

Biblioteca 61

INGEOMINAS

45693
Julio 2/91

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DE COLOMBIA

APARTADO AEREO 1296 - TELEX 83443 (CEVUL CO) FAX (5768) 826735

Boletín Informativo Nº 51

ABRIL 1991



257
51

MANIZALES

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS

1257
51



I N G E O M I N A S

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DE COLOMBIA

Dirección : Avenida 12 de Octubre No. 15 - 47
Manizales - Caldas - Colombia
Teléfonos : (5768) 843004 - 843005 - 843007
Fax : 826735
Telex : 83443 (CEVUL CO)
Apartado Aéreo : 1296

BOLETIN INFORMATIVO No. 51

Abril de 1991

La información contenida en este boletín es preliminar, de carácter informativo, confidencial y sujeta a modificaciones. Por lo tanto, debe solicitarse autorización escrita al D.V.C. antes de ser citada en alguna publicación.

MANIZALES - COLOMBIA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS,
MINERIA Y QUIMICA

- INGEOMINAS -

SUBDIRECCION DE GEOFISICA

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DE COLOMBIA

Director General : Adolfo Alarcón G.
Subdirector de Geofísica : Alvaro Murillo R.

Cuerpo Técnico - Científico del Observatorio Vulcanológico de Colombia con sede en la ciudad de Manizales :

Director	:	César A. Carvajal M.
Grupo de Deformación	:	Luis F. Guarnizo A. Héctor Mora P. Jair Ramírez C.
Grupo de Geología y Geoquímica	:	Claudia Alfaro V. Marta Calvache V. (1) Ricardo A. Méndez F.
Grupo de Sismología	:	Olga P. Bohórquez O. Fernando Gil C. John M. Londoño B. Fernando Muñoz C. (1) Jairo de J. Patiño C. Alvaro P. Acevedo Jairo L. Socarrás B.

Estudiantes de la Universidad de Caldas:

Deformación:	Monica Maria Tamayo	
Geoquímica:	Hernan T. Valencia	
Sismología:	Libaniel Casas	Isabel C. Gómez
	Albeiro Marín	José M. Martínez
	Jaime Raigoza	Carlos A. Vargas

(1) Comisión de estudios en U.S.A.

VOLCAN NEVADO DEL RUIZ

SISMOLOGIA

RESUMEN

La actividad sísmica durante el mes de abril, en línea general, fue baja tanto en la ocurrencia de eventos sísmicos, como en la energía liberada. Lo más conspicuo durante el mes fue la presencia de un enjambre de sismos de alta frecuencia, ocurrido el día 7, el cual alcanzó valores muy altos en su energía liberada. El tremor fue generado básicamente por el sistema hidrotermal, y algunas veces estuvo asociado a emisiones de cenizas, las cuales fueron más frecuentes al final del mes.

NUMERO DE SISMOS Y ENERGIA LIBERADA

En términos generales la sismicidad para los eventos sísmicos de alta y baja frecuencia presentó bajos niveles, exceptuando el día 7 en el cual se registró un enjambre de sismos de alta frecuencia alcanzando niveles muy altos, tanto en energía como en número de sismos (Figs. 1 y 2). Para la sismicidad de alta frecuencia la energía liberada fue en general baja, mientras que para los sismos de baja frecuencia, los niveles de energía oscilaron entre bajos y moderados (Figuras 1 y 2).

LOCALIZACION DE SISMOS DE ALTA FRECUENCIA

Dos fuentes sísmicas para los sismos de alta frecuencia, se destacaron en este mes; una de ellas se localizó al Suroeste del cráter, y la otra al Noreste; ambas se hallan alineadas a lo largo de la dirección de la falla de Palestina (Fig. 3). Las profundidades hipocentrales se concentraron principalmente entre 0.5 y 3 Km, y algunas más dispersas alcanzaron hasta 5 Km (Figs. 4 y 5). Los epicentros sísmicos del enjambre ocurrido el día 7 se localizaron a 2 Km al Suroeste del cráter, con profundidades hipocentrales inferiores a 2.5 Km. La Tabla 1 muestra los parámetros de localización.

TREMOR

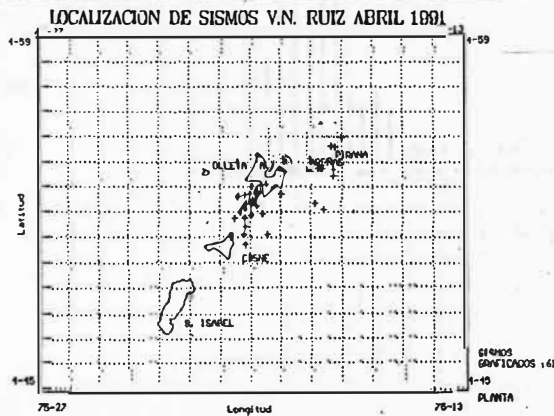
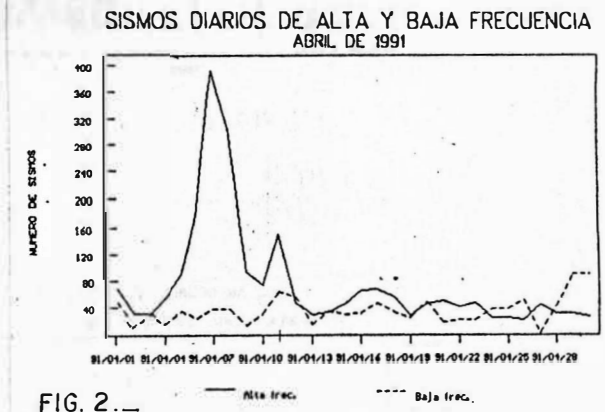
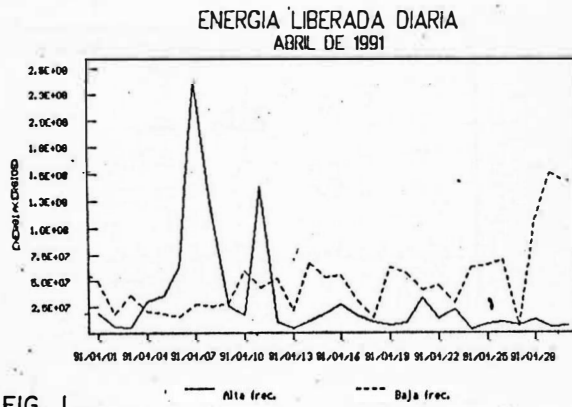
La señal de tremor se presentó a lo largo del mes, predominantemente en forma de pulsos, asociándose los de mayor intensidad a emisiones de ceniza. Desde el principio hasta un poco después de la mitad del mes, los niveles de actividad fueron bajos tanto en la frecuencia de ocurrencia, como en el desplazamiento reducido. A partir del 26 se manifestó un incremento notorio en la actividad de tremor, la cual conllevó a una fase de reactivación volcánica, sin llegar a alcanzar niveles críticos. Los pulsos asociados a esta reactivación no superaron los niveles moderados en su intensidad, alcanzando valores de desplazamiento reducido máximos de 4.6 cm^2 (Fig. 6). Los períodos dominantes oscilaron alrededor de 0.25 Seg. (Fig. 7) que corresponden a frecuencias de 4 Hz, indicando una fuente de carácter hidrotermal en la generación del tremor.

TABLA 1. PARAMETROS DE LOCALIZACION-DE SISMOS DE ALTA FRECUENCIA
 ABRIL DE 1991.

DATE	ORIGIN	LAT N	LONG W	DEPTH	MAG	NO	GAP	DMIN	RMS	ERH	ERZ	QM	
910401	1114	55.10	4-51.14	75-20.65	0.28	0.40	6	259	4.7	0.07	1.6	1.7	C1
910401	1321	56.37	4-51.07	75-20.64	0.50	0.24	5	261	4.8	0.05	1.7	2.5	C1
910401	3 5	24.62	4-50.36	75-28.33	3.00	0.82	8	315	14.0	0.10	1.4	1.0	C1
910401	734	52.71	4-50.80	75-20.15	1.00	0.74	8	269	4.2	0.17	2.0	1.3	C1
910402	212	0.58	4-55.07	75-17.87	3.15	0.16	9	164	1.8	0.09	0.7	0.9	B1
910402	222	6.78	4-52.28	75-20.22	0.82	0.45	7	222	3.7	0.13	1.2	1.6	C1
910402	336	2.44	4-51.54	75-20.13	2.24	0.17	8	247	3.6	0.08	0.8	3.4	C1
910403	044	27.69	4-52.58	75-19.84	2.43	0.64	9	123	1.3	0.07	0.5	0.8	B1
910403	1919	14.68	4-52.82	75-19.72	1.36	-0.16	8	107	1.8	0.06	0.4	0.6	B1
910404	235	43.27	4-52.81	75-20.16	1.26	0.87	9	113	1.3	0.09	0.5	0.7	B1
910404	612	47.83	4-52.93	75-19.63	0.51	1.08	8	179	3.1	0.10	0.4	0.4	B1
910405	1013	20.57	4-53.13	75-19.94	2.43	1.47	6	179	1.2	0.08	1.0	1.7	B1
910406	21 9	2.75	4-52.93	75-19.77	0.56	1.63	7	98	1.7	0.06	0.2	0.2	B1
910406	2125	46.98	4-52.59	75-19.91	1.93	2.03	7	119	1.3	0.08	0.7	0.4	B1
910406	2332	11.42	4-52.79	75-19.75	1.28	0.60	7	108	1.7	0.03	0.2	0.3	B1
910407	218	14.18	4-52.61	75-19.93	1.68	0.89	7	116	1.3	0.03	0.3	0.3	B1
910407	324	47.32	4-52.67	75-19.80	0.07	0.79	7	116	1.5	0.10	0.5	0.8	B1
910407	733	37.44	4-52.84	75-19.82	2.10	1.97	7	189	1.8	0.07	0.7	1.5	C1
910407	840	53.06	4-52.65	75-19.79	1.00	0.59	9	118	1.5	0.07	0.4	5.0	B1
910407	840	53.02	4-52.78	75-19.75	0.50	0.59	7	109	1.7	0.08	0.4	0.6	B1
910407	849	0.47	4-52.80	75-19.80	1.16	0.75	10	105	1.7	0.07	0.3	0.5	B1
910407	9 0	14.35	4-52.23	75-20.17	2.70	0.54	10	152	0.5	0.07	0.5	0.7	B1
910407	1515	36.00	4-52.43	75-19.87	1.67	3.45	7	136	1.1	0.06	0.6	0.5	B1
910407	9 3	10.46	4-52.39	75-19.79	2.63	0.88	11	144	1.2	0.06	0.3	0.6	B1
910408	18 8	59.68	4-51.86	75-20.51	2.86	1.86	9	238	0.5	0.07	0.9	1.0	C1
910408	1831	11.12	4-52.47	75-20.15	1.96	2.41	7	114	0.8	0.04	0.5	0.7	B1
910408	1855	6.04	4-52.42	75-19.99	1.86	1.10	9	132	0.9	0.04	0.4	0.3	B1
910408	1812	28.84	4-52.47	75-19.92	1.61	0.65	8	130	1.1	0.08	0.7	0.6	B1
910408	1740	50.14	4-51.23	75-20.22	3.33	0.40	9	257	1.7	0.08	0.8	0.8	C1
910408	1948	22.94	4-52.75	75-20.39	0.78	1.59	8	135	1.1	0.07	0.4	0.3	B1
910408	2022	3.85	4-52.55	75-19.85	1.74	0.86	9	125	1.3	0.08	0.5	0.4	B1
910408	2134	12.30	4-52.14	75-20.33	2.19	0.93	10	167	0.2	0.08	0.7	0.6	B1
910408	1816	35.84	4-52.59	75-20.05	1.21	0.30	7	110	1.1	0.05	0.3	0.4	B1
910408	1937	5.19	4-51.86	75-20.17	1.34	0.19	8	234	0.7	0.11	1.2	0.5	C1
910411	0 0	30.98	4-53.86	75-18.67	1.08	2.85	7	97	3.1	0.03	0.2	0.6	B1
910411	0 7	25.57	4-53.54	75-18.15	4.25	2.42	7	133	2.6	0.02	0.4	0.7	B1
910411	126	12.70	4-53.84	75-18.50	1.78	0.24	7	105	2.8	0.03	0.3	0.3	B1
910411	431	2.17	4-53.81	75-18.17	4.52	0.27	7	124	2.3	0.05	0.8	1.6	B1
910411	12 1	0.31	4-54.35	75-19.75	2.10	1.90	7	86	1.7	0.29	1.3	3.5	B1
910411	12 4	23.13	4-52.82	75-20.01	1.79	0.51	8	100	1.5	0.07	0.5	0.5	B1
910411	1356	51.80	4-53.91	75-18.60	1.39	1.88	7	98	2.9	0.03	0.2	0.5	B1
910412	1855	12.47	4-54.12	75-18.86	3.20	1.08	8	84	2.9	0.09	0.6	1.9	A1
910413	620	6.87	4-52.50	75-17.83	2.83	1.08	11	200	1.2	0.08	0.6	0.7	C1
910413	2331	29.27	4-54.21	75-18.92	1.70	-0.31	7	81	2.9	0.03	0.2	0.3	A1
910414	055	52.74	4-51.99	75-19.98	1.89	0.58	7	199	0.8	0.10	1.2	0.5	C1
910414	7 9	26.86	4-52.04	75-19.60	2.56	1.18	7	186	1.5	0.04	0.7	0.9	C1
910414	1740	33.81	4-52.22	75-17.57	0.96	1.00	8	270	1.3	0.10	0.9	0.8	C1

