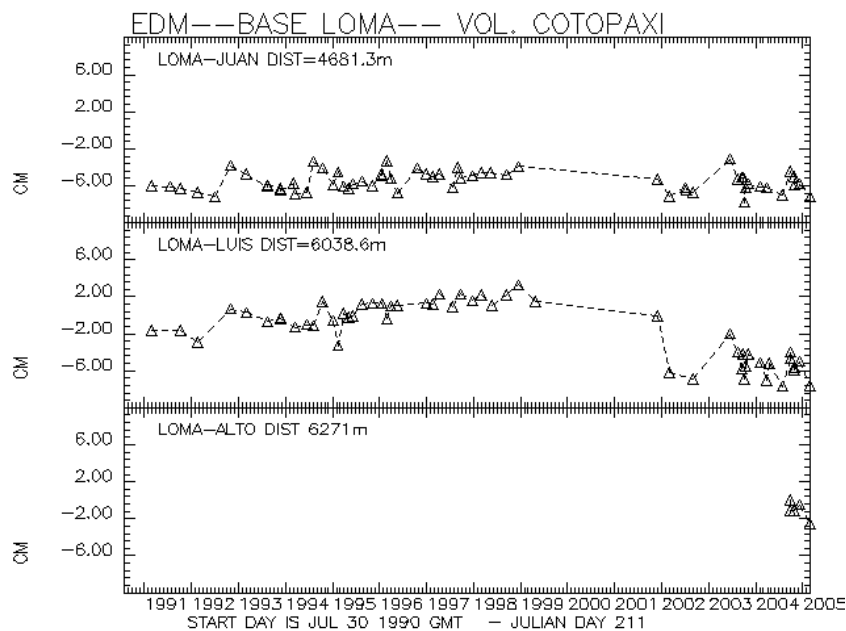


Figura No. 9 Datos de medidas de EDM tomados en el flanco nororiental. Durante el 2004 se nota una tendencia de acortamiento especialmente en las distancias de los prismas ubicados más altos.

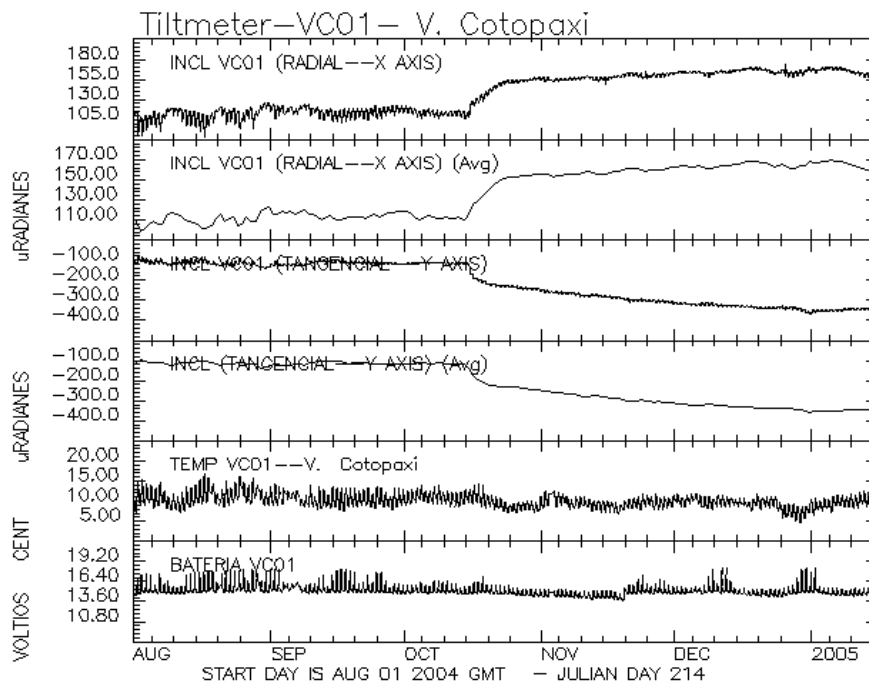


Figura No. 10 Datos de la estación inclinométrica (VC01) localizada en el flanco nororiental en el cual se nota un cambio notorio alrededor del 15-16 de octubre de 2004.

