

## **RESUMEN DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN COTOPAXI AÑO 2003**

### **1. ESTADO DEL VOLCAN**

De manera general la actividad sísmica del volcán se caracterizó por un nivel moderado a bajo con respecto al número de sismos registrados, sin embargo se presentaron nuevas señales como es el caso de diversos tipos de tremor.

Características sobresalientes de la actividad de este año fueron:

- Presencia de sismos volcano-tectónicos en los alrededores del edificio volcánico (zona sur, norte, nor-occidente).
- El registro de eventos volcano-tectónicos en el edificio volcánico con magnitudes mayores a 3 grados y reportados como sentidos.
- Registro de señales de tremor de diversos tipos con duraciones que van de minutos a días.
- Tres enjambres sísmicos (16 de marzo, 18 y 20 de septiembre) conformados principalmente por eventos híbridos y de largo período.

Hasta el momento no se ha logrado observar una correlación directa entre la actividad fumarólica y las señales de tremor, por lo que a pesar de ser semejantes a señales de emisión del Volcán Tungurahua, no se les puede denominar de esta manera por la falta de una manifestación superficial.

### **2. ACTIVIDAD SÍSMICA**

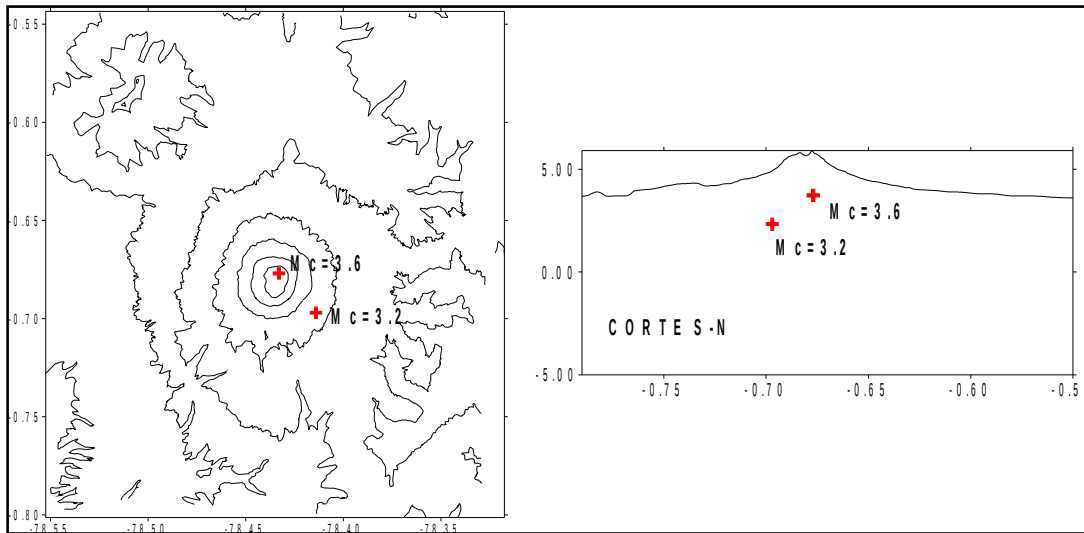
La actividad sísmica se mantuvo en un nivel bajo y constante hasta mediados del mes de marzo, siendo el promedio para este período de 15.03 sismos diarios. De los cuales 48% corresponde a sismos de largo período, 33% a híbridos, 8% a volcano-tectónicos y 10% a tremor.

Después de 8 meses de baja actividad sísmica, el 16 de marzo se registra un enjambre de aproximadamente 4 horas de duración compuesto de 36 eventos entre volcano-tectónicos e híbridos, que se localizaron dentro del edificio volcánico entre 1 y 3 Km. de profundidad. La energía liberada y el número de eventos registrados en este enjambre no marcan un pico de importancia comparado con los enjambres registrados anteriormente. Entre el 17 y 22 de marzo se registró un máximo de 48 sismos/día (21 de marzo) y un mínimo de 21 sismos/día (18 de marzo), lo que indica un período de actividad sísmica moderada.

Durante el mes de abril hasta inicio de mayo se registra un alto número de eventos volcano-tectónicos en y alrededor del edificio volcánico (zona norte y sur). Detallándose los picos de importancia a continuación:

- Entre el 7 y 8 de abril se registran 17 sismos volcano-tectónicos que se localizan en el flanco sur y sur-oriental a una profundidad de 3 Km. y magnitudes de coda comprendidas entre 2.66 y 3.87 grados .

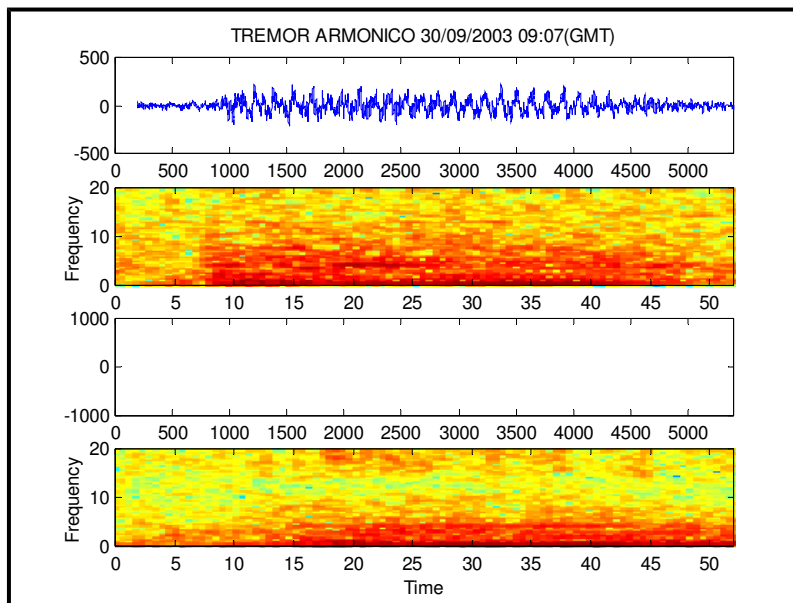
- Entre el 18 y 20 de abril se registran 12 sismos volcano-tectónicos en la zona norte del volcán (sector denominado de Pita) entre 3 y 10 Km. de profundidad con respecto a la cumbre, con magnitudes entre 2.5 y 3.4 grados.
- Entre el 29 y 30 de abril con 22 sismos localizados en la zona norte y nor-oriental del volcán, con un profundidad promedio de 8 Km. con respecto a la cumbre y magnitudes entre 2.66 y 4.08 grados.
- Es importante señalar que se reportaron como eventos sentidos los registrados el día 23 de abril a las 02h21 (tiempo local) y el 2 de mayo a las 09h49(tiempo local), con magnitudes de coda de 3.6 y 3.2 grados. Estos eventos fueron localizados dentro del edificio volcánico a una profundidad de 3 Km. aproximadamente. (**Figura No. 01**)