TABLA 1. CONTINUACION

910415	159	48.97	4-54.86	75-30.95	12.61	0.64	10	332	13.3	0.10	1.7	1.6	C1	
910415	359	21.95	4-51.24	75-19.41	2.81	0.09	6	255	2.5	0.05	2.6	2.4	D1	
910415	1942	43.57	4-54.71	75-18.10	3.91	-0.09	10	206	3.5	0.07	0.5	0.4	C1	
910415	2220	3.36	4-54.72	75-18.21	3.00	1.22	7	124	2.1	0.04	0.6	1.5	B1	
910416	345	18.75	4-52.97	75-19.75	2.97	0.59	6	96	2.0	0.05	1.0	2.4	B1	
910416	5	38.91	4-53.11	75-19.21	0.70	0.14	5	93	2.7	0.16	0.1	0.1	C1	
910416	751	9.56	4-52.84	75-18.98	0.70	0.15	6	106	2.0	0.14	0.9	1.1	B1	
910417	1220	18.55	4-50.31	75-19.94	3.07	1.07	7	282	3.5	0.05	1.3	1.2	C1	
910417	2122	32.30	4-54.09	75-20.42	1.25	0.30	7	138	2.1	0.04	0.2	0.4	B1	
910418	1135	43.87	4-53.99	75-18.66	0.63	0.93	8	94	3.0	0.02	0.1	0.1	B1	
910418	12	2	16.92	4-53.84	75-18.57	1.80	0.13	8	102	3.0	0.04	0.3	0.3	B1
910428	1949	54.77	4-53.72	75-18.89	1.76	-0.15	6	129	2.7	0.03	0.2	0.3	B1	
910428	1950	18.49	4-53.79	75-19.04	0.90	0.70	6	132	2.5	0.02	0.2	1.3	B1	
910429	431	4.15	4-53.22	75-19.47	0.65	0.07	6	126	1.8	0.08	0.5	0.7	B1	
910430	440	31.03	4-53.19	75-19.66	0.15	0.31	4	185	1.6	0.03			C1	



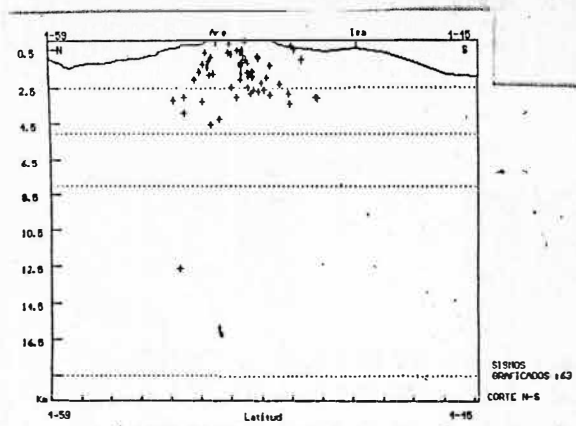


FIG. 4. _

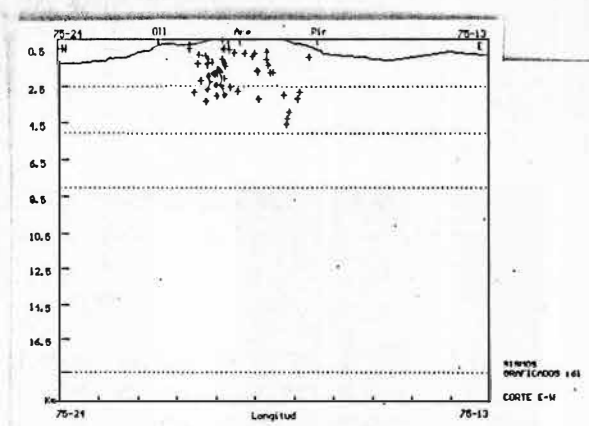


FIG. 5. _

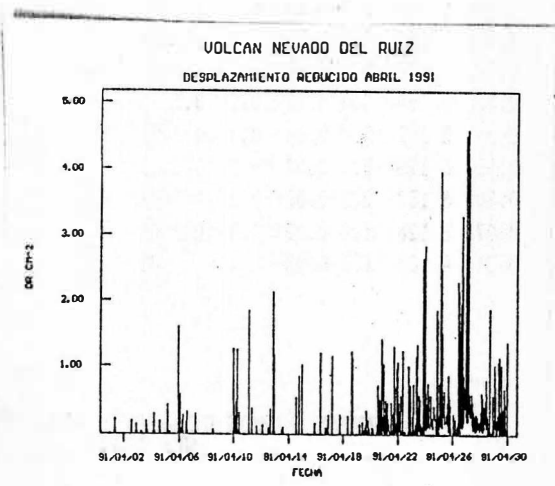


FIG. 6. _

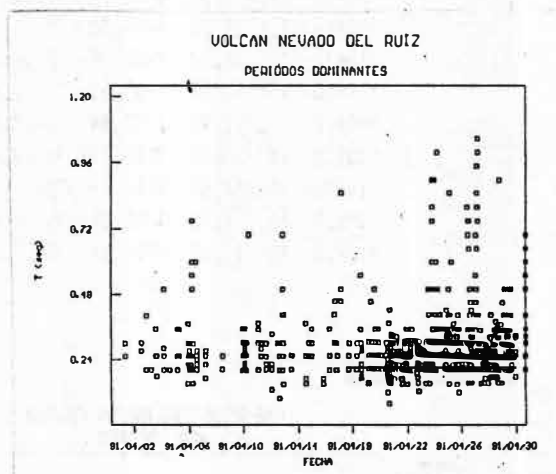


FIG. 7. _

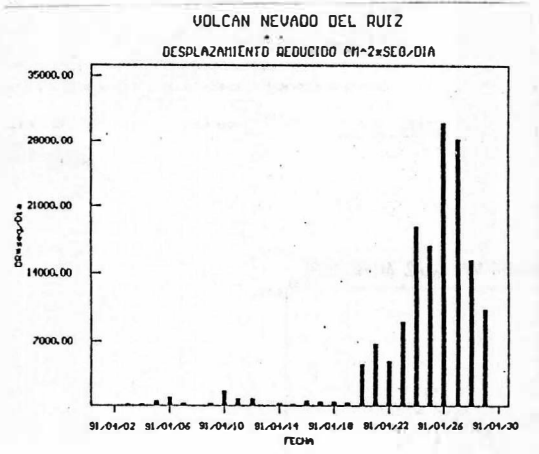


FIG. 8. _

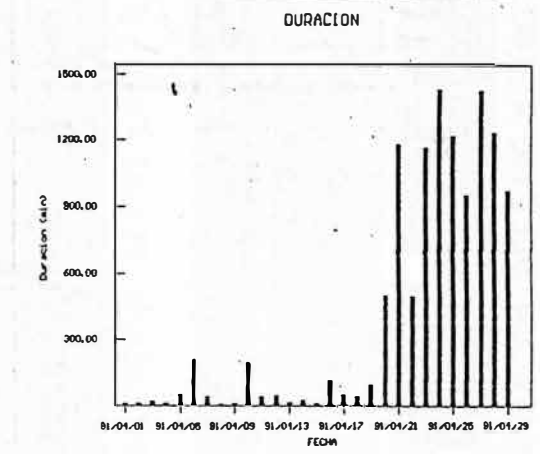
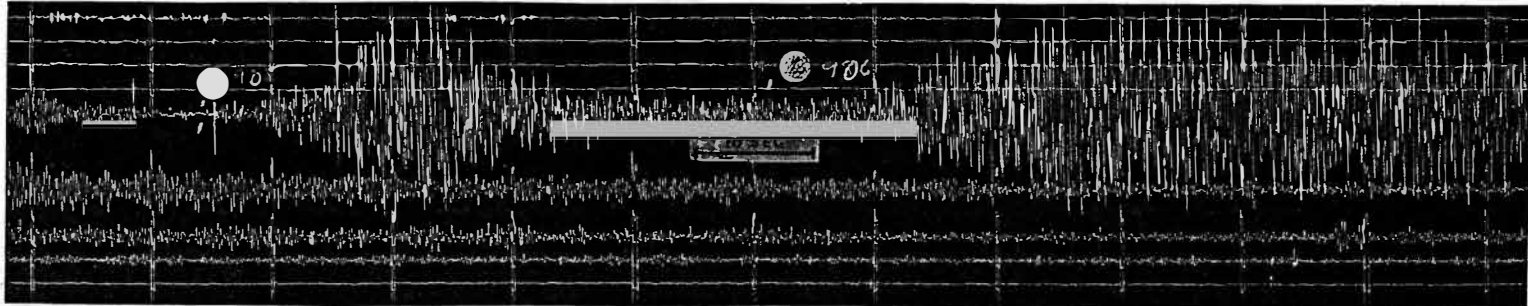


FIG. 9. _

ESTACION OLLETA A 4.00 Km del CRATER

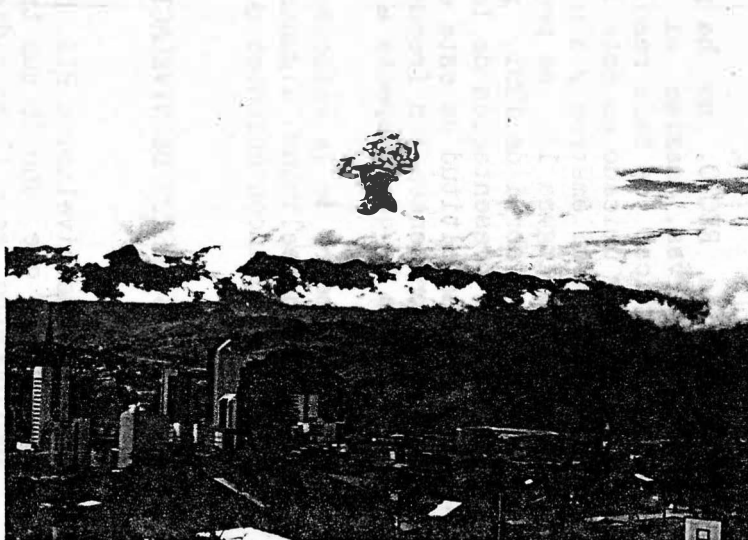


14 μ m/Seg.

ESTACION TOLDA FRIA A 10.00 Km del CRATER



14 μ m/Seg.



EMISION DE CENIZAS ABRIL 9/91 A LAS
09:05 Y LA SEÑAL SISMICA ASOCIADA
A ELLA.

DEFORMACION

1. INCLINOMETRIA SECA.

Se realizaron mediciones en las estaciones de MOLINOS, NEREIDAS, PEQUEÑO y TUMBAS, con un total de 7 ocupaciones. Sólo la estación Pequeño muestra oscilación en su comportamiento, si se tiene en cuenta que el vector resultante para esta estación presenta compensación en su tendencia. La estación Molinos, tal como ha sido usual a través del tiempo, sigue reflejando variaciones sustancialmente mayores que las restantes estaciones, como influencia del régimen de lluvias de la zona, comentario que ha sido expresado en reiteradas oportunidades.

En la figura 11, se presentan los valores correspondientes a la componentes Norte y Este de las estaciones trabajadas en el presente mes, en tanto que en la figura 10 se puede apreciar los vectores resultantes de las mismas.

2. INCLINOMETRIA ELECTRONICA.

La estación RECIO, no ha presentado variaciones que deban ser consideradas como representativas, máxime si se tiene en cuenta que el equipo corresponde a uno de características de baja resolución (10 micro-radianes) como es caso del instrumento marca Sperry ubicado en este lugar, al sur-sureste del cráter, a una distancia del mismo de 4 kilómetros y a una altura aproximada de 4600 metros sobre el nivel del mar. En la figura 13, se presenta el comportamiento de esta estación para los meses de enero a abril de 1991, procurando con ello corregir los errores presentados en cuanto a la presentación de la escala correspondiente al valor de micro-radianes, en el eje Y. La altitud de esta estación y las adversas condiciones climáticas dan lugar a que se presenten con frecuencia dificultades para la obtención de los datos, en especial en lo que respecta a la alimentación del equipo, y al sensor de temperatura.

El inclinómetro de la estación CUMANDAY ha presentado problemas en su comportamiento, y se están realizando algunas pruebas para el chequeo y calibración del instrumento, y obviar los inconvenientes que han surgido.

