

**INFORME TÉCNICO  
PRELIMINAR**



**ANÁLISIS DE LAS SEÑALES SÍSMICAS REGISTRADAS  
DURANTE LA CAMPAÑA AL VOLCÁN NEVADO  
COROPUNA ENTRE EL 22 DE OCTUBRE AL 24 DE  
NOVIEMBRE DEL 2008**

**Presentado por: Domingo Ramos  
Yanet Antayhua  
Pablo Masías**

**Vulcanología,  
Diciembre 2008**

## ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. EL ESTRATO VOLCÁN NEVADO COROPUNA.....	6
2.1. Ubicación y accesibilidad.....	6
2.2. Geología y vulcanismo.....	6
3. CONSIDERACIONES TÉCNICAS Y OBJETIVOS.....	7
3.1. Antecedentes.....	7
3.2. Objetivos.....	7
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE CAMPO.....	7
4.1. La brigada de campo.....	7
4.2. Instalación de estaciones sísmicas.....	8
4.2.1. La estación COR1.....	9
4.2.2. La estación COR2.....	11
4.2.3. La estación COR3.....	11
5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATA SÍSMICA.....	12
5.1. Procesamiento de data para estaciones SARA.....	12
5.2. Procesamiento de data para estaciones GURALP.....	13
5.3. Análisis de data sísmica.....	13
5.3.1. Análisis en el dominio del tiempo.....	13
5.3.2. Análisis en el dominio de la frecuencia.....	14
5.4. Localización de epicentros.....	15
6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	15
6.1. Sismicidad del volcán Coropuna.....	15
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES.....	18
7.1. Fuentes sísmicas locales.....	18
7.2. Relación entre la sismicidad y el tectonismo local.....	18
7.3. Recomendaciones.....	19

8. CONCLUSIONES.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	20

## RESUMEN

El estrato volcán Coropuna, es la estructura mas alta y compleja del Perú con 6377 msnm y un diámetro basal aproximado de 20 km. Se encuentra ubicado a 150 km de la ciudad de Arequipa.

Con el objetivo de conocer el estado sísmico actual del volcán nevado Coropuna y sus alrededores y de estimar algún tipo de falla activa, se han instalado temporalmente, un total de 03 estaciones sísmicas digitales (Viraco, Jallua y Maucallacta) en las inmediaciones de este volcán. Considerando su elevado costo, estas estaciones han sido instaladas con vigilancia permanente, en el interior de alguna propiedad.

La información sísmica obtenida durante este tiempo de estudio (del 22 de Octubre al 24 de Noviembre del 2008), ha sido analizada empleando dos metodologías clásicas: el análisis por la forma de onda y el análisis por su contenido espectral.

La sismicidad registrada es independiente en cada una de las tres estaciones, así pues, no se ha registrado algún sismo en dos o tres estaciones simultáneamente. Así mismo, el análisis de las diferencias de arribo de las ondas P y S inferiores a 1.5 segundos, indican que existe una sismicidad local, no mayor a 9 km. Así mismo, se ha realizado la localización de algunos sismos, cuyos epicentros se ubican en los alrededores del volcán nevado Coropuna.

## 1. INTRODUCCIÓN

En este informe se presenta los resultados preliminares del análisis de las señales sísmicas obtenidas durante una breve campaña al volcán nevado Coropuna entre el 22 de Octubre al 24 de Noviembre del 2008.

El análisis realizado en este informe consiste en primer lugar de una inspección minuciosa de la forma de onda (dominio del tiempo), para ello se ha empleado dos software de procesamiento sísmico, el primero llamado SAC (Seismic Analysis Code) y el segundo llamado SEISAN. Ambos software son de libre distribución y pueden ser descargados por internet. Así mismo, se ha desarrollado un exhaustivo análisis en el dominio de las frecuencias. En éste caso, se ha empleado el programa llamado Volcanalisis. Este programa ha sido obtenido gracias a la participación del INGEMMET en el proyecto internacional VOLUME.