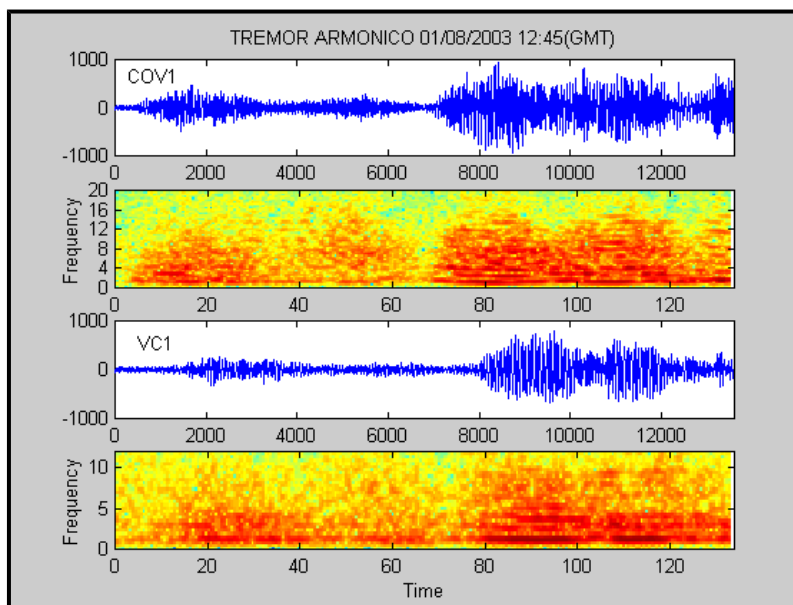
**Figura No.01** Localización de sismos sentidos con la magnitud correspondiente.

Desde el 2 de mayo hasta noviembre se registra un período caracterizado por un nivel bajo y moderado de sismicidad relacionado con eventos discretos (largo período, híbridos y volcano tectónicos), pero alto en cuanto a señales de tremor (espasmódico, armónico y monocromático). La mayor parte de eventos tremóricos son registrados en la estación sísmica localizada a 2 km de la cumbre del volcán y entre las principales características de estos, se destaca:

- Se registró bandas de tremor de baja frecuencia (0.6 a 0.8 Hz) de varias horas de duración con una amplitud promedio de 4mm en la estación cerca al Refugio. Este tipo de tremor se atenúa muy rápidamente, razón por la cual no es perceptible en el resto de estaciones. La duración máxima fue de 2 días y se registró entre el 29 y 30 de septiembre. (**Figura No. 02**)
- Tremor de baja frecuencia que satura en la estación cerca al Refugio y se registra en el resto de estaciones. Tiene una duración promedio de 7 minutos y generalmente inicia con una señal de alta frecuencia de 7Hz que puede durar hasta 1 minuto. La señal de baja frecuencia tiene su pico fundamental en 1.6 Hz y presenta varios armónicos ( 7 picos). (**Figura No. 03**)