3. VECTORES CORTOS DE NIVELACION.

El vector de nivelación BIS, instalado a comienzos de 1988, tiene como característica particular que uno de sus tramos corresponde a uno de los lados del triángulo del inclinómetro seco (lado radial) denominado con el mismo nombre, localizado al noroeste del cráter, a una distancia un poco superior a los 5 kilómetros y a una altura aproximada de 4300 metros sobre el nivel del mar. Una de las razones por las cuales se hizo este arreglo obedeció en esencia al hecho que la estación de inclinometría seca de BIS ha presentado algunas oscilaciones en su comportamiento por la influencia del régimen de lluvias, aunque en menor proporción a la reflejada en la estación de

inclinometría seca de MOLINOS, aspecto de necesaria comprobación. Por tal motivo, los puntos de mira correspondientes al vector de nivelación fueron ubicados sobre rocas consolidadas, a diferencia de los vértices del triángulo que fueron materializados en mojones empotrados en la superficie.

El vector tiene una longitud ligeramente superior a los 273 metros, y ofrece orientaciones generales en las direcciones Norte-Sur y Este-Oeste, tal como se aprecia en la parte superior de la figura 12.

En la tabla adjunta se presentan los valores obtenidos en los diferentes tramos durante las diversas nivelaciones ejecutadas, expresados en centímetros. Una observación de los datos permite ver que los cambios han sido pequeños, así como apreciar valores acumulados en cada uno de los sectores los cuales oscilan entre 0.32 y -0.25 milímetros, considerados como aceptables en razón de su error standard por las dificultades climáticas que generalmente se presentan al momento de ser efectuadas las mediciones.

FECHA	Y3-Y2	Y2-Y1	Y1-Y	Y-Z	Z-21	21-22	22-23
05-May-88	-76.767	-25.380	-116.557	-77.138	172.555	-86.961	-51.233
28-Jun-88	-76.780	-25.360	-116.550	-77.122	172.517	-86.954	-51.236
30-Jan-89	-76.782	-25.380	-116.563	-77.167	172.558	-86.980	-51.239
19-Dec-89	-76.781	-25.366	-116.591	-77.166	172.560	-86.954	-51.243
11-Dec-90	-76.802	-25.384	-116.559	-77.159	Suspendida por lluvia		
13-Apr-91	-76.799	-25.387	-116.562	-77.163	172.530	-86.968	-51.221

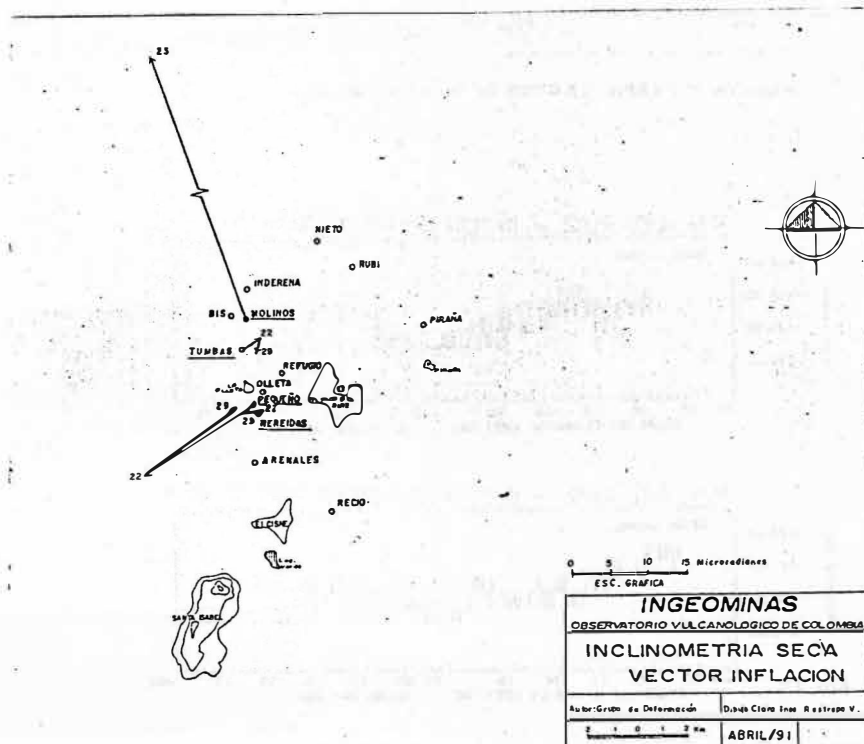


FIG. 10. —

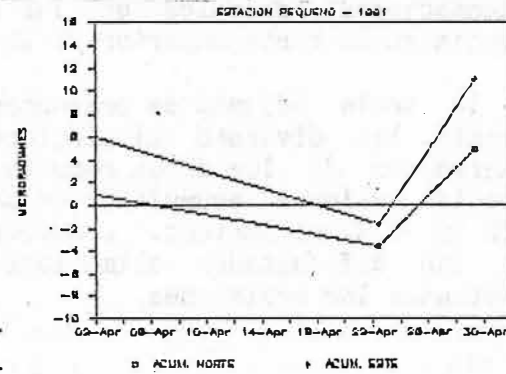
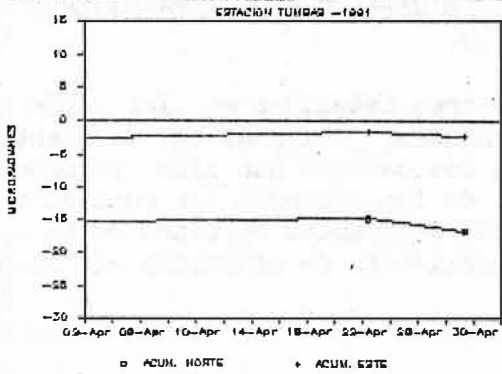
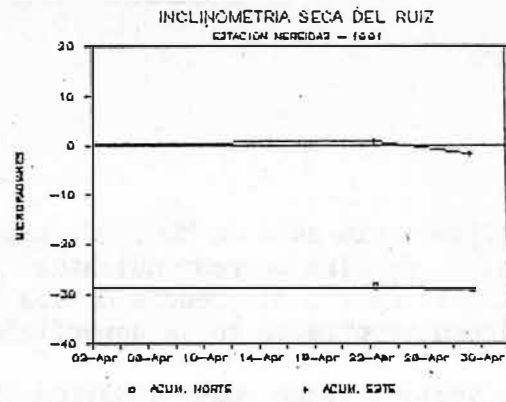
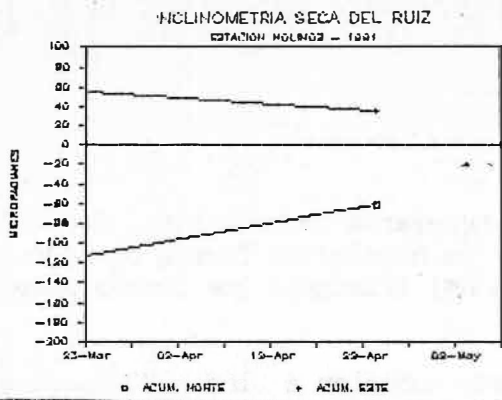
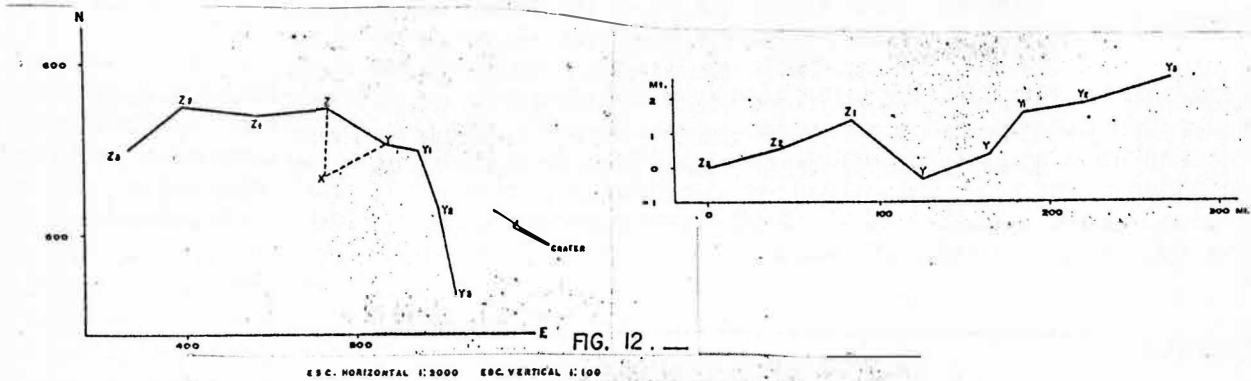
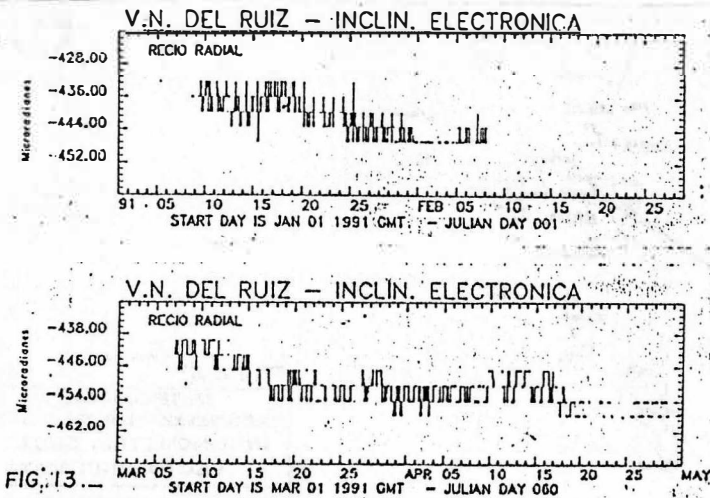


FIG. 11.



PLANTA Y PERFIL VECTOR DE NIVELACION BIS



GEOLOGIA - GEOQUIMICA

COSPEC

Se realizaron 4 medidas de la concentracion de dióxido de azufre (SO₂) contenido en la columna de vapor y el cual fue medido con el COSPEC V. Los resultados obtenidos fueron (figura 14):

FECHA	TON / DIA	
Abril 15	809	
22	673	
24	2408	
29	7061	

Los valores anteriores dan un promedio de 2738 ton / dia con viento medido y de 997 ton / dia con viento estandar (figura 15). La velocidad del viento fue muy variable, ya que oscilo entre 1.1 m/seg y 4 m/seg. Durante los primeros días del mes el equipo estuvo fuera de servicio.

EMISIONES DE CENIZAS

Se presentaron varios pulsos de cenizas, generalmente bien relacionados con pulsos de tremor, los días 9, 10, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30, las cuales se dirigieron en diferentes direcciones debido a lo variable de la direccion del viento, obteniendose reportes de caidas de cenizas en poblaciones como Manizales, Pereira, Chinchina, Santa Rosa de Cabal, Mariquita y en especial en los alrededores del crater Arenas del volcan Nevado del Ruiz.

GEOQUIMICA

Se realizaron muestreos con botellas de Giggenbach y condensados sobre KOH, en la fumarola de Nereidas. El trabajo analitico sobre estas muestras y las correspondientes a la red de "Cajas Japonesas" se encuentra en ejecucion.

Las aguas termales y los condensados puros de la fumarola de Nereidas, colectados en el periodo entre Febrero y Abril del presente ano, se les analizo su contenido de algunos minerales, mediante la tecnica de absorcion atomica y cuyos resultados se registran en la Tabla No 3.

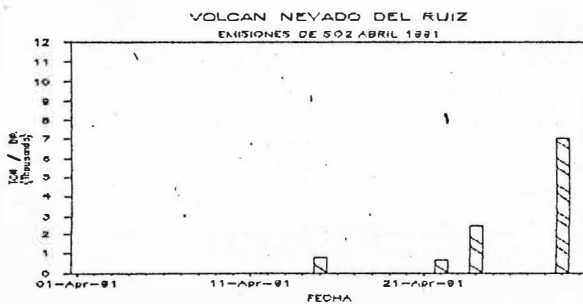


FIG. 14. _

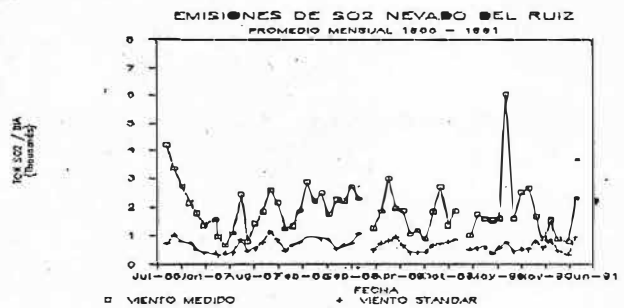


FIG. 15. _

ANALISIS DE METALES SOBRE AGUAS TERMALES
ASOCIADAS CON EL VOLCAN NEVADO DEL RUIZ

FUENTE	H.TERMALES 1	H.TERMALES 2	H.TERMALES 3	LA MARCADA	A.CALIENTES 1	A.CALIENTES 2	EL COQUITO
FECHA	8 FEBRERO 91	8 FEBRERO 91	8 FEBRERO 91	8 FEBRERO 91	12 FEBRERO 91	12 FEBRERO 91	12 FEBRERO 91
pH	1.58	1.49	1.49	4.5	1.25	1.27	2.71
TEMPERATURA(°C)	60	63	63	9	58	48	33
Si(ppm)	86	92	96	20	56	54	42
Al(ppm)	544	576	576	N.D.	620	620	70
Ca(ppm)	240	248	254	18	172	174	396
Fe(ppm)	116	126	126	N.D.	142	154	4.6
Mg(ppm)	202	212	218	7	122	134	78
Mn(ppm)	6.0	6.6	6.6	0.1	4.6	4.6	2.8
K(ppm)	96	106	104	2.9	156	170	16.2
Li(ppm)	0.53	0.57	0.56	N.D.	0.24	0.23	0.09
Na(ppm)	428	446	466	9.6	222	234	90
Rb(ppm)	0.03	0.04	0.04	N.D.	0.02	0.02	N.D.