Con la finalidad de organizar este informe, se ha realizado ocho ítems, los cuales se describen de la siguiente manera: en el punto uno, se redacta la introducción, seguido en el punto dos por la ubicación geográfica y una descripción geológica y tectónica de la zona de estudio. En el punto tres se detallan las consideraciones técnicas y los antecedentes sobre los cuales se ha realizado este trabajo y los objetivos a los que deseáramos llegar con la ejecución de este trabajo. En el punto cuatro se describen el trabajo de campo, la conformación de la brigada de campo, la instalación de las estaciones sísmicas y se explica muy brevemente, algunas actividades realizadas por los otros integrantes de la brigada como la medición de las fuentes de agua y la ubicación de termómetros en la zona del Coropuna. El quinto punto está dedicado a describir la metodología empleada en el procesamiento de la data sísmica, así como el análisis de las ondas sísmicas. Para ello se describe los programas empleados y se cita la procedencia de los mismos. Así mismo, en esta parte se describe los pasos para la conversión de formatos para su correspondiente análisis y se describe la metodología empleada para la localización de sismos locales. En el punto seis, expondremos los resultados preliminares obtenidos en esta campaña sísmica. La discusión de resultados y las respectivas recomendaciones serán tratadas en el punto siete. En el punto ocho, mencionaremos las conclusiones a las que se ha llegado en este trabajo y finalmente, señalaremos las referencias bibliográficas en la que nos hemos apoyamos para la elaboración de este informe.

## 2. EL ESTRATO VOLCÁN NEVADO COROPUNA

### 2.1. Ubicación y accesibilidad

El estratovolcán Nevado Coropuna ( $15^{\circ}33'S$ ,  $72^{\circ}36'O$ , 6377 msnm) se encuentra emplazado a 150 km al NO de la ciudad de Arequipa. Es accesible desde la ciudad de Arequipa por la carretera de acceso a la localidad de Acoy en el Distrito de Aplao. Desde allí, se puede acceder al Coropuna por el costado Este, por el distrito de Chuquibamba, o por el lado Oeste por los distritos de Viraco y Machahuay (Fig. N° 1).