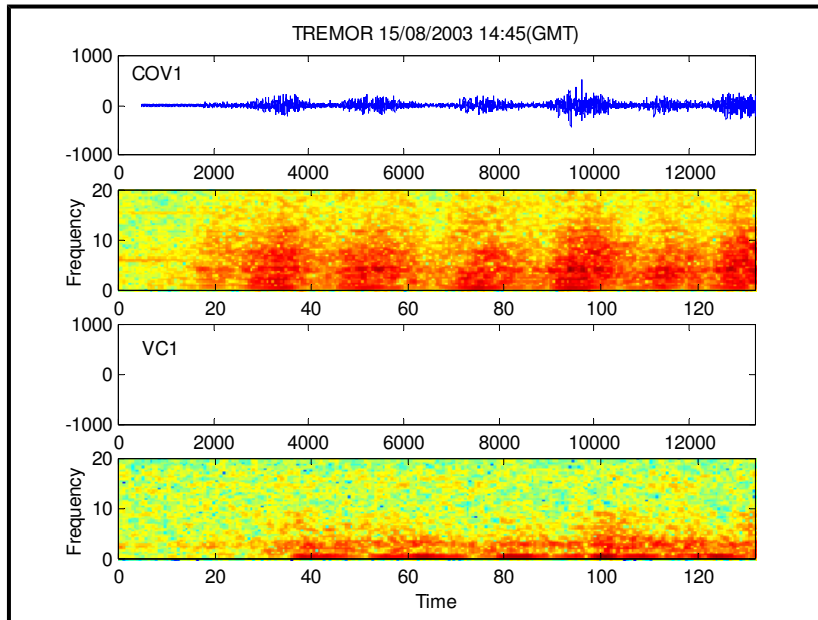


**Figura No. 02** Muestra de tremor armónico de baja frecuencia

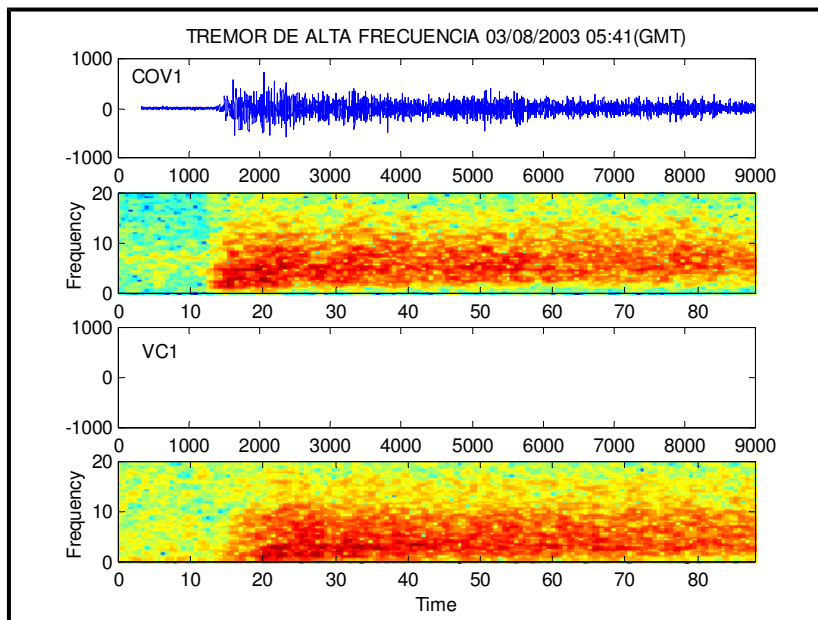


**Figura No. 03** Muestra de tremor de alta frecuencia seguido por tremor armónico

- Tremor espasmódico compuesto por eventos de largo período e híbridos, con duración menor a los 10 minutos. (**Figura No. 04**)
- Tremor de alta frecuencia con duración menor a los 10 minutos y frecuencia principal entre 4.3 y 4.9 Hz, se registra en todas las estaciones y aparecen en mayor número en didiembre. Este tipo de señales se registra en febrero, pero se diferencia en la duración que no es mayor a los 3 minutos y aparecen en las estaciones más cerca de la cumbre. (**Figura No. 05**)



**Figura No. 04** Muestra de tremor espasmódico



**Figura No. 05** Muestra de tremor de alta frecuencia

El 18 de septiembre se registra un enjambre sísmico de aproximadamente dos horas de duración conformado principalmente por eventos híbridos y de largo período. En cambio el 20 de septiembre se registra un enjambre de 6 horas de duración, con iguales características que el enjambre anterior.

En el mes de diciembre se registra un alto número de eventos de largo período (543 eventos de 800 sismos totales) que aparecen en forma individual y no a manera de enjambre. Estos

eventos se localizan bajo el edificio volcánico entre 2 a 5 Km. de profundidad con respecto al fondo del cráter.

### **ESTADISTICAS**

En este año se registró un total de 4969 sismos correspondiendo un 58% a eventos de largo período, 24,3% a híbridos, 8.45% a volcano-tectónicos y 8.90% a señales de tremor.

Con respecto a la sismicidad registrada desde el 2001, considerado el inicio del período anómalo de sismicidad para el volcán, se puede observar que el 2003 se caracteriza por un nivel bajo de eventos registrados. Sin embargo no hay un retorno a las características consideradas como normales, es decir previo al 2001, ya que se continúan registrando nuevos tipos de señales sísmica. (Tabla No. 01)

<b>AÑO</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>PROMEDIO DIARIO</b>
<b>2001</b>	461.4	15.4
<b>2002</b>	612.1	20.4
<b>2003</b>	411.8	13.96

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

En la Tabla No. 02 se puede observar que no todos los meses con un número más alto de eventos registrados (abril, noviembre y diciembre), no corresponde a meses con enjambres sísmicos.

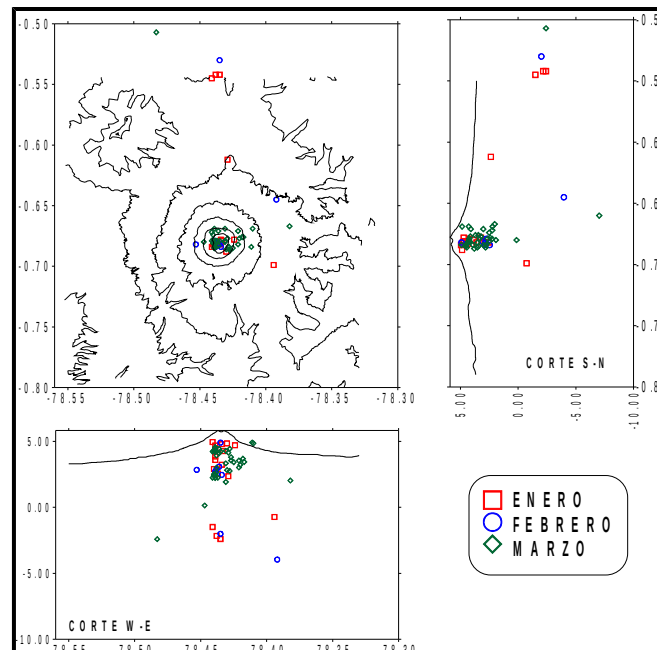
<b>AÑO 2003</b>	<b>LP</b>		<b>HB</b>		<b>VT</b>		<b>TREMOR</b>		<b>TOTAL</b>	<b>DIARIOPROM.</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>PROM. DIARIO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PROM. DIARIO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PROM. DIARIO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PROM. DIARIO</b>		
Enero	203	6.54	190	6.13	36	1.16	27	0.88	456	14.7
Febrero	227	8.10	134	4.79	42	1.5	68	2.43	471	16.82
Marzo	311	10.03	220	7.10	102	3.29	26	0.84	659	21.26
Abril	328	10.93	97	3.23	73	2.43	9	0.30	507	16.9
Mayo	272	8.77	75	2.41	35	1.13	35	1.13	418	13.48
Junio	224	7.47	76	2.53	20	0.67	44	1.47	364	12.13
Julio	173	5.58	49	1.58	10	0.32	34	1.10	266	8.58
Agosto	199	6.42	65	2.10	13	0.42	49	1.58	326	10.51
Septiembre	304	10.04	135	4.50	32	1.07	11	0.37	482	16.06
Octubre	250	8.06	63	2.03	22	0.71	43	1.38	378	12.19
Noviembre	366	12.2	75	2.50	33	1.1	93	3.10	567	18.90
Diciembre	543	17.51	167	5.39	13	0.42	77	2.48	800	25.80

**Tabla No. 02** Detalle de la sismicidad registrada mensualmente en el Volcán Cotopaxi durante el 2003.

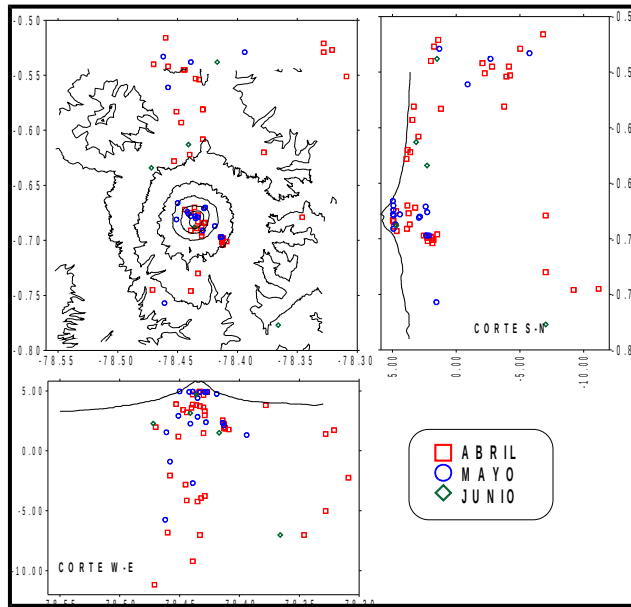
## LOCALIZACIÓN DE EVENTOS

Los eventos localizados corresponde 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.