ANALISIS DE METALES SOBRE AGUAS TERMALES
ASOCIADAS CON EL VOLCAN NEVADO DEL RUIZ

FUENTE	A.BLANCA	B. LONDINO	CHORRO NEGRO	GUALI 1	GUALI 2	NEREIDAS	NEREIDAS †
FECHA	12 FEBRERO 91	21 FEBRERO 91	21 FEBRERO 91	12 ABRIL 91	26 FEBRERO 91	5 ABRIL 91	5 ABRIL 91
pH	2.70	8.14	7.01		2.68	6.76	6.82
TEMPERATURA(°C)	33	90	50	59	23	49	85
Si(ppm)	44	60	76	76	56	68	N.D.
Al(ppm)	62	N.D.	N.D.	N.D.	62	N.D.	N.D.
Ca(ppm)	398	48	44	164	198	108	N.D.
Fe(ppm)	4.8	N.D.	0.5	N.D.	7.8	N.D.	N.D.
Mg(ppm)	78	4.6	34	34	46	38	N.D.
Mn(ppm)	2.8	0.4	0.1	1.0	1.8	0.3	
K(ppm)	15.6	76	42	12	11	14	0.26
Li(ppm)	0.08	0.87	0.16	0.01	0.03	0.06	N.D.
Na(ppm)	86	554	136	24	44	104	0.5
Rb(ppm)	N.D.	0.03	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

† CONDENSADO DE FUMAROLA

STAFF

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DEL SUR - PASTO

Coordinador

JAIME ARTURO ROMERO LEON

Personal Técnico

MARIA MONICA ARCILA RIVERA
GLORIA PATRICIA CORTES JIMENEZ
JOSE ARLES ZAPATA GRANADA
ELIZABETH BETANCOURT VELASCO
BETTY SILVA PARRA
DIEGO MAURICIO GOMEZ MARTINEZ
MILTON IVAN ORDOÑEZ VILLOTA
ROBERTO ARMANDO TORRES CORREDOR
CARLOS ALBERTO REY GONZALEZ
MARIA ISABEL VELEZ CAICEDO
PEDRO DE GREIFF GAUTIER

Personal Asistente

ANA LUCIA RAMIREZ
HERNAN ZAMBRANO ARGOTI
CARLOS ALBERTO ESTRADA
JAIME A. PAZ BASTIDAS
SALVADOR BERNAL ASTUDILLO
TOMAS TORRES DAZA
RODRIGO VASQUEZ AGUDELO
SANDRA VEGA JURADO

Instituciones que colabora con el Observatorio

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
Centro de Estudios Superiores María Goretti - CESMAG
GOBERNACION DE NARIÑO

V O L C A N G A L E R A S
 1501 - 08
01.22 N - 77.36 W

RESUMEN GENERAL

Respecto al mes anterior, la actividad sísmica se caracterizó por incremento de los eventos de Alta Frecuencia, ligeras variaciones en los eventos de Largo Periodo y Pulsos de Tremor. Se presentaron igualmente variaciones en amplitud y periodo del Tremor de Fondo, y Bandas moduladas de Baja Frecuencia. Ciertas señales de Tremor y Largo Periodo se caracterizaron por asociar fenómenos en superficie tales como: emisiones de ceniza, incrementos en la incandescencia, aumentos en el ruido producido por la salida de gases y en el tamaño de la columna (Ver Foto).

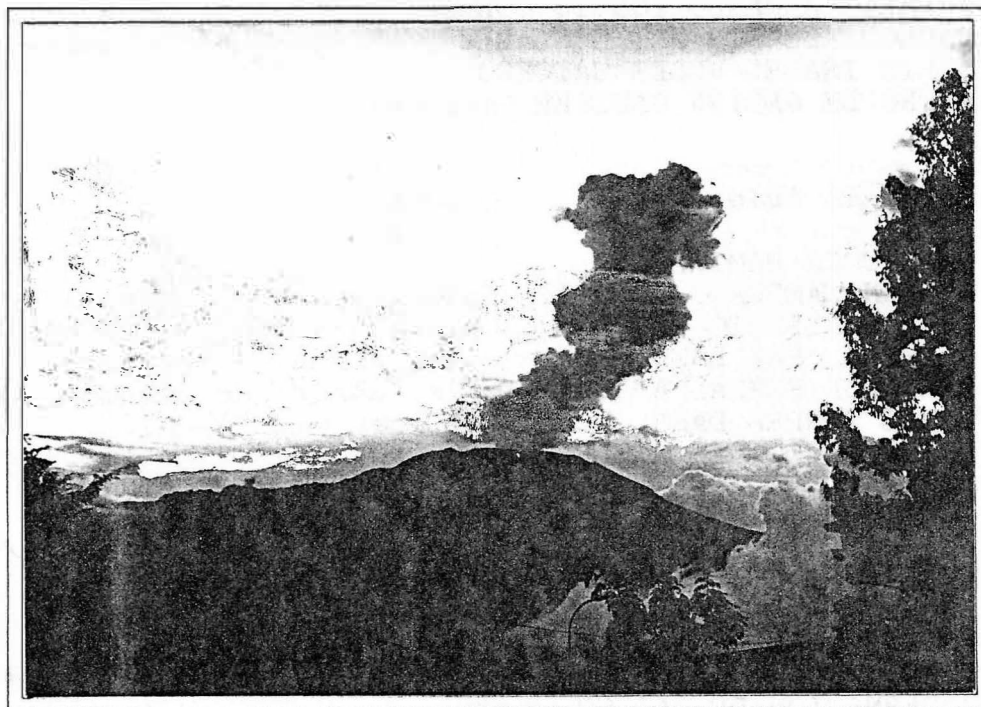


FOTO. Emisión de ceniza ocurrida el 11 de abril/91, vista desde el Observatorio Vulcanológico en la ciudad de Pasto. Nótese la salida pulsátil de los gases.

Las medidas tomadas de Deformación en el transcurso del mes, muestran cambios bajos. Se destaca que el inclinómetro seco El Pintado presenta cambios muy bajos con tendencia acumulativa y el inclinómetro electrónico Crater continua mostrando tendencia inflacionaria acumulativa en las componentes tangencial y radial.

La concentración de gases en la columna de vapor mostró tendencia similar a la registrada los meses anteriores; es decir, el CO2 presenta leve aumento y el SO2 disminuyó. Los demás gases analizados (H2S y HCl) no mostraron variaciones significativas. La temperatura en la Grieta Besilima alcanzó un valor máximo de 468°C (abril 2/91).

1. SISMOLOGIA.

1.1. ALTA FRECUENCIA

Número de eventos

- Total en el mes	66
- Mínimo diario	0
- Máximo diario (día 29)	18

Este tipo de eventos, comparado con el mes anterior, registró un incremento en una relación de 1:3. El 98% de estos sismos ocurrieron en la segunda quincena del mes, alcanzó niveles altos los días 18 y 29, representados por pequeños enjambres.

Energía liberada - $E^{0.5}$ - (ergios)

- Total en el mes	7.09E+07
- Mínima diaria	0.00E+00
- Máxima diaria (día 29)	3.31E+07

En promedio la energía liberada diaria durante el mes de abril fue moderada, alcanzando un nivel alto el día 29 que corresponde a la energía liberada por el enjambre de ese día. La energía liberada diaria, al igual que el número de eventos, es casi cero al inicio del mes (Figura 1).

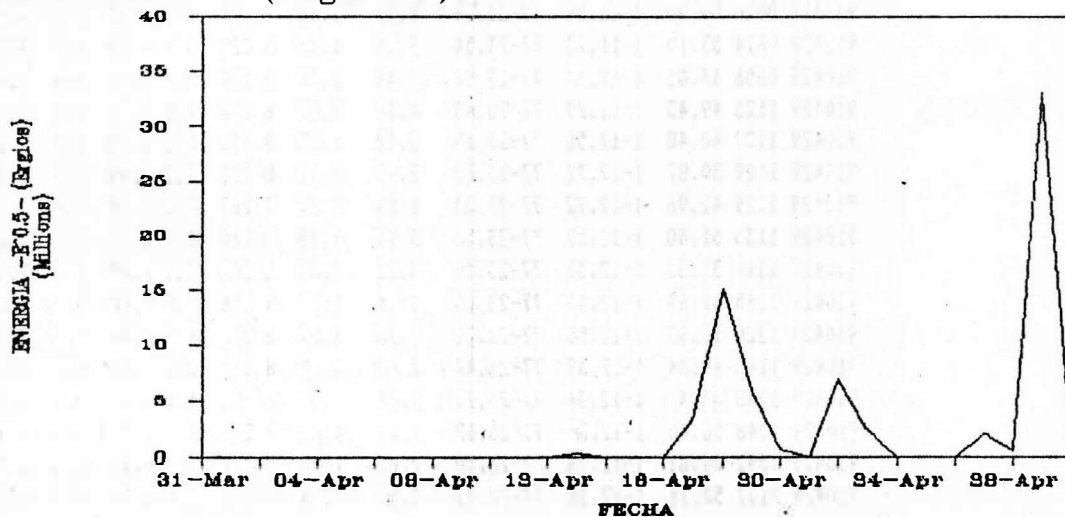


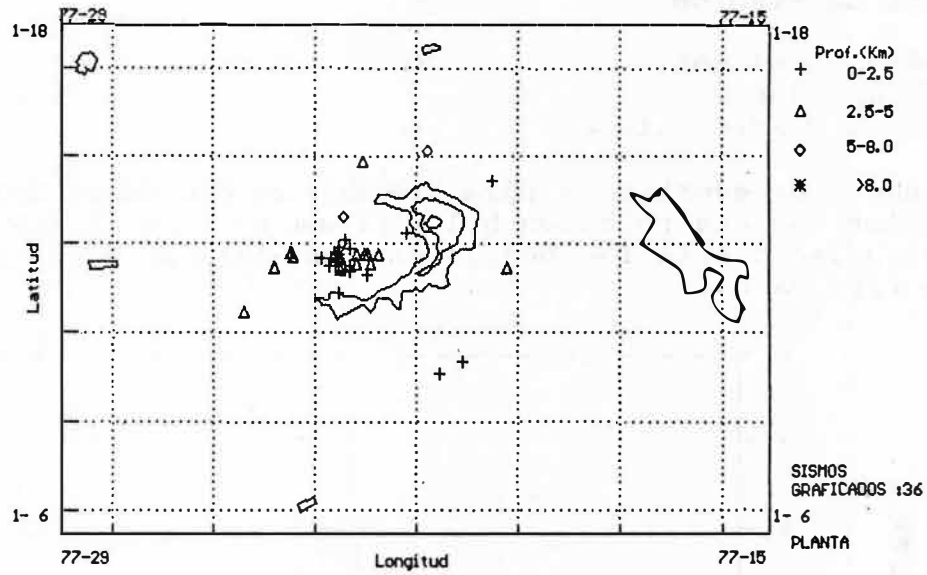
Figura 1. Energía liberada diaria de sismos de Alta Frecuencia.