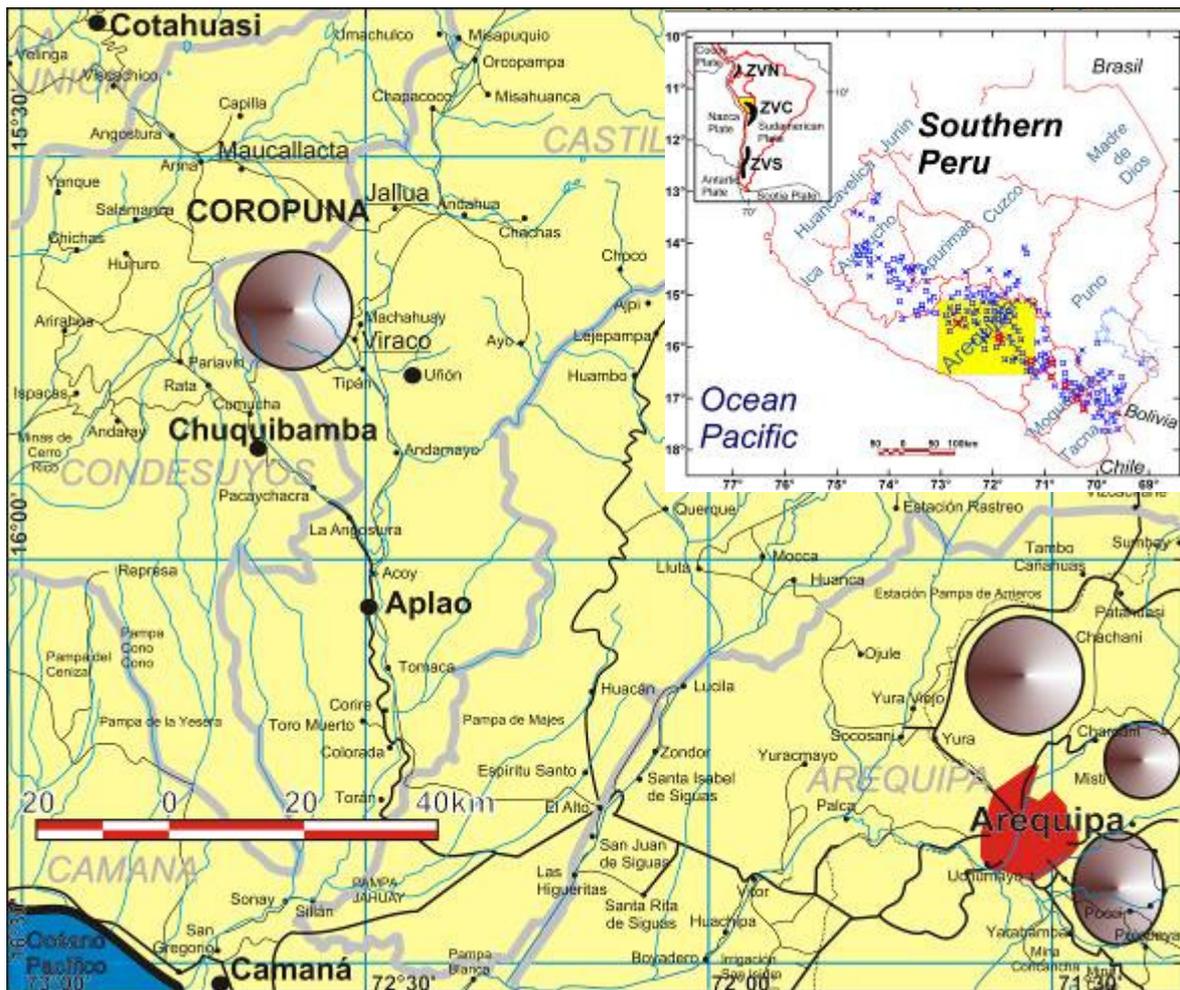


Fig. N° 1.- Mapa de ubicación del volcán nevado Coropuna.

### 2.2. Geología y vulcanismo

El complejo volcánico Coropuna está emplazado sobre una topografía casi plana sobre los 4200 msnm, la base de este nevado está conformada principalmente por tres depósitos volcánicos de tipo ignimbrítico: el primero del Mioceno inferior (Formación Alfabamba), el segundo del Mioceno medio a superior (Formación Huaylillas) y el último del Plioceno-Pleistoceno (Formación Senca). Este volcán no tiene actividad eruptiva histórica, sin embargo hay indicios de su actividad en el reciente

geológico, así pues, hay tres emisiones lávicas de tipo traquidacítico y eyecciones balísticas. Además, en sus inmediaciones se observan diversas fuentes de agua termal.

### **3. CONSIDERACIONES TÉCNICAS Y OBJETIVOS.**

#### **3.1. Antecedentes**

La Universidad Computense de Madrid está realizando algunos estudios geológicos y de glaciares en el volcán nevado Coropuna y sus alrededores desde el 2006. El INGEMMET y la Universidad Computense de Madrid tienen un convenio de cooperación con vigencia hasta XXX (). En el marco de este convenio se ha programado realizar la instalación de tres estaciones sísmicas en la zona del volcán Coropuna.

#### **3.2. Objetivos**

Este estudio se ha realizado con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos:

- 1.- Conocer el estado sísmico actual de la zona que corresponde al volcán nevado Coropuna.
- 2.- Conocer si existe algún tipo de sismicidad tectónica local.
- 3.- Establecer las bases para una futura campaña sísmica sobre el volcán nevado Coropuna y sus alrededores.