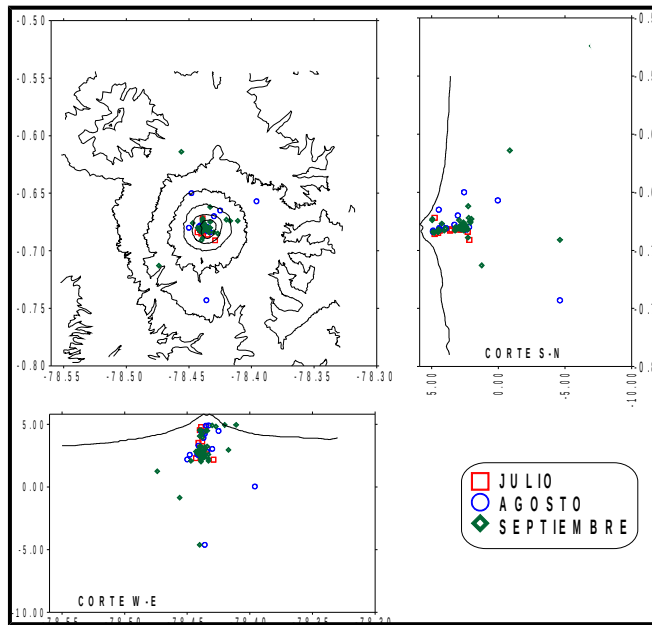
Se han localizado un total de 262 eventos de los cuales el 49% corresponde a sismos volcano-tectónicos, 24,4% sismos de largo período, 22,51% sismos híbridos y 5% a señales de tremor.



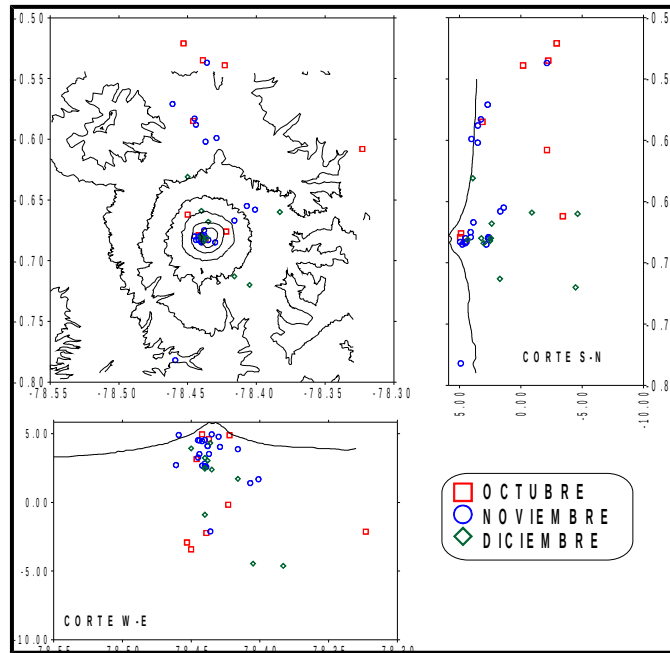
**Figura No. 06** Localización de eventos con error vertical y horizontal menor a 3.0 km.  
Primer trimestre del 2003