Localizaciones

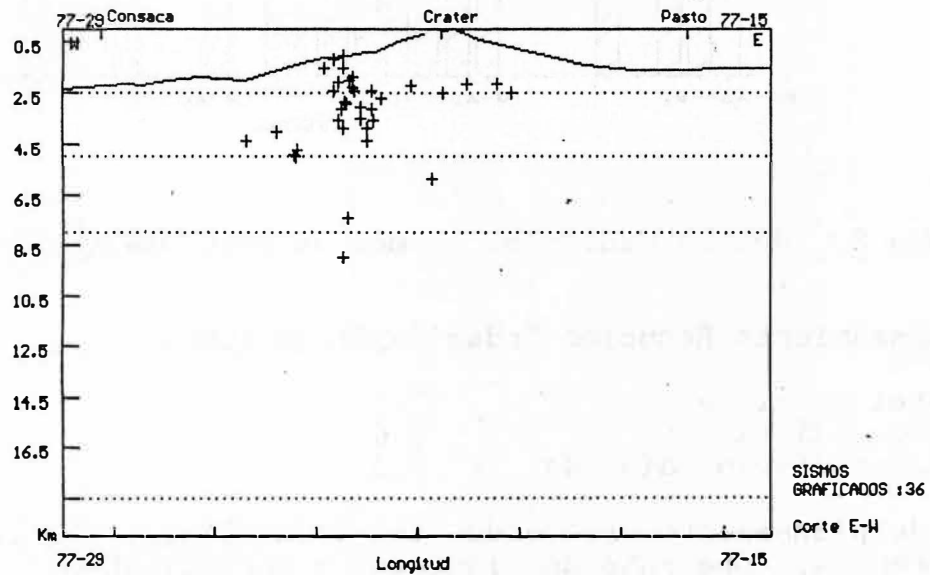
Durante el mes de Abril se localizaron 36 eventos de fractura, de los cuales, unos se ubicaron al SW del cráter a profundidades relativas entre 1.04 y 4.95 Km y, otros dispersos (Figura 2). Las magnitudes calculadas fueron de 0.77 a 2.92 en la escala de Richter (Tabla 1).

TABLA 1. PARAMETROS DE LOCALIZACION SISMOS DE ALTA FRECUENCIA

DATE	ORIGIN	LAT N	LONG W	DEPTH	MAG	NO	GAP	DMIN	RMS	ERH	ERZ	QM	
910409	0153	54.14	1-12.27	77-20.22	2.52	1.28	6	237	1.8	0.02	0.2	0.2	C1
910413	0618	38.65	1-14.72	77-23.07	3.83	1.16	7	251	3.3	0.08	1.0	1.1	C1
910413	2218	59.64	1-12.30	77-24.84	3.98	1.46	8	185	3.7	0.04	0.4	0.4	C1
910418	0758	37.71	1-12.56	77-22.77	2.72	1.26	6	312	2.3	0.06	0.8	0.7	C1
910418	0219	32.12	1-12.56	77-23.63	3.55	2.37	8	163	3.9	0.08	0.4	0.9	B1
910422	0944	22.39	1-09.90	77-21.55	2.50	1.81	8	329	3.0	0.05	0.6	0.5	C1
910422	1328	33.35	1-10.12	77-21.10	2.20	1.38	6	337	2.3	0.03	0.5	0.3	C1
910422	1732	05.86	1-12.72	77-23.54	1.53	1.71	10	157	3.7	0.07	0.2	0.8	B1
910422	1758	14.12	1-12.50	77-23.53	3.87	2.04	9	164	3.7	0.06	0.2	0.4	B1
910422	1803	55.84	1-12.90	77-23.41	2.05	1.47	6	263	3.6	0.05	0.5	0.9	C1
910422	1908	00.21	1-12.69	77-23.34	2.30	1.56	7	263	3.4	0.08	1.3	1.7	C1
910426	0013	28.66	1-13.07	77-22.19	2.27	1.39	8	222	1.6	0.03	0.2	0.2	C1
910427	1421	25.97	1-12.56	77-22.97	3.15	1.54	8	256	2.7	0.10	0.9	1.1	C1
910427	1520	02.07	1-14.28	77-20.51	2.21	1.33	6	335	2.1	0.05	0.7	0.4	C1
910428	0107	04.16	1-12.52	77-24.45	4.71	1.47	8	286	5.4	0.09	1.1	1.8	C1
910428	0107	52.13	1-12.59	77-24.48	4.95	1.59	7	286	5.5	0.06	0.9	1.3	C1
910428	1553	41.50	1-14.94	77-21.77	5.88	1.67	7	175	2.3	0.06	0.9	0.4	B1
910428	2227	08.75	1-12.59	77-24.51	4.90	1.70	7	287	5.5	0.06	0.9	1.3	C1
910429	0010	00.90	1-12.56	77-23.54	8.95	1.98	6	324	3.7	0.09	2.2	1.5	C1
910429	0614	53.10	1-11.73	77-23.54	1.04	1.58	6	326	3.9	0.08	1.2	4.2	C1
910429	0656	44.03	1-12.14	77-22.98	2.44	1.34	6	317	2.7	0.03	0.4	0.4	C1
910429	1125	49.43	1-11.29	77-25.43	4.33	2.92	6	306	7.5	0.06	1.2	2.4	C1
910429	1127	40.48	1-12.56	77-23.19	3.12	1.85	8	261	3.1	0.10	1.0	1.2	C1
910429	1129	30.87	1-12.32	77-23.32	2.49	1.47	8	268	3.3	0.09	0.9	1.3	C1
910429	1129	42.96	1-12.22	77-23.33	1.86	0.77	7	269	3.3	0.04	0.5	0.8	C1
910429	1133	51.40	1-12.52	77-23.57	3.14	1.45	8	270	3.8	0.05	0.6	0.8	C1
910429	1140	31.60	1-12.35	77-23.19	3.51	1.53	8	264	3.1	0.09	1.2	1.1	C1
910429	1145	51.63	1-12.56	77-23.05	4.34	1.29	8	258	2.8	0.08	0.9	0.8	C1
910429	1220	13.92	1-12.50	77-23.71	1.16	1.31	8	273	4.0	0.04	0.5	2.1	C1
910429	1245	49.34	1-12.32	77-23.47	2.93	1.62	8	271	3.6	0.07	0.7	1.0	C1
910429	1248	05.41	1-12.34	77-23.72	2.44	1.38	8	276	4.1	0.06	0.6	1.1	C1
910429	1248	56.40	1-12.34	77-23.62	2.12	1.41	7	274	3.9	0.05	0.5	0.9	C1
910429	1542	04.61	1-12.26	77-23.50	2.89	1.28	8	272	3.7	0.10	1.1	1.4	C1
910429	2137	52.11	1-12.36	77-22.93	3.55	1.24	7	258	2.6	0.06	0.6	0.5	C1
910430	0204	13.08	1-13.40	77-23.45	7.45	1.53	8	260	3.9	0.09	1.4	0.9	C1
910430	0633	23.11	1-12.47	77-23.90	1.51	1.51	8	277	4.4	0.03	0.3	0.9	C1



(a)



(b)

Figura 2. Localizaciones sismos de Alta Frecuencia, (a) Planta y (b) sección E-W.

1.2. BAJA FRECUENCIA

Número de eventos

- Total en el mes 36
- Mínimo diario 0
- Máximo diario (día 30) 4

El número de eventos de Baja Frecuencia disminuyó respecto al mes anterior en una relación 5:1. Durante todo el mes su nivel de ocurrencia diaria fue baja, con ausencia de eventos en algunos días (Figura 3).

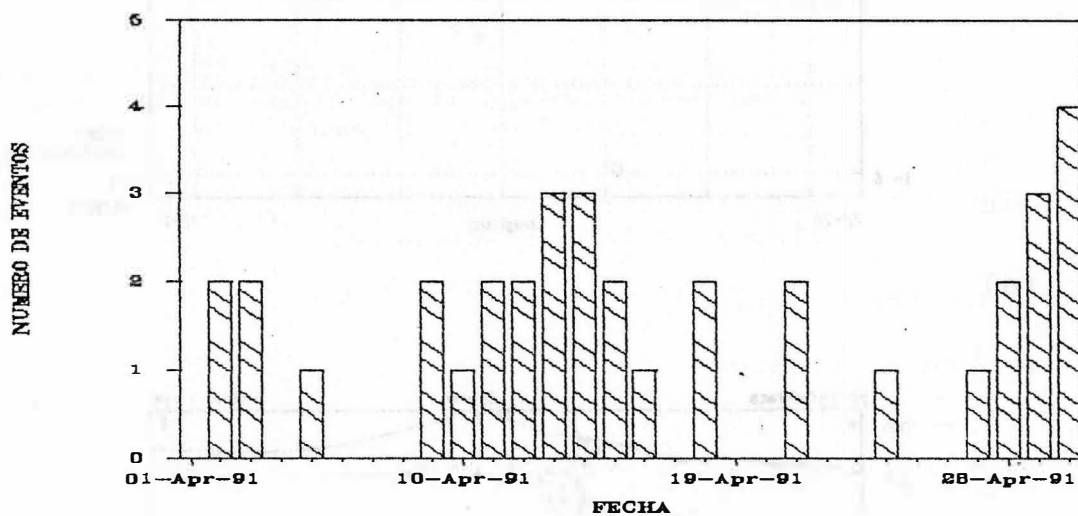


Figura 3. Número diario de sismos de Baja Frecuencia.

Desplazamiento Reducido Ondas Rayleigh (cm²)

- Total en el mes 72.3
- Mínimo diario 0.0
- Máximo diario (día 14) 8.8

El desplazamiento reducido total en el mes, al igual que la ocurrencia, presentó una disminución considerable. El valor de los desplazamientos reducidos diarios muestra una correlación directa con el número de eventos (Figura 4).

Los períodos dominantes presentaron valores comprendidos en un rango desde 0.150 hasta .0350 segundos; el valor promedio fue de 0.220 segundos.

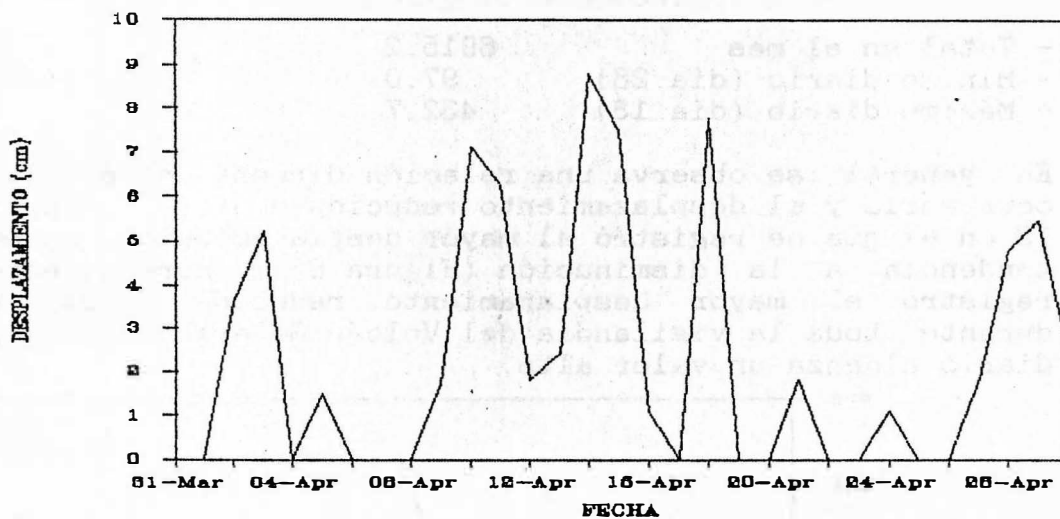


Figura 4. Desplazamiento reducido diario de Ondas Rayleigh para sismos de Baja Frecuencia.

1.3. LARGO PERIODO

Número de eventos

- Total en el mes 1611
- Mínimo diario (día 28) 33
- Máximo diario (día 13) 88

El nivel de ocurrencia diaria, osciló entre valores moderados y altos (Figura 5). El promedio en la ocurrencia de eventos de Largo período durante el mes de abril es de 54 sismos diarios, que corresponden a un nivel alto.

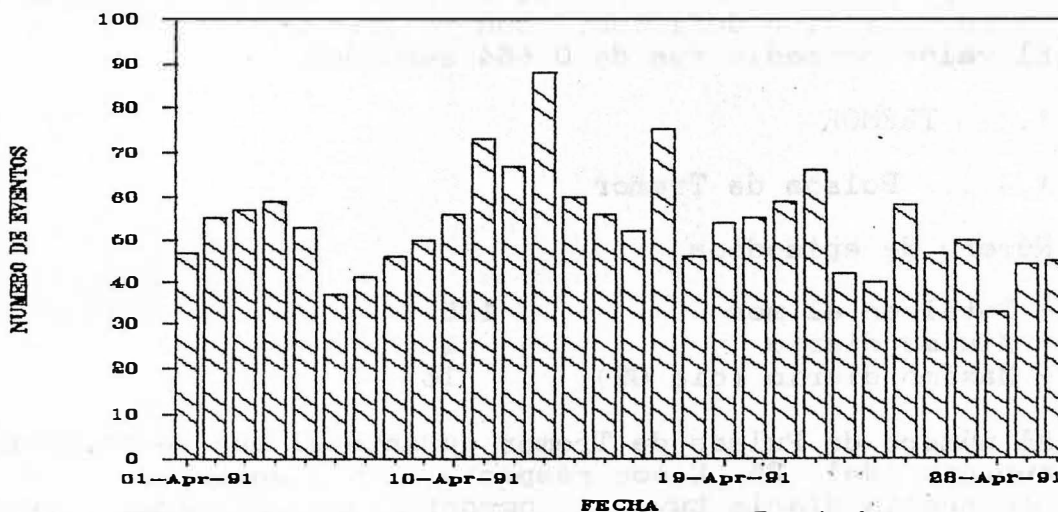


Figura 5. Número diario de sismos de Largo Período.