### **4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE CAMPO**

El trabajo de campo se inició con la partida de la brigada desde las instalaciones de Defensa Civil en el Distrito de José Luis Bustamante y Rivero (El INGEMMET se desarrollaba en uno de los ambientes cedidos por INDECI). En el campo, se visitaron los poblados de Pampacolca, Viraco, Jallua, Maucallacta y el volcán nevado Coropuna; donde se combinaron actividades para realizar la instalación de tres estaciones sísmicas, para realizar mediciones de parámetros fisicoquímicos de fuentes de agua y para realizar el backup de data de temperatura de datta loggers instalados en este volcán en una anterior ocasión. En el anexo 1 se muestra el informe post-campo presentado al INGEMMET, en el cual se describe las operaciones de campo.

#### **4.1. La brigada de campo**

En ésta oportunidad, esta brigada de campo estuvo conformada por cinco miembros (Foto N° 1), dos miembros de INGEMMET, dos representantes de la Universidad Computense de Madrid y un conductor:

- |                        |                              |                                    |
|------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 1.- Lic. Pablo Masías  | Químico - Feje de la brigada | INGEMMET.                          |
| 2.- Ing. Domingo Ramos | Geofísico - sismólogo        | INGEMMET.                          |
| 3.- Lic. José Ubeda    | Geógrafo                     | Universidad Complutense de Madrid. |

4.- Lic. Gonzalo Juan-Benito Biólogo  
5.- Jesús Barreda Conductor

Universidad Complutense de Madrid.  
Empresa de transportes Transmaja S.A.



Foto N° 1.- Integrantes de la brigada de campo. De derecha a izquierda: Ing. Domingo Ramos, Lic. Juan José Benito, Lic. Pablo Masias y Jesús Barreda. José Ubeda está tomando la foto.

#### 4.2. Instalación de estaciones sísmicas

En esta oportunidad (22 de Octubre al 24 de Noviembre del 2008), se ha instalado tres estaciones sísmicas. El Cuadro N° 1 muestra la ubicación, el tipo de estación empleado, el código asignado, las coordenadas UTM y la altitud de cada estación sísmica.

Pueblo o localidad	Tipo de estación	Código de la estación	WGS-84		
			Latitud-S	Longitud-E	Altitud (msnm)
Maucallacta	GURALP	COR1	8293507	748799	4420
Ccallua	SARA	COR2	8286184	773055	4365
Viraco	SARA	COR3	8267585	765236	3231

Cuadro N° 1.- Coordenadas UTM con Datum WGS-84 de las estaciones sísmicas que operaron en la zona del volcán nevado Coropuna entre el 22 de Octubre al 24 de Noviembre del 2008.

#### 4.2.1. La estación COR1

La estación Coropuna 1 COR1 (8293507-S, 748799-E, 4420 msnm) se encuentra ubicada en el pueblo de Maucallacta (Fig. N° 1). Esta estación está equipada con un sismógrafo digital marca GURALP modelo CMG-6TD (banda ancha; Foto N° 2), y fue instalada en un ambiente proporcionado por la directora del Centro Educativo N° 40469 Pucuncho (Foto N° 3).



Foto N° 2.- Instalación de la estación sísmica GURALP en el pueblo de Maucallacta. Código COR1.



Foto N° 3.- Centro Educativo N° 40469 donde operó la estación sísmica COR1.

#### Equipo empleado en la estación COR1:

- Un sismógrafo digital marca GURALP modelo CMG-6TD
- Dos baterías de 12 v.
- Una antena GPS
- Un panel solar
- Cables y accesorios
- Una LAPTOP

#### Operatividad de la estación COR1

Si bien esta estación estuvo instalada en campo desde el 22-Set-2008 hasta el 21-Nov-2008, solo se obtuvieron registros sísmicos por diez días del 22-Set-2008 (10:00 a.m.) a 01-Oct-2008 (05:10 a.m.).

#### Observaciones

En condiciones normales de operatividad, ésta estación es independiente y opera sin soporte computarizado externo. Sin embargo, en esta oportunidad, debido a un problema técnico de la GURALP, esta estación se dejó conectada con una Lap Top para la descarga directa de data sísmica.