**Figura No. 07** Localización de eventos con error vertical y horizontal menor a 3.0 km.  
Segundo trimestre del 2003

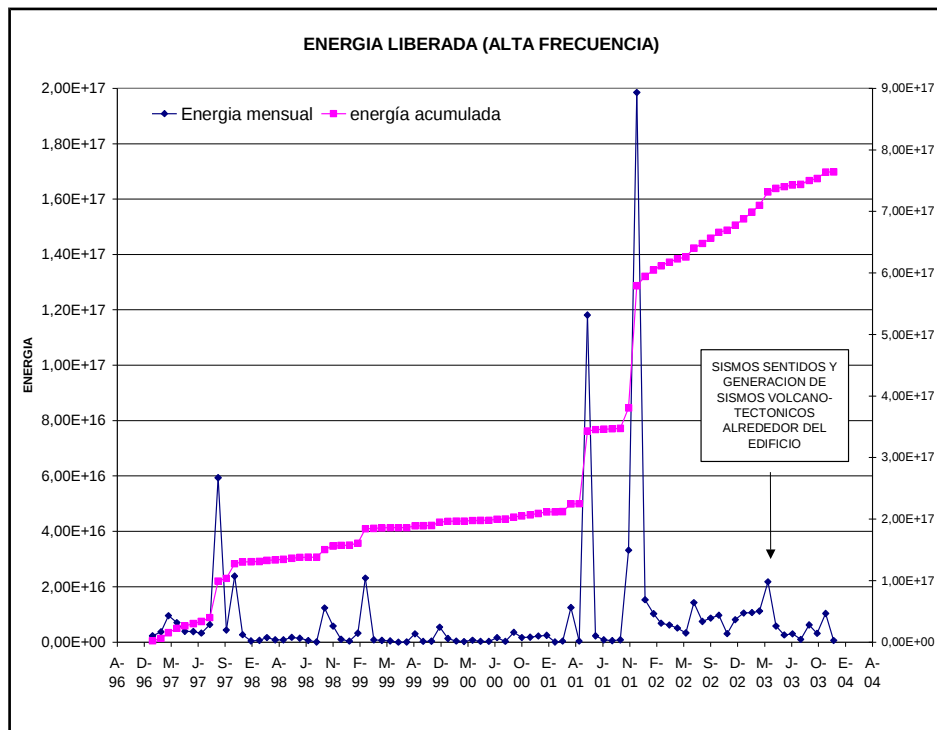


**Figura No. 08** Localización de eventos con error vertical y horizontal menor a 3.0 km.  
Tercer trimestre del 2003



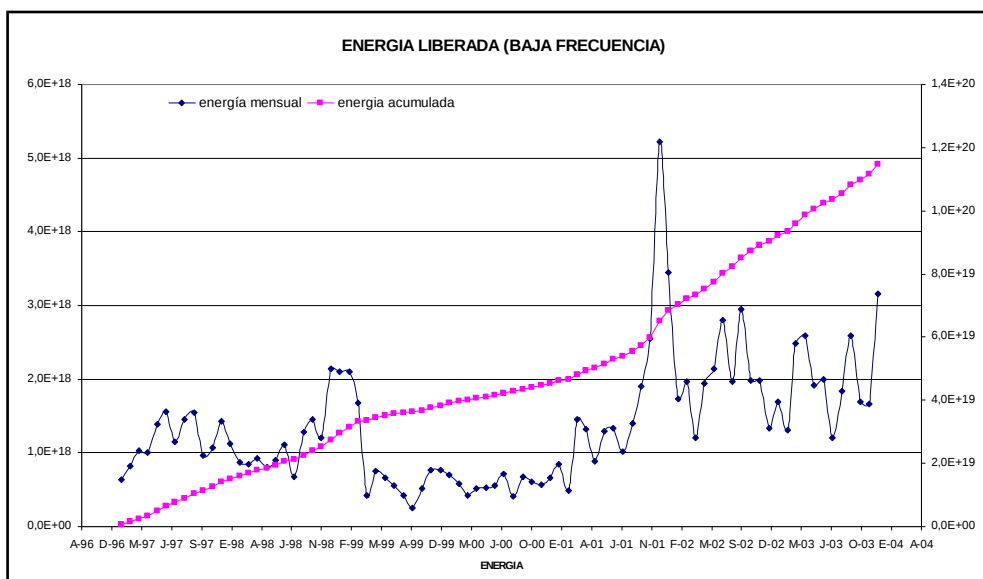
**Figura No. 09** Localización de eventos con error vertical y horizontal menor a 3.0 km. Cuarto trimestre del 2003

**ENERGIA LIBERADA**



**Figura No. 10** Curva de liberación de energía mensual de los sismos volcánico-tectónicos desde enero de 1997 hasta diciembre 2003.





**Figura No. 11** Curva de liberación de energía mensual de los sismos de baja frecuencia desde enero de 1997 hasta diciembre 2003.

Durante el 2003 se determina que la liberación mayor de energía con respecto a sismos volcano-tectónicos se da en el mes de abril. Dicha liberación de energía se relaciona con el alto número de sismos registrados alrededor del edificio volcánico y los sismos con magnitud mayor a 3 grados localizados en el edificio volcánico.

En la **figura No. 10** se puede observar que los enjambres sísmicos registrados en marzo y septiembre no determinaron picos de importancia.

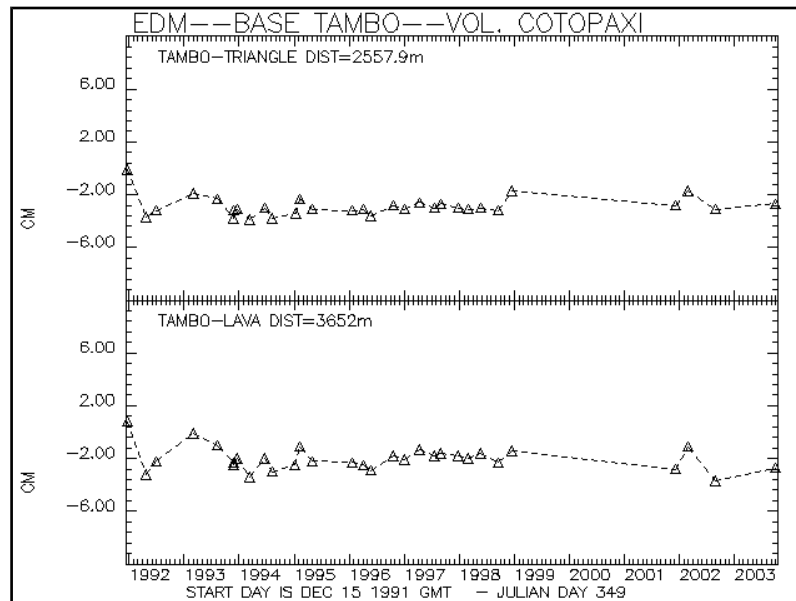
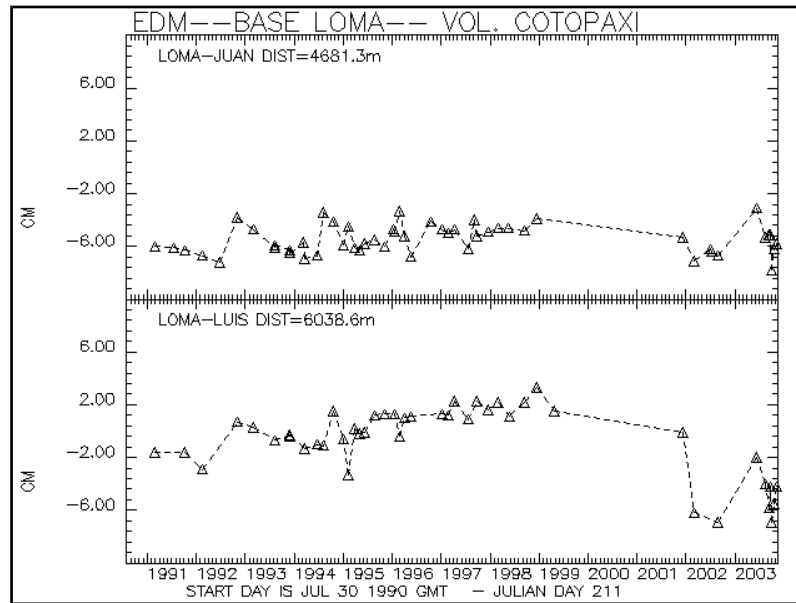
Con respecto a los sismos de baja frecuencia se observa que la liberación de energía de importancia se da en los meses de marzo, abril, septiembre y diciembre. Siendo este último mes uno de los picos de mayor importancia desde enero del 2001. Este punto alto de energía se relaciona con la cantidad elevada de sismos de largo período registrados (**Figura No. 11**)