Desplazamiento Reducido Ondas Rayleigh (cm²)

- Total en el mes	6915.2
- Mínimo diario (día 28)	97.0
- Máximo diario (día 13)	432.7

En general se observa una relación directa entre el nivel de ocurrencia y el desplazamiento reducido diario. Apartir del día 13 en el que se registró el mayor desplazamiento, se observa una tendencia a la disminución (Figura 6). Durante este mes se registró el mayor desplazamiento reducido diario registrado durante toda la vigilancia del Volcán Galeras; y, el promedio diario alcanza un valor alto.

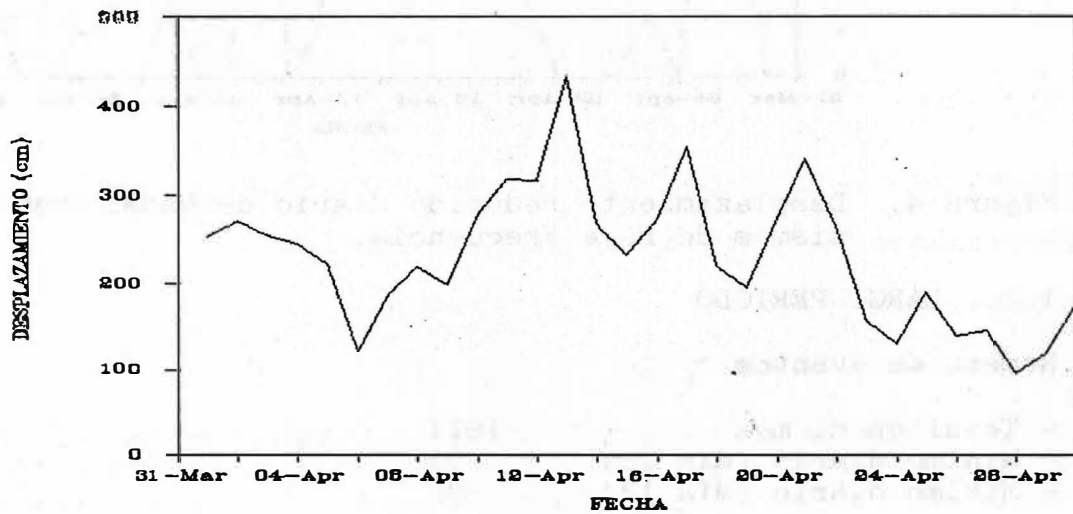


Figura 6. Desplazamiento reducido diario de Ondas Rayleigh para sismos de Largo Período.

Los períodos dominantes de estos sismos se presentaron en un rango muy bien definido, con valores entre 0.4 y 1.0 segundos. El valor promedio fue de 0.664 segundos.

1.4. TREMOR

1.4.1. Pulsos de Tremor

Número de episodios

- Total en el mes	185
- Mínimo diario	1
- Máximo diario (día 09)	16

El número de Pulsos de Tremor durante el mes de abril registró un aumento del 25 % con respecto al mes anterior y su nivel de ocurrencia diaria tuvo un comportamiento variable (Figura 7). El promedio diario de Pulsos de Tremor fue bajo.

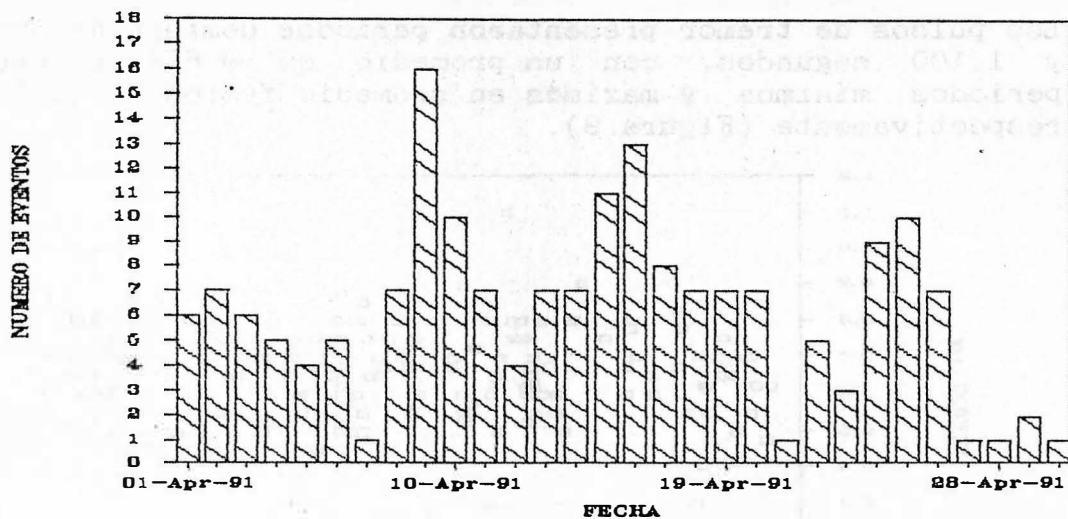


Figura 7. Número diario de Pulsos de Tremor.

Desplazamiento Reducido Ondas Rayleigh (cm²)

- Total en el mes 1245.6
- Mínimo diario (día 27) 0.2
- Máximo diario (día 09) 127.8

El desplazamiento reducido promedio diario fue de 42 cm², que corresponde a un nivel alto. Se observa una relación directa entre el nivel de ocurrencia de los Pulsos y su valor en el desplazamiento reducido (Figura 8).

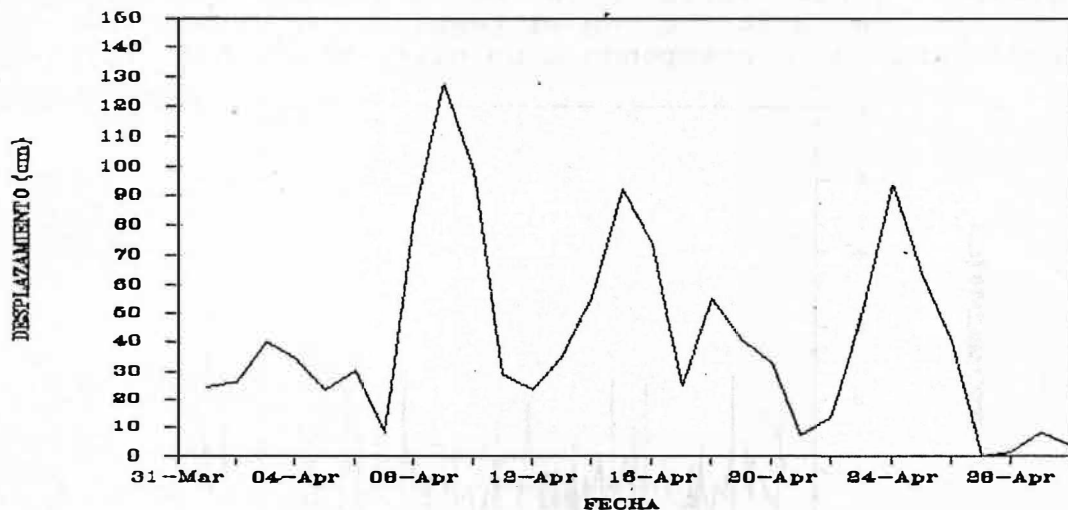


Figura 8. Desplazamiento reducido diario de Ondas Rayleigh para los pulsos de tremor.

Los pulsos de tremor presentaron períodos dominantes entre 0.225 y 1.100 segundos, con un promedio de 0.654 segundos. Los períodos mínimos y máximos en promedio fueron de 0.315 y 0.841 respectivamente (Figura 9).

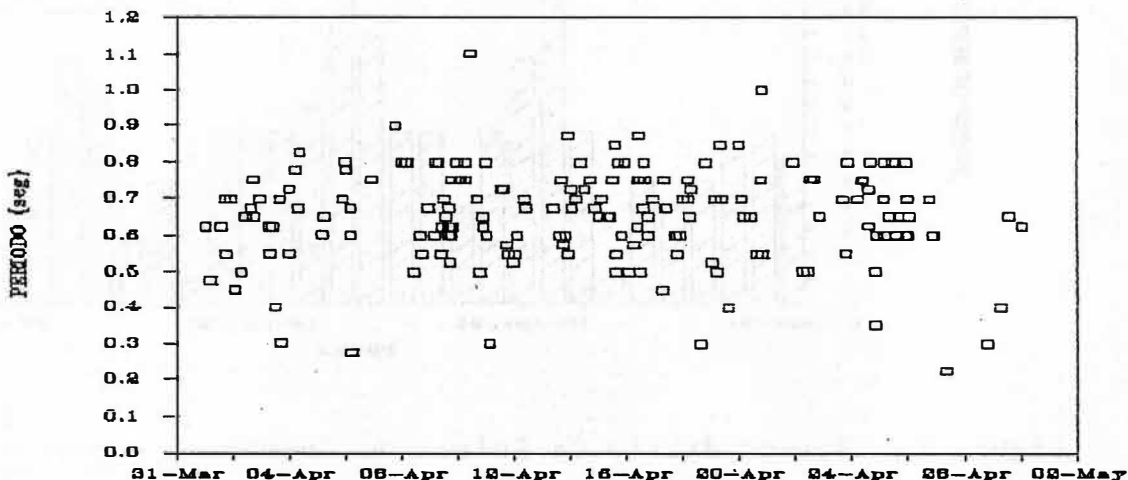


Figura 9. Períodos dominantes de los Pulsos de Tremor.

Los episodios de Tremor Espasmódico se presentaron durante este mes con una duración promedio de 133 segundos, siendo 370 segundos la mayor duración.

1.4.2. Tremor de Fondo

El Tremor de Fondo se presentó de manera continua en el transcurso de este período, registrando variaciones en amplitud y período. Las variaciones en el Tremor de Fondo alcanzaron valores de 3.86 cm² en el Desplazamiento Reducido para Ondas Rayleigh, que corresponde a un nivel Moderado (Figura 10).

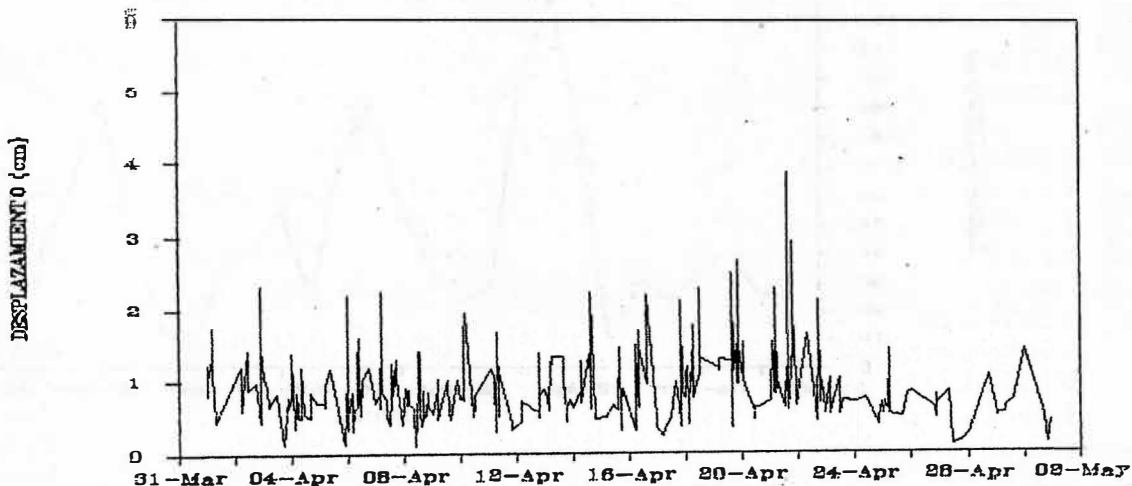


Figura 10. Desplazamiento reducido diario de Ondas Rayleigh para el Tremor de Fondo.

Las variaciones en el período del Tremor de Fondo se caracterizaron por presentar un rango comprendido entre 0.300 y 1.200 segundos, con un período promedio de 0.653 segundos (Figura 11).