Probablemente una baja de tensión en las baterías habría provocado que la estación se apagara y no pudiera reiniciarse nuevamente.

En nuestra visita a esta estación, encontramos una batería extraña conectada a nuestro panel solar con una conexión clandestina. Esta batería extra había provocado una carga incompleta a nuestras baterías de soporte a la estación y a la LapTop así que al no tener suficiente alimentación, la computadora habría dejado de funcionar y por lo tanto, no habría registrado más data sísmica.

#### **4.2.2. La estación COR2**

La estación Coropuna 2 COR2 (8286184-S, 773055-E, 4365 msnm) se encuentra ubicada en el pueblo de Ccallua (Fig. N° 1; Foto N° 4). Esta estación fue equipada con un sismógrafo digital marca SARA modelo SLO6/S3 de periodo corto. Además del sismógrafo, esta estación estuvo equipada con un panel solar, una batería de 12 voltios y una antena GPS.



Foto N° 4.- Vista de la localidad de Ccallua, donde se instaló la estación sísmica SARA con el código COR2.

#### **4.2.3. La estación COR3**

La estación Coropuna 3 COR3 (8267585-S, 765236-E, 3231 msnm) fue instalada en el pueblo de Viraco (Fig. N° 1). Esta estación también fue equipada con un sismógrafo digital marca SARA modelo SLO6/S3 de periodo corto (Foto N° 5). Además del sismógrafo, esta estación estuvo equipada con un panel solar, una batería de 12 voltios y una antena GPS.

Además, se emplearon diversos accesorios tales como: un GPS marca Garmin modelo Etrex de 12 canales, mapas, cámaras fotográficas y brújulas.



Foto N° 5.- Instalación de la estación sísmica tipo SARA en el Distrito de Viraco. Código COR3.

## **5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATA SÍSMICA**

El procesamiento de la data sísmica se realizó de acuerdo al tipo de sismógrafo empleado y al software propio del sismógrafo, así por ejemplo, los sismógrafos SARA emplean comandos Linux mientras que los sismógrafos GURALP tienen su propio software y funciona en plataforma Windows.

### **5.1. Procesamiento de data para estaciones SARA**

Las estaciones SARA se conectan a una PC con un cable CrossOver. Por otro lado, para el back-up de la data sísmica de las estaciones SARA se ha empleado comandos basados en plataforma ftp (FTP, MGET, CD, CP, ./STOP, ./START). Estos comandos pueden ser invocados desde consolas DOS y/o LINUX. La data sísmica es registrada por "the fault" en formato seisan y puede ser convertido a otros formatos empleando los programas SEISAC, SEIASC y SEISEI. Estos programas también vienen incluidos dentro de la distribución SEISAN.

## 5.2. Procesamiento de data para estaciones GURALP

Las estaciones GURALP, se comunican con una PC mediante un cable serial. Para hacer el backup de la data sísmica se emplea el software llamado Scream 4.4 de distribución adjunta a los sísmógrafos GURALP. Así mismo, se ha empleado programas como el GCFSEI, GCFSAC, SEIASC, GCFASC para cambiar de formato según requerimiento del procesamiento. Estos programas son herramientas de incluidos en el paquete GURALP.

## 5.3. Análisis de data sísmica

### 5.3.1. Análisis en el dominio del tiempo

Para el análisis de la forma de las ondas sísmicas en el dominio del tiempo se ha empleado los software SEISAN (Seismic Analysis System; Fig. N° 2) que opera bajo entorno Windows y es de libre distribución (<http://www.geo.uib.no/seismo/software/seisan/seisan.html>) y SAC (Seismic Analysis Code; Fig. N° 3), que se desenvuelve bajo plataforma LINUX. Este software normalmente se distribuye bajo licencia, sin embargo, es de libre distribución para los afiliados de IRIS, centros sísmológicos, colaboradores de la USGS entre otros (<http://www.iris.edu/software/sac/>).