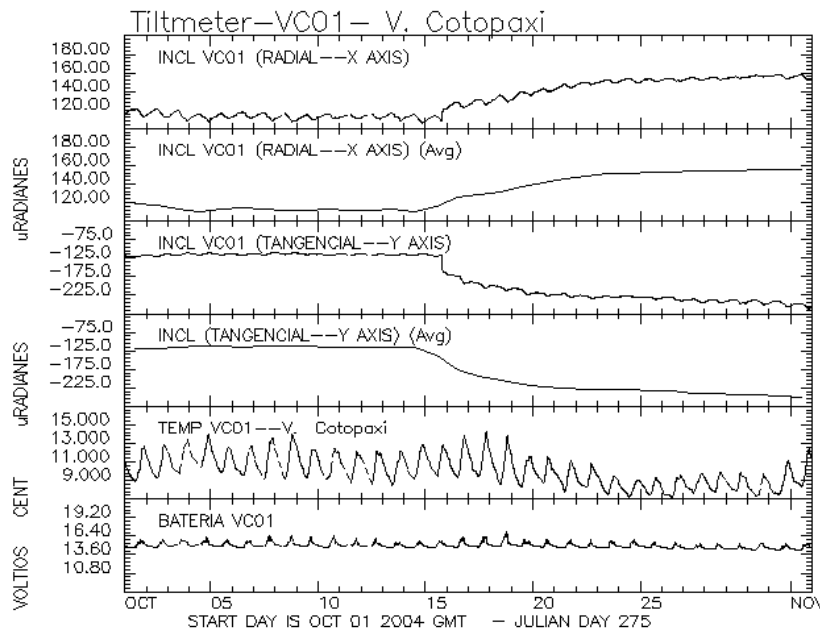


Figura No. 11 Datos de la estación inclinométrica VC01 en el flanco nororiental en lo cual se nota un cambio notorio alrededor del 15-16 de octubre de 2004. Se nota además que las líneas se aplanan a partir del 25 de octubre.

Durante el año se realizaron mejoras en el área de deformación. Se colocó el inclinómetro denominado VC01, en el flanco nororiental a una elevación de 4000 msnm. Se instaló un nuevo prisma para ser medida desde la base Loma. Este prisma está a ~ 4600

msnm y sus primeras medidas están graficados en figura 9., además se estableció una nueva base de EDM en las cercanías de la laguna de St. Domingo, localizado en el flanco oriental. Todo esto fue realizado con el afán de tener mejor control de posibles episodios de deformación del cono.

4 GEOQUÍMICA

Durante los meses de julio y octubre se realizaron medidas con el COSPEC desde el flanco noroccidental y norte, con el objeto de detectar posibles concentraciones de SO₂ en las cercanías del volcán. Sin embargo, aún con condiciones adecuadas no se detectó la presencia de este gas. Esto hace presumir que el sistema hidrotermal del volcán tiene un “sellamiento” que impide el escape de gases a la atmósfera.

Las visitas para medir temperatura, pH y conductividad en las dos pequeñas fuentes termales en el flanco norte del Cotopaxi no mostraron cambios con respecto a los valores establecidos como base o normales.

5 OBSERVACIONES REPORTADAS Y REALIZADAS

A continuación se describe los reportes recibidos por el Instituto Geofísico durante el transcurso del año 2004:

- **02 de enero:** Andinistas de la Escuela Politécnica Nacional reportan fuerte olor azufre en la zona de Yanasacha.
- **10 – 11 de enero:** Andinistas de la Escuela Politécnica Nacional reportan actividad fumarólica nula, y olor a azufre entre bajo y moderado en el sector del cráter.
- **20 de enero:** Se recibe un reporte de actividad fumarólica (dos o tres puntos) en la parte occidental del borde del cráter.
- **26 de enero al 8 de febrero:** Se recibe reportes de presencia de fumarolas cuyas emisiones no superan los 300 m de altura.
- **3 al 9 de mayo:** Según reportes del Guardián del refugio el nivel de las fumarolas se mantuvo bajo.
- **12 de junio:** Se recibe un reporte de un penacho de vapor localizado sobre el cráter del volcán.
- **25 de julio:** Personal del Instituto realizó una visita al cráter y reporta que no se percibió olor azufre en la zona. Se efectuaron medidas de la temperatura de las fumarolas del campo nor occidental y se obtuvo un valor promedio de 70°C. En general, la actividad fumarólica en esta zona fue moderada.
- **28 de julio:** Según el reporte de un andinista, en el sector de Yanasacha y en el cráter, la actividad fumarólica fue mucho menor que en otras ocasiones y el olor azufre bastante débil.
- **9 al 15 de agosto:** Personas que habitan alrededor del volcán señalan que no existen manifestaciones superficiales anómalas.
- **27 al 29 de agosto:** Un andinista reporta haber observado nuevas fumarolas en el flanco sur-occidental del cono.
- **26 de septiembre al 3 de octubre:** El Señor Diego Vásquez, andinista, reportó que a partir de los 5800 msnm hasta la cumbre, se percibe olor a azufre en un nivel

normal. En Yanasacha se observa solo roca descubierta y arenal. En la cara norte se observó un retroceso significativo del glaciar. En la zona del cráter se observa actividad fumarólica baja, tanto en el borde nororiental y norte.