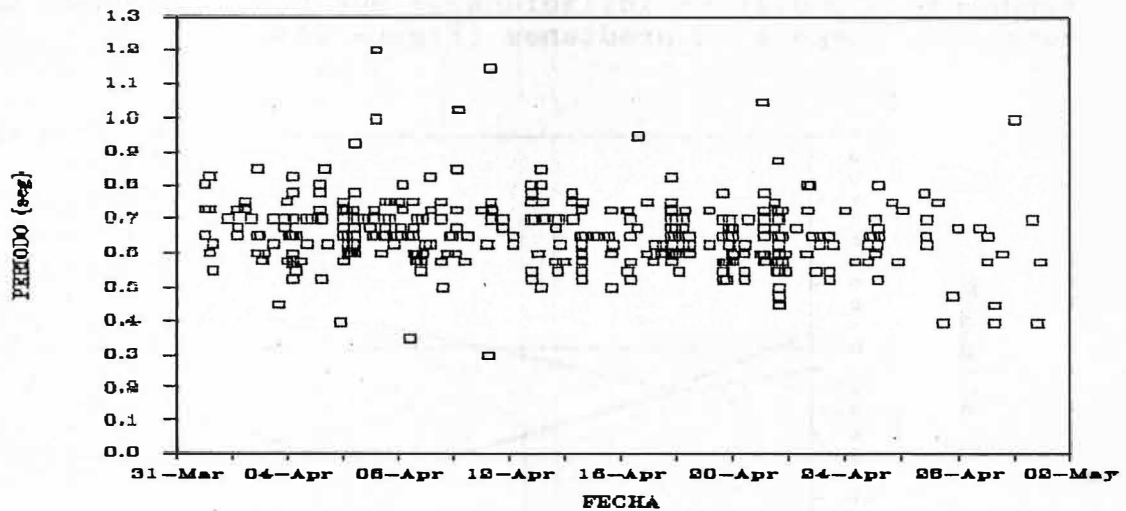


Figura 11. Períodos dominantes del Tremor de Fondo.

Además de las variaciones en el Tremor de Fondo, se registró Bandas de Tremor Modulado de Baja Frecuencia, con duraciones hasta de 2100 segundos (35 minutos). El máximo Desplazamiento Reducido de Ondas Rayleigh alcanzado por este tipo de eventos fue de 11.25 cm².

2. DEFORMACION.

TABLA 2. SINOPSIS DE OCUPACIONES EN DEFORMACION.

METODO ESTACIONES	Nº DE OCUPACIONES	CAMBIO μ rad	NIVEL DE CAMBIO	COMPORTAMIENTO
INCLISECA				
Calabozo	3	3.371	Muy Bajo	Estabilidad
El Pintado	2	4.580	Muy Bajo	Inflación
Truchas	3	3.263	Muy Bajo	Fluctuante
VECTORES				
Quebrada	3	1.463	Muy Bajo	Estabilidad
Piedras	2	0.835	Muy Bajo	Inflación
Barrancos	2	2.207	Muy Bajo	Oscilante
Ranas	1	7.610	Bajo	Fluctuante
Telecom	1	1.497	Muy Bajo	Oscilante
Cobanegra	1	0.920	Muy Bajo	Inflación
Mojones	1	1.980	Muy Bajo	Oscilante

2.1. INCLINOMETRIA SECA

Es importante observar el comportamiento de la estación Pintado ubicada a 3 Km al lado oriental del cono activo que muestra tendencia acumulativa inflacionaria muy baja, y desde febrero su acumulado llega a 12 μ radianes (Figura 14).

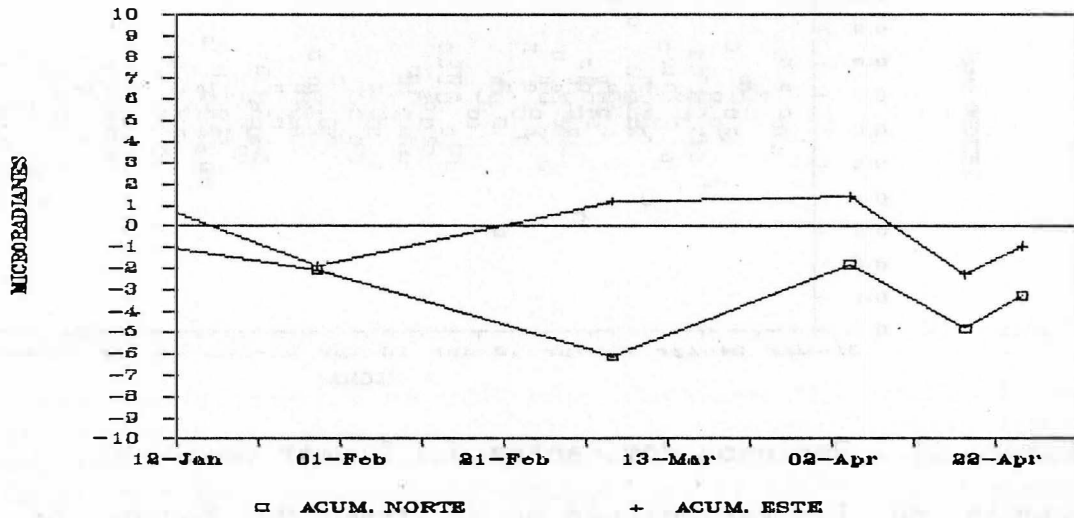


Figura 12. Registro de los Taus Norte y Este (Truchas).

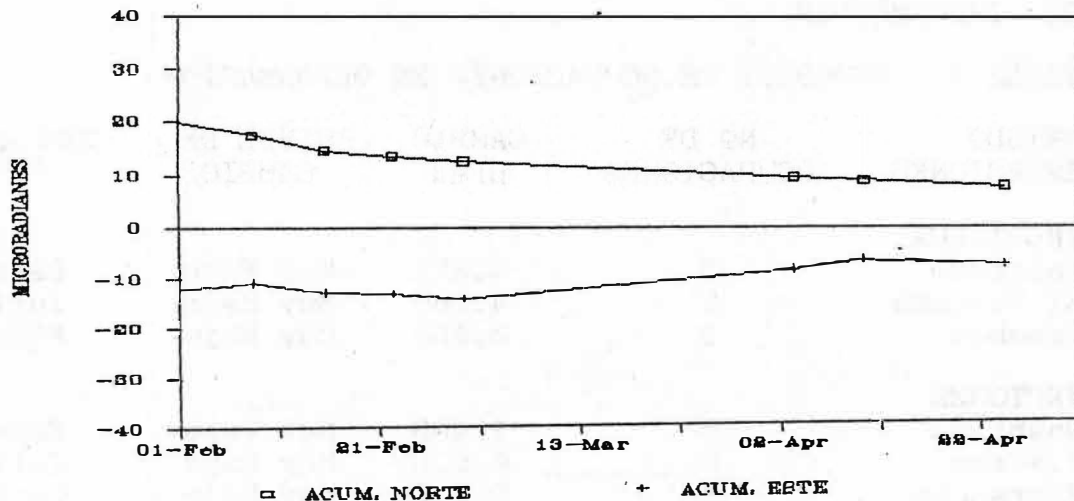


Figura 13. Registro de los Taus Norte y Este (Calabozo).

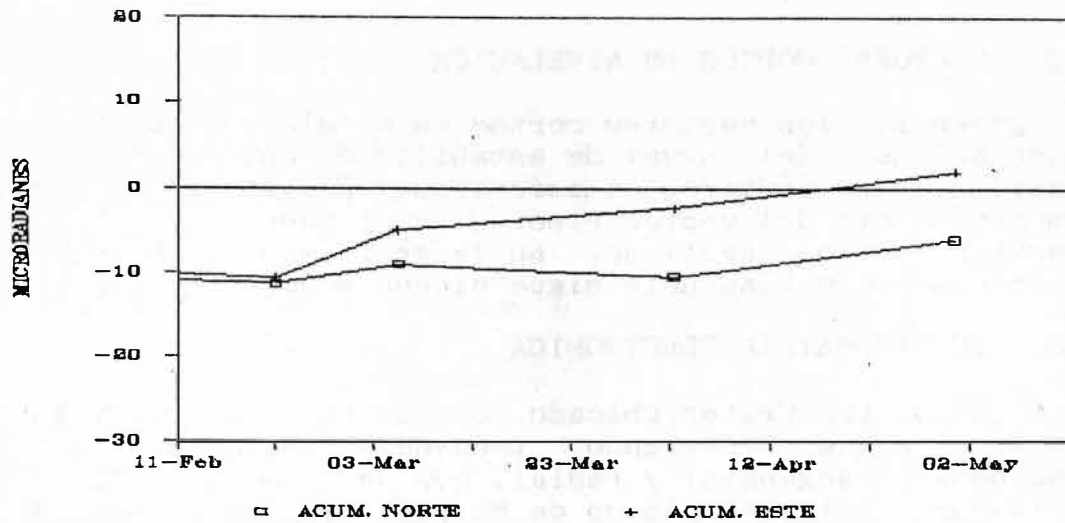


Figura 14. Registro de los Taus Norte y Este (Pintado).

En la Figura 15 se puede apreciar la dirección de los vectores resultantes para las tres estaciones con sus respectivas fechas de ocupación. Para la primera ocupación de las estaciones Calabozo y Pintado, se observa tendencia al NW, con azimuth 298° . Para las posteriores ocupaciones no se define estabilidad en el vector Resultante.

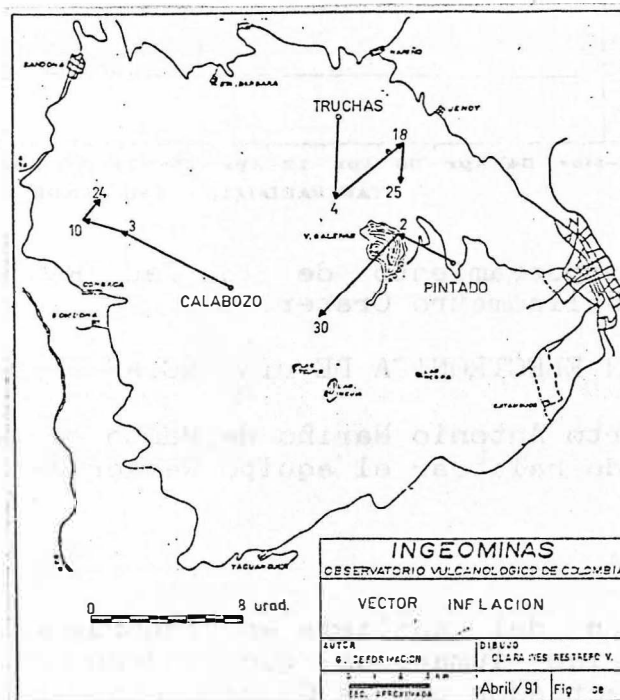


Figura 15. Vectores resultantes para las estaciones Calabozo, Pintado y Truchas.

2.2. VECTORES CORTOS DE NIVELACION

En general, los vectores cortos de nivelación muestran pequeñas fluctuaciones del nivel de estabilidad que posiblemente sean causadas por factores atmosféricos. Es importante resaltar el comportamiento del vector Piedras, que aunque los últimos valores muestran cambios negativos, en la gráfica de acumulado total se aprecia que su tendencia sigue siendo acumulativa inflacionaria.

2.3. INCLINOMETRIA ELECTRONICA

El inclinómetro Cráter ubicado 0.9 Km al lado oriental del cono activo, sigue mostrando tendencia inflacionaria en sus componentes tangencial y radial, con un acumulado desde el mes de septiembre del año pasado de 85 y 48 μ radianes respectivamente (Figura 16).

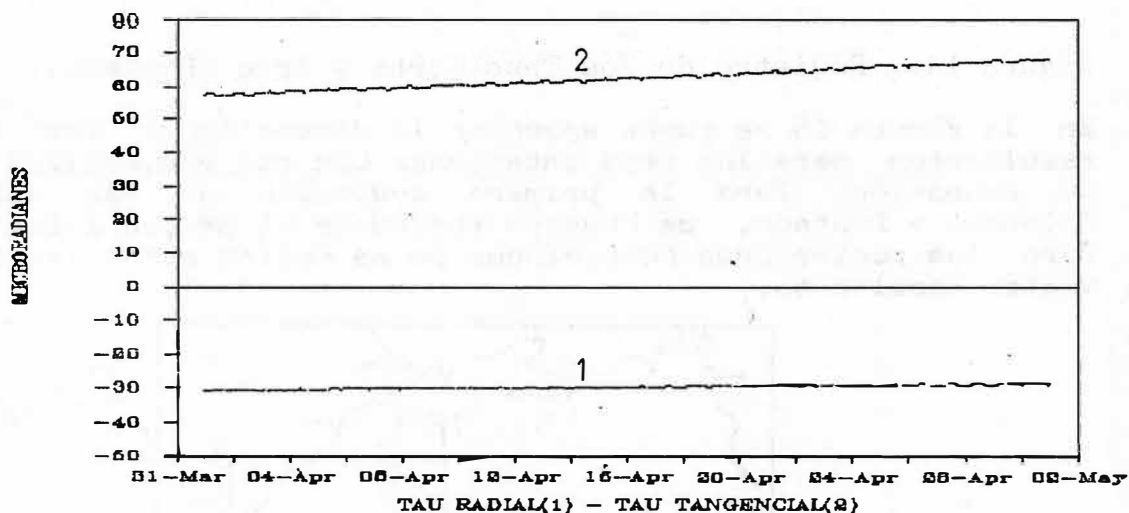


Figura 16. Comportamiento de los Taus Radial y Tangencial del inclinómetro Cráter.