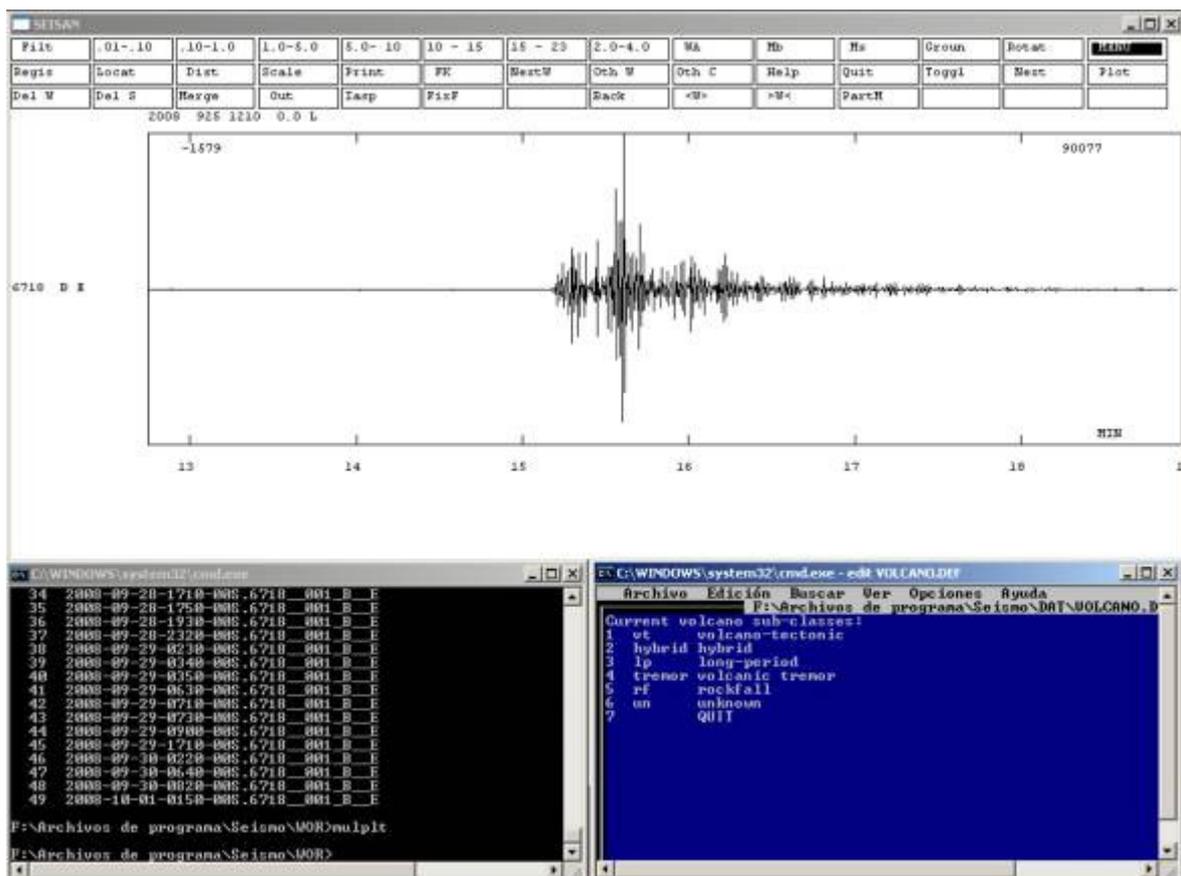


Fig. N° 2.- Presentación de la ventana de trabajo del programa SEISAN. Este programa se desenvuelve bajo entorno Linux y Windows y es de libre distribución.