- **14 de octubre:** Personal del Instituto realizó un sobrevuelo sobre el volcán y reporta que tanto las fumarolas del flanco externo occidental, flanco externo sur, bajo de la cumbre y del cráter interno se encontraban activas. Las zonas descubiertas por el descongelamiento generado a partir de la anomalía térmica registrada desde noviembre 2001 se mantienen. Además, se reportó el crecimiento de algunas de estas zonas descubiertas, como por ejemplo la zona de Yanasacha, y el apareamiento de nuevas zonas, como por ejemplo el flanco oriental superior y el flanco sur.
- **31 de octubre:** Andinistas reportaron que mientras ascendían a la cumbre, observaron columnas de vapor que salían por el labio inferior de la cumbre sur.
- **1 de noviembre:** Andinistas reportaron que mientras ascendían a la cumbre (aproximadamente a las 5h30 tiempo local), percibieron olor a azufre a una altura de 5680 m. Luego de salir del borde sur del cráter tuvieron que pasar por un sector desprovisto de glaciar, sorteando numerosas y muy pequeñas fumarolas del labio inferior de la cumbre sur. Igualmente pudieron observar una fumarola bastante grande en el lado occidental, el mismo que se encuentra completamente desprovisto de glaciar. Además, señalaron que en el lugar donde se encuentran las fumarolas pequeñas se puede percibir un fuerte olor a azufre y el calor en ese lugar fue muy evidente.
- **12 de noviembre:** En la mañana de este día varias personas, desde Quito, reportaron fumarolas en el cráter del volcán.
- **13 de noviembre:** Personal del Instituto Geofísico, desplazándose hacia el lado norte del volcán, observó una columna de vapor de pequeña altura.

6 CONCLUSIONES Y ASPECTOS IMPORTANTES

La actividad sísmica durante el 2004 se caracterizó por la generación de un número moderado de eventos. Mayormente las señales registradas fueron eventos de largo período (LP), híbridos (HB), diversos tipo de tremor (armónico y de alta frecuencia) y volcano tectónicos (VT). Generalmente los LPs e HBs se localizaron bajo el edificio volcánico entre 1 y 5 km de profundidad, en tanto los VTs se localizaron en esta misma zona y alrededor del volcán, especialmente al nor-occidente y nor-oriente. No se recibieron reportes de VTs sentidos por la población ubicada en la zona y alrededor del volcán.

En términos de la energía liberada, se considera que el año 2004 de manera general se caracterizó por un nivel moderado a bajo dentro de un comportamiento oscilatorio. Sin embargo se registró una importante liberación de energía a partir de septiembre y se mantuvo hasta finales de diciembre. Este comportamiento estuvo relacionado con ligeros incrementos de la actividad tipo VT y el registro esporádico de eventos de magnitud igual a 4.

Es importante resaltar que se generaron LPs considerados como grandes desde octubre y se mantuvieron en un promedio de registro de 1 evento por día hasta diciembre. Al parecer estos eventos no tuvieron manifestaciones superficiales relacionadas, sin embargo posteriores observaciones confirmaran esto en los alrededores del cráter.

En tanto a la deformación, durante octubre ocurrió un cambio brusco en los dos ejes del inclinómetro de VC01 (inicio de la ocurrencia de LP's grandes) y se observó un cambio progresivo en el acortamiento de las distancias en dos líneas de deformación medidas desde la base "Loma" (ubicada en el flanco nor-oriental). Al parecer estos cambios en la deformación son el resultado de presión interna ejercida por movimiento de fluidos que no presentan claras manifestaciones superficiales (ausencia de SO₂ detectable), siendo más susceptible a mostrar deformación el lado nororiental del volcán.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
INSTITUTO GEOFÍSICO
Abril, 2005

Elaborado por:

Liliana Troncoso s.
Patricia Mothes

ltroncoso@igepn.edu.ec
pmothes@igepn.edu.ec