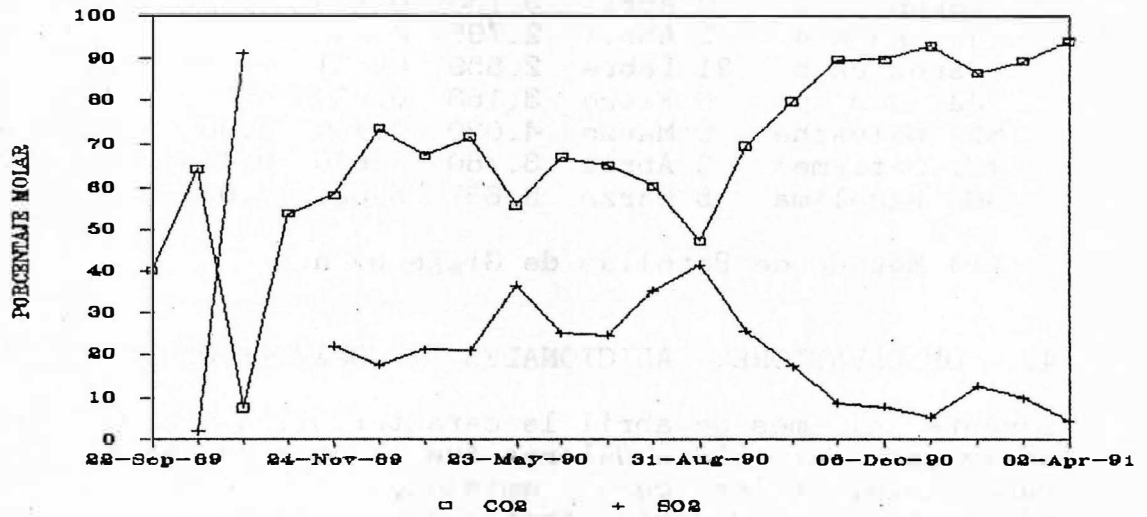
2.4. MEDICION ELECTRONICA DE DISTANCIAS (E.D.M.).

En el aeropuerto Antonio Nariño de Pasto se realizaron mediciones con el fin de calibrar el equipo Ranger V-A.

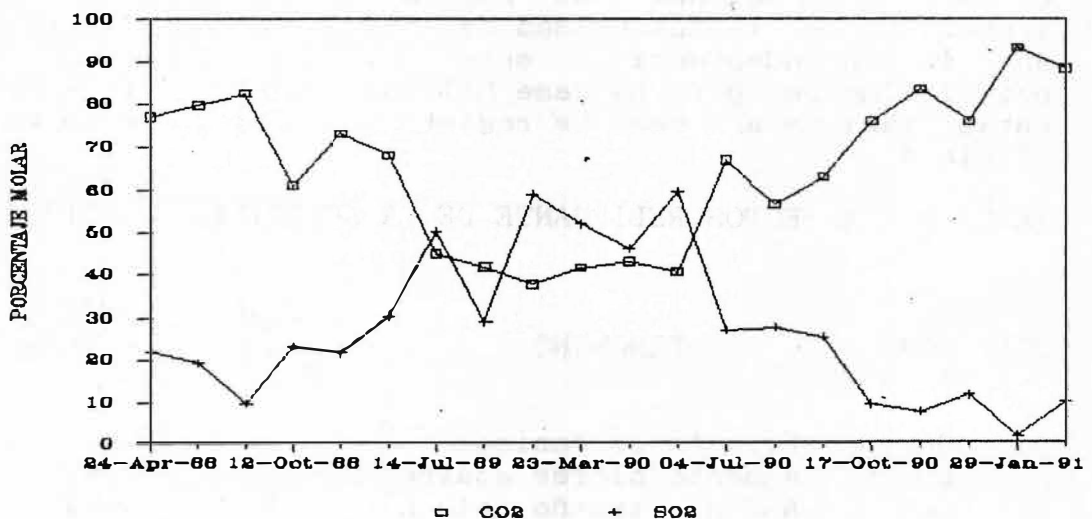
3. GEOQUIMICA.

Los resultados del análisis en laboratorio de las muestras tomadas en las fumarolas que rodean el cráter principal (Tabla 3), efectuados por la Química Claudia Alfaro, muestran que continua la tendencia ascendente en la cantidad de CO₂ contenida en la columna de gases y vapor, mientras que el SO₂ tiende a disminuir. En la Figura 17 se presentan las variaciones de dichas

especies en la estación de Caja japonesa N°3 ubicada en borde oriental del cráter (a), y en la fumarola Calvache localizada en la ladera norte (b); esta última se muestreó empleando botellas de Giggenbach. Las temperaturas medidas en la Grieta Besolima (ladera occidental), mostraron valores máximos de 468°C.



(a)



(b)

Figura 17. Cantidad de CO₂ y SO₂, (a) Caja Japonesa N°3 y (b) Fumarola Calvache.

TABLA 3. RESULTADOS DE LOS ANALISIS EN LABORATORIO DE LAS MUESTRAS TOMADAS ALREDEDOR DEL CRATER PRINCIPAL (% Molar)

ESTACION	FECHA	CO2	SO2	H2S	HCl	H2O
Japonesa 1	2 Abril	6.378	1.365	-----	0.220	92.037
Japonesa 2	2 Abril	6.575	0.159	-----	0.021	93.244
Japonesa 3	2 Abril	3.133	0.155	0.019	0.014	96.679
Japonesa 4	2 Abril	2.795	0.482	0.036	0.051	96.637
Japonesa 5	21 Febre	2.859	0.021	-----	0.005	97.115
Japonesa 6	6 Febre	3.163	0.004	-----	-----	96.837
*F. Calvache	5 Marzo	4.020	0.450	0.080	-----	95.448
*C. Deformes	2 Abril	3.780	1.670	0.490	0.340	93.750
*G. Besolima	5 Marzo	9.637	5.336	1.041	0.231	83.755

(*) Método de Botellas de Giggenbach.

4. OBSERVACIONES ADICIONALES Y COMENTARIOS DE LA ACTIVIDAD

Durante el mes de abril la característica más importante en la actividad del Volcán Galeras fue la ocurrencia de fenómenos en superficie, tales como: emisiones de ceniza acompañadas de fragmentos de diverso tamaño que se acumulan en torno a los orificios de salida, asocian incrementos en el tamaño de la columna y ocasionalmente explosiones o aumento del ruido; incremento en la intensidad de los olores a azufre e incremento en la incandescencia, estos últimos fenómenos reportados principalmente por La Base Militar Galeras, relacionados con estas manifestaciones se registraron ciertas señales sísmicas (Tabla 4).

TABLA 4. ASPECTOS RELIEVANTE DE LA ACTIVIDAD SUPERFICIAL.

DIA	HORA	FENOMENO	ALTURA COLUMNA (m)	SEÑAL ASOCIADA	DURACION SEÑAL (seg)
01	06:40	Emisión de cenizas		LP	34
	09:05	Aumento olores azufre		Tremor	1800
02	06:20	Aumento tamaño columna	300	Tremor	159
	07:11	Emisión de cenizas	900	Tremor	275
	10:14	Emisión de cenizas		Tremor	116
	10:29	Emisión de cenizas		LP	42
03	07:41	Emisión de cenizas		Tremor	89
05	05:00	Incremento del ruido		Tremor	475
06	00:02	Aumento incandescencia		Tremor	182
07	17:57	Emisión de cenizas	700	LP	52
	18:23	Emisión de cenizas	500	Tremor	140
08	17:17	Emisión de cenizas		Tremor	135

continuación TABLA 4.

DIA	HORA	FENOMENO	ALTURA COLUMNA (m)	SEÑAL ASOCIADA	DURACION SEÑAL (seg)
09	18:27	Emisión de cenizas	400	Tremor	130
10	06:08	Emisión de cenizas	1100	Tremor	89
	06:44	Emisión de cenizas	200	Tremor	71
	10:10	Emisión de cenizas	700	Tremor	230
	16:43	Incremento del ruido		Tremor	110
	18:20	Emisión de cenizas, Incremento del ruido y Aumento incandescencia		LPs, Tremor	50 61 165
	19:16	Emisión de cenizas		LP	30
11	03:20	Emisión de cenizas y Aumento incandescencia		Tremor	170
	03:24	Emisión de cenizas y Aumento incandescencia		LPs	17 29
	06:05	Emisión de cenizas	200	LP	44
	06:11	Emisión de cenizas	400	LP	58
	15:08	Emisión de cenizas		Tremor	131
	17:58	Emisión de cenizas	1700	Tremor	120
	18:36	Emisión de cenizas	200	LP	26
	18:41	Emisión de cenizas	800	Tremor	115
12	08:06	Emisión de cenizas		Tremor	295
	08:26	Emisión de cenizas		Tremor	250
	08:54	Emisión de cenizas		LP	46
13	03:59	Emisión de cenizas		Tremor	625
	05:55	Aumento tamaño columna	500	Tremor	260
	06:22	Aumento tamaño columna	400	LP	20
	06:58	Emisión de cenizas	400	LP	50
	09:58	Emisión de cenizas e Incremento del ruido		Tremor	91
14	06:32	Emisión de cenizas	800	Tremor	83
	07:35	Emisión de cenizas	1100	Tremor	130
	08:08	Emisión de cenizas	700	LP	56
	08:45	Emisión de cenizas, Explosiones y Aumento olores azufre	1500	Tremor	179
15	07:57	Emisión de cenizas	1500	Tremor	137
	13:55	Emisión de cenizas y Explosiones		LP, Tremor	380
	15:09	Emisión de cenizas y Explosiones		Tremor	82
	19:21	Emisión de cenizas y Aumento incandescencia		Tremor	130
16	05:59	Emisión de cenizas		Tremor	111
	07:11	Emisión de cenizas		LP	40
	08:15	Emisión de cenizas	800	LP	34
	08:35	Emisión de cenizas	1500	Tremor	600

continuación TABLA 4.

DIA	HORA	FENOMENO	ALTURA COLUMNA (m)	SEÑAL ASOCIADA	DURACION SEÑAL (seg)
	10:04	Emisión de cenizas	1500	Tremor	171
	11:07	Emisión de cenizas		Tremor	145
17	07:11	Emisión de cenizas		LP	47
	07:40	Emisión de cenizas		LP	57
	07:52	Emisión de cenizas		Tremor	122
	17:42	Emisión de cenizas		Tremor	205
	18:02	Emisión de cenizas		Tremor	370
	19:48	Emisión de cenizas		Tremor	1500
18	07:06	Emisión de cenizas		Tremor	190
	09:18	Emisión de cenizas		LP	70
19	06:27	Emisión de cenizas		LP	21
	07:28	Emisión de cenizas		Tremor	76
	08:55	Emisión de cenizas		Tremor	180

A partir del día 20, las condiciones atmosféricas impidieron observaciones directas.

Las visitas a la cima del volcán indican que las emisiones de ceniza se originan en el interior del cráter principal. En Geoquímica, la relación del contenido de gases de acuerdo al esquema propuesto por Giggenbach es predominantemente de tipo magmático, característica observada en la fumarola Las Deformes y en la Grieta Besolima.

Continúan los cambios morfológicos en el cono activo, tales como: evolución de grietas por desprendimiento e inestabilidad en la pared interna occidental, y aparición de nuevos orificios pequeños de salida de gases.

La tendencia inflacionaria reportada el mes pasado en el inclinómetro electrónico de Cráter continúa, alcanzando un acumulado de 85 μ rad en la componente tangencial y 48 en la radial desde septiembre del año pasado (Figura 16). El inclinómetro seco El Pintado y el vector Piedras ubicados en el flanco oriental, presentan leve tendencia inflacionaria en las 3 últimas ocupaciones (Figura 14). Estos cambios pueden ser ocasionados por deformación volcánica o por un basculamiento asociado a la actividad neotectónica de la Falla de Buesaco.

Es posible considerar el estado actual de actividad como parte del ciclo iniciado el pasado mes de noviembre, por cuanto los eventos de Largo Período y Tremor, así como las manifestaciones superficiales no han retomado los niveles pre-noviembre. Adicionalmente, están ocurriendo episodios de Tremor Modulado de Baja Frecuencia.

Las señales moduladas están asociadas al movimiento de fluidos que al interactuar con el entorno o en el sistema de conductos producen grandes contrastes en la impedancia generando este tipo de señales con un bajo contenido frecuencial; y/o a procesos de tránsito de gases que son liberados de manera pulsátil y que modifican su viscosidad al arrastrar partículas sólidas. Las atenuaciones realizadas del Tremor Modulado muestran que los procesos que originan este tipo de eventos son superficiales.

Desde la reactivación del Volcán Galeras en el año 1988 la actividad ha evolucionado presentando un incremento notorio en sus niveles. Teniendo en cuenta los parámetros descritos, se plantean dos hipótesis de trabajo que solo la vigilancia y la investigación podrán arrojar los elementos de juicio suficientes para su definición: a. que todas las manifestaciones concluyan con un episodio de gran magnitud superior al de mayo de 1989, y b. que los niveles alcanzados correspondan a un episodio eruptivo prolongado sin que involucre un evento principal.