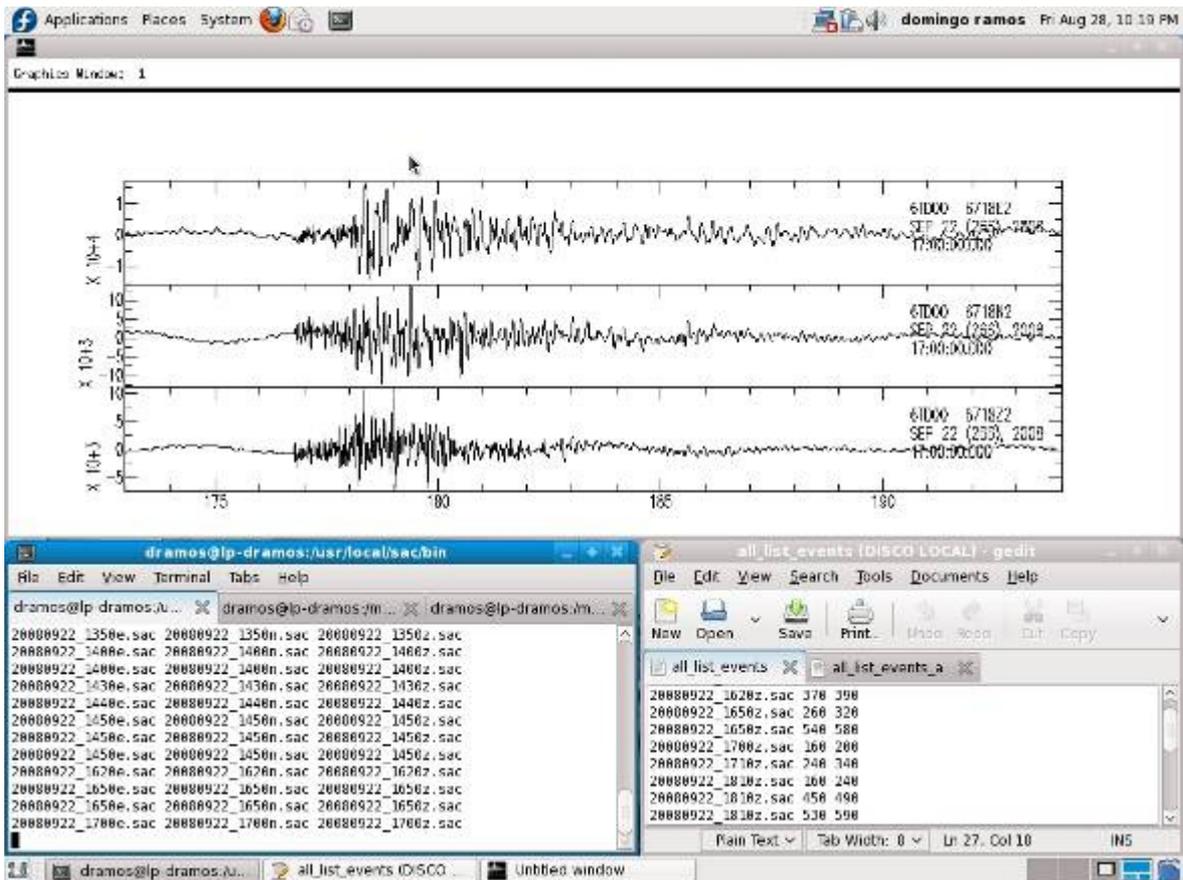


Fig. N° 3.- Presentación de la ventana de trabajo con el programa SAC. Este programa se desenvuelve bajo entorno Linux y es de libre distribución para instituciones científicas.

### 5.3.2. Análisis en el dominio de la frecuencia

El análisis de frecuencias de las ondas sísmicas se ha realizado empleando el programa llamado VOLCANALISIS. Este programa que fue confeccionado por el Dr. Philippe Lessage en el marco del proyecto VOLUME, fue diseñado entre otras cosas para el análisis frecuencial de ondas sísmicas, así mismo, este software es de libre distribución para todas las instituciones que conformaron este proyecto (<http://www.volume-project.net/>). Así mismo, este programa se desenvuelve en plataforma MATLAB.