### 3. DEFORMACIÓN

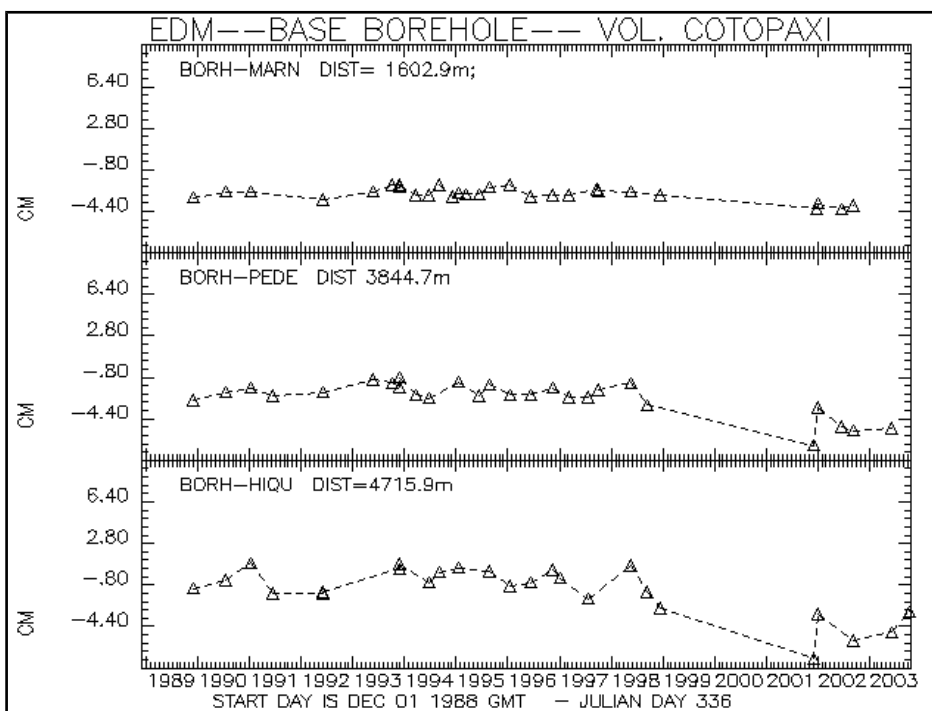
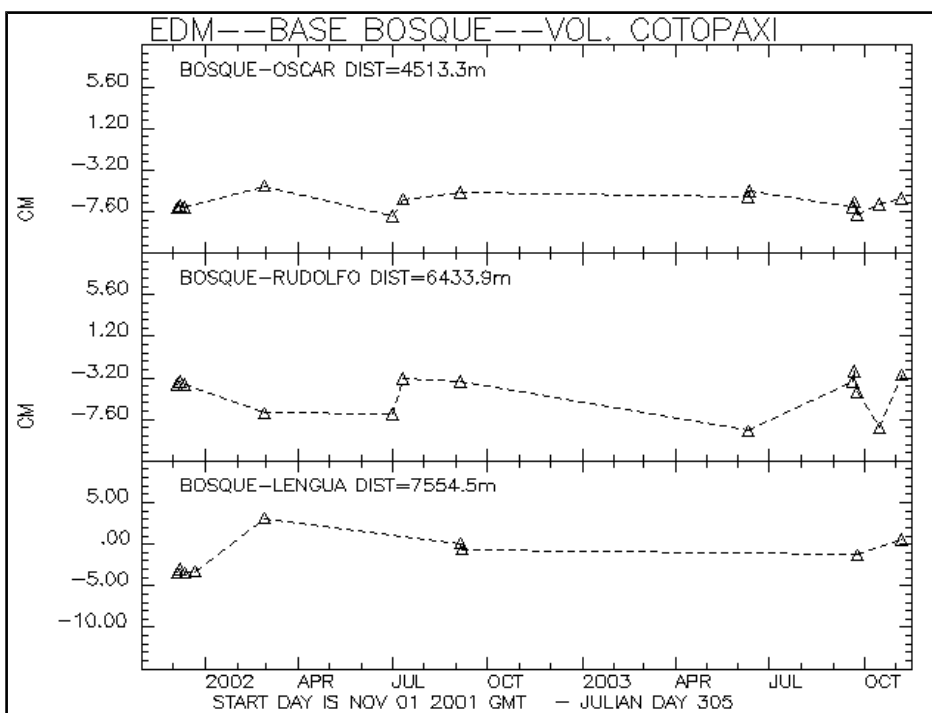
El volcán cuenta con un control de deformación confirmado por el método de medidas con un EDM desde 5 bases alrededor del volcán y además por un inclinómetro electrónico y dos GPS continuos.

En tanto las medidas de deformación realizadas con el EDM se refiere a las **figuras 12, 13 y 14**. En rasgos generales se nota que desde medianos del año (Mayo-Junio) se registra un tendencia de acortamiento de las distancias de las líneas de EDM en el flanco Nororiental, y ligeramente en el flancos Norte y Occidental. En el flanco oriental (Estación Tambo) no se ha detectado ningún cambio. Además en el inclinómetro COVR se observa una tendencia