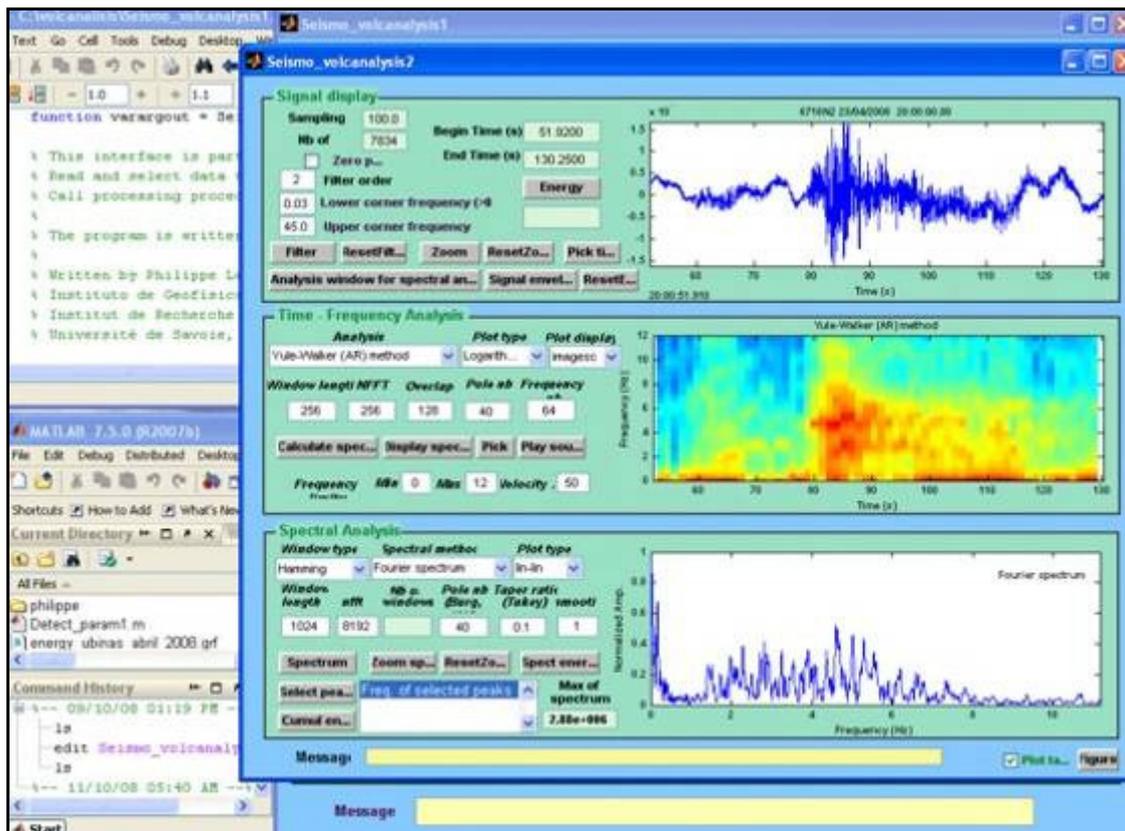


Fig. N° 4.- Ventana de trabajo del programa para análisis espectral llamado Volcanalysis elaborado por Lesage (2007). La imagen superior muestra la señal sísmica, en la parte media el espectrograma y en la parte inferior el espectro de frecuencias.

### 5.3.3. Localización de epicentros

La localización de epicentros se ha realizado empleando la diferencia de tiempos de las ondas sísmicas S-P. Esta diferencia de tiempo multiplicado por un factor que corresponde a la velocidad de atenuación de las ondas sísmicas P respecto a S (6.3 m/s) nos proporciona una idea de la distancia a la cual se ha generado el sismo. Esta distancia junto con el cuadrante de dirección calculado a partir de las componentes horizontales del registro del sismo, nos proporciona la ubicación del epicentro del sismo en cuestión.

## 6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Sismicidad del volcán Coropuna

La sismicidad del volcán Coropuna registrada en el periodo comprendido del 22 de Octubre al 24 de Noviembre del 2008, en general contiene señales sísmicas de muy baja frecuencia (1.5E-5 Hz) que correspondería a las oscilaciones de