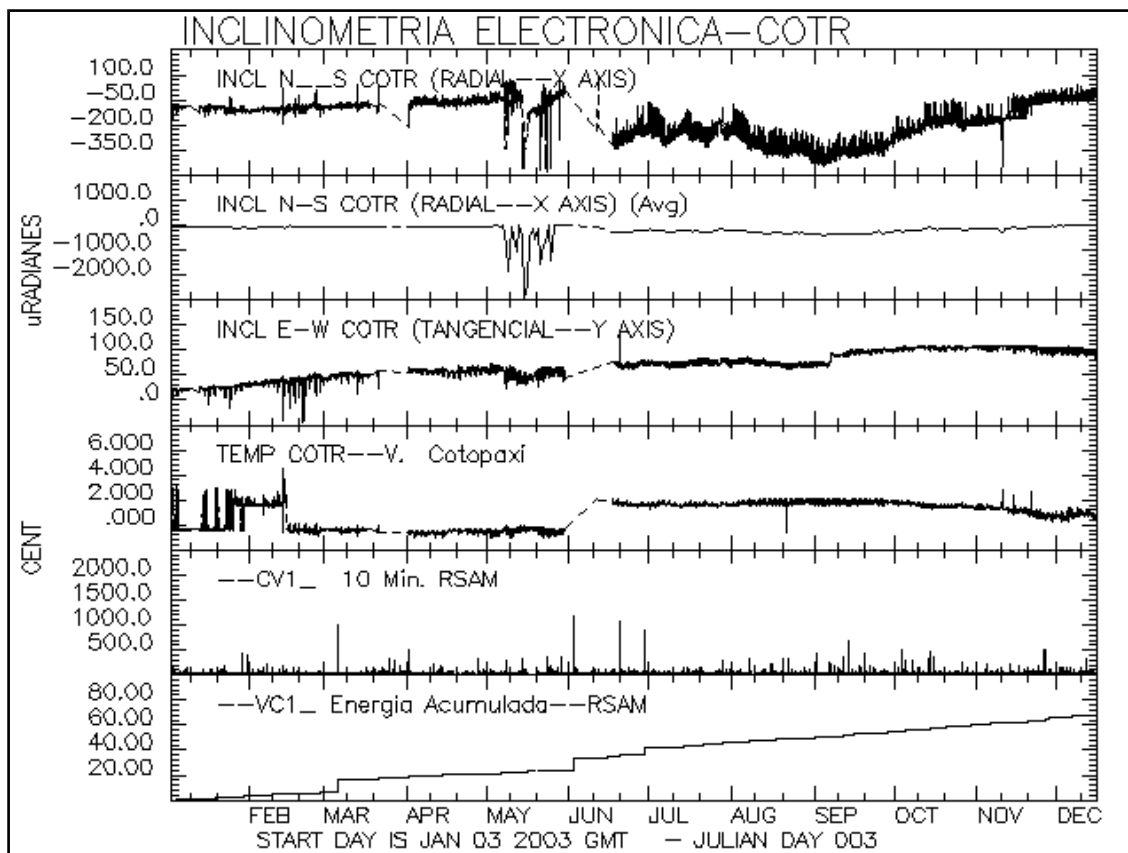
inflacionaria en el eje radial durante Julio a Septiembre. Sin embargo este patrón se cambió en Octubre. En fin, se cree que el volcán está experimentando ligeros cambios en sus flancos, los mismos que están siendo detectados por las medidas de EDM que genera un patrón repetido en tres cuadrantes del volcán. La tendencia de una ligera inflación es coherente con las incidencias importantes de tremor que ha sido registrado especialmente durante Mayo a Diciembre, pero la liberación de energía relacionada con manifestaciones superficiales es nula.



**Figura No. 12** Ploteo de los datos de medidas de EDM en los flancos nororiental y oriental del V. Cotopaxi. Se nota desde mediados del 2003 una tendencia de acortamiento de las líneas (estado inflacionario).



**Figura No. 13** Ploteo de las medidas de EDM efectuado en los flancos norte y oeste del volcán Cotopaxi hasta medianos de noviembre de 2003. Los patrones observados en la Figura 12 son ligeramente observados en estos ploteos.



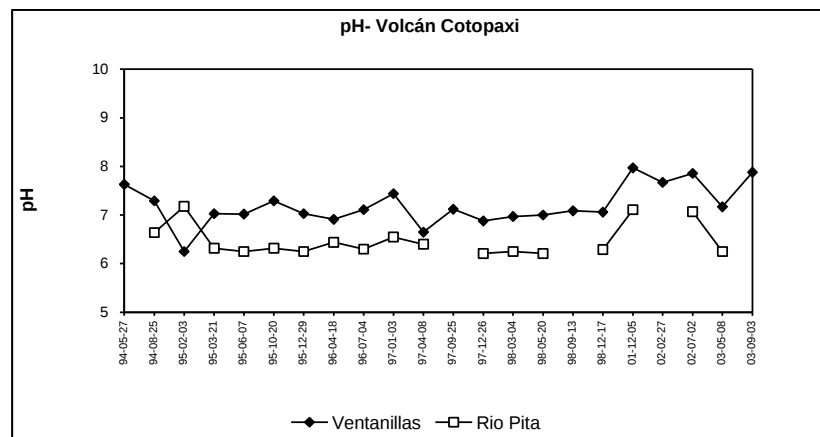
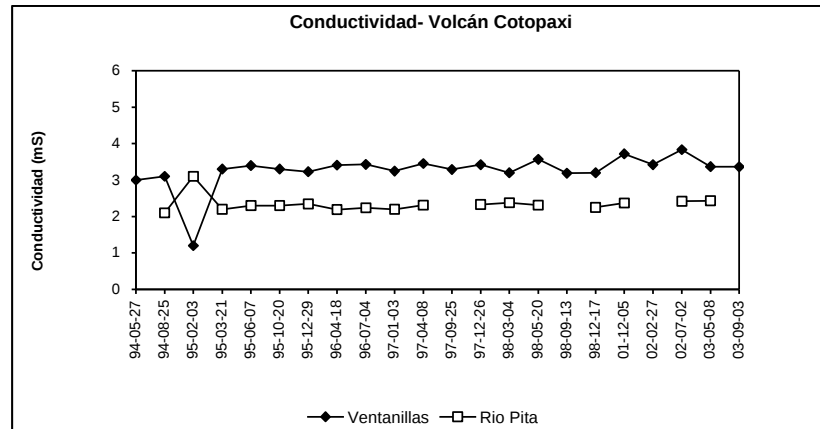
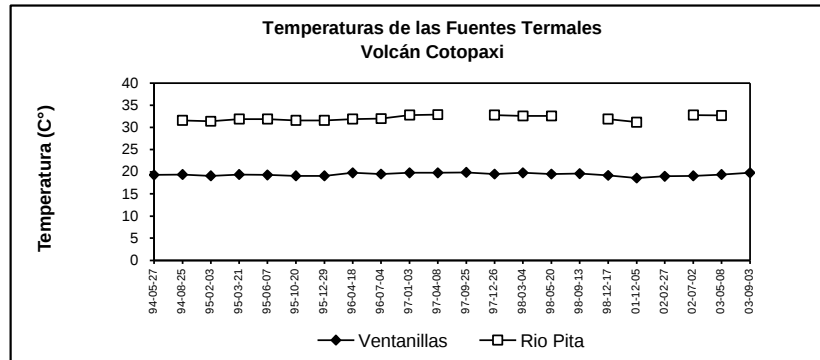
**Figura No. 14** Ploteo de los datos del inclinómetro “COVR”, ubicado arriba del Refugio, a 4900 m.

#### 4. GEOQUÍMICA

Este tipo de vigilancia se realiza mediante los análisis de agua de los dos manantiales ubicados en el flanco nor-oriental del volcán Cotopaxi y medidas de COSPEC para determinar la situación interna del volcán, relacionada con salidas detectales de gases magmáticos.

De los análisis físicos de temperatura, pH y conductividad, el único cambio que se nota es el pH que ha variado en las medidas de los dos manantiales, poniéndose ligeramente más alcalino. (**Figura No. 15**)

En mayo se realizó una “scan” o muestreo con el COSPEC desde el flanco norte y no se detectó absolutamente ningún registro de SO<sub>2</sub>.



**Figura No. 15** Variación de los parámetros analizados en las muestras de agua de los manantiales del Volcán Cotopaxi.

## 5. OBSERVACIONES REPORTADAS Y REALIZADAS

Durante la primera semana de abril un grupo del Instituto Geofísico realiza un ascenso al Volcán y reporta como aspecto más relevante el olor azufre en un nivel normal en el sector de la cumbre.

En el ascenso realizado en el mes de mayo (04 y 05) se reporta presencia de columnas de vapor que alcanzan alturas entre 400 y 800 m sobre el nivel del cráter, además de fuerte olor azufre. Se reportó la presencia de nuevas fumarolas en la zona de Yanasacha.

El 4 de junio se reciben reportes desde diversos sectores ubicados alrededor del volcán (Latacunga y Quito), de la presencia de una columna de vapor de aproximadamente 400 metros sobre el cráter del volcán.

En la semana del 09 al 15 de junio se reciben diversos reportes de la presencia de columnas de vapor de aproximadamente 100 metros sobre el nivel del cráter .

El domingo 7 de septiembre andinistas reportan actividad normal fumarólica en el sector del cráter y olor azufre normal.

El día 3 de octubre se reporta presencia de pequeños penachos blancos en la cumbre del volcán.

Durante el 5 y 6 de diciembre andinistas reportan la actividad de 3 fumarolas en el sector de Yanasacha y la presencia de un grupo de fumarolas en el interior del cráter y en los bordes del anillo superior.

## 6. CONCLUSIONES Y ASPECTOS IMPORTANTES

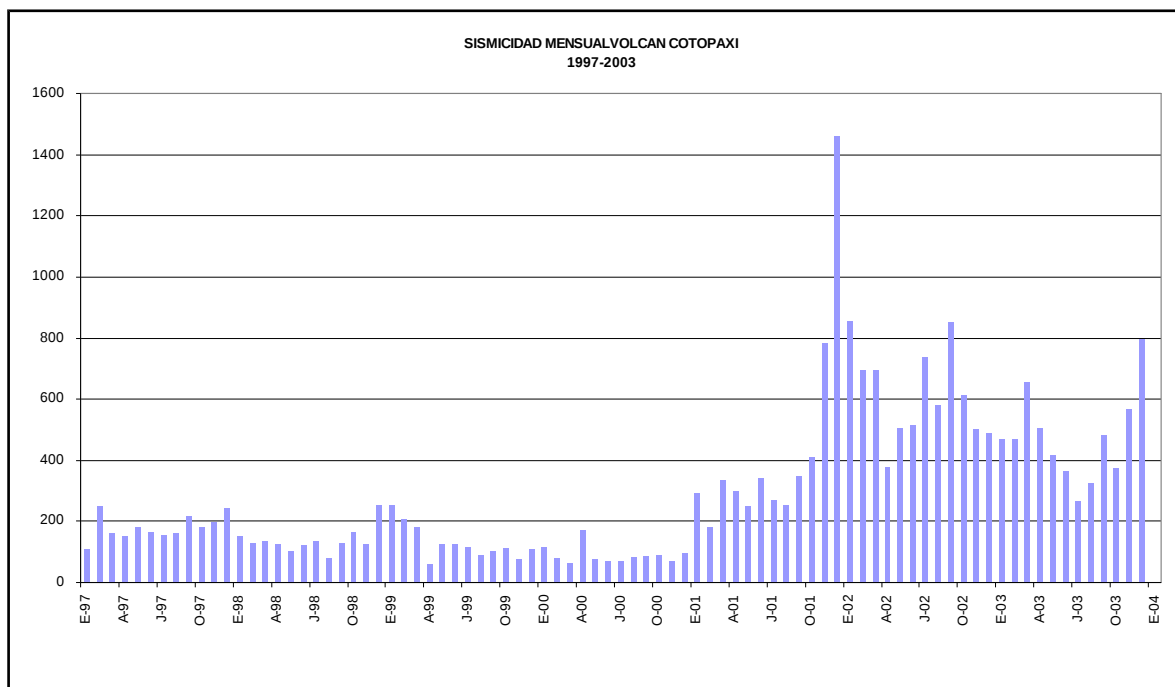
El volcán Cotopaxi se mantiene en un nivel de actividad anómala que se inicio desde el 2001 y se continua hasta la actualidad (**Figura No.16**). Dicha actividad anómala tiene manifestaciones que han sido registradas en más de un sistema de vigilancia (sísmica, geoquímica, deformación y visual)

Entre marzo y abril se registró un alto número de sismos volcano-tectónicos o sismos relacionados con fracturamiento de rocas en los alrededores del edificio, siendo el resultado del cambio o incremento de esfuerzos en dicha zona. Inmediatamente desde el mes de mayo hasta diciembre se registra un alto número de señales de tremor y diversos tipos de ésta, sin manifestaciones superficiales.

Una posible interpretación para esta actividad es el registro de una nueva inyección mágmatica hacia la cámara o el escape de una fase gaseosa desde ésta entre los meses de marzo y abril. Como consecuencia de esta inyección se registra un nuevo calentamiento del

cuerpo hidrotermal que da como resultado la generación de las señales de tremor asociados a una fase gaseosa o líquida en movimiento.

Además andinistas reportan que el año se caracteriza por intensas nevadas pero especialmente a partir del mes de septiembre. Lo que implicaría una recarga del cuerpo hidrotermal, que afectado por un cuerpo caliente tendría la posibilidad de generar señales de tremor con las características indicadas (p.e. duración de varias horas hasta días). Por la falta de manifestaciones superficiales este tipo de señales se deben generar y desarrollar dentro del edificio volcánico.



**Figura No. 16** Total mensual de sismos registrados en el volcán Cotopaxi desde enero de 1997 hasta diciembre del 2003. Note el nivel mayor a 400 sismos/mes desde noviembre del 2001 y que se mantiene hasta la fecha.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
INSTITUTO GEOFÍSICO  
DICIEMBRE DEL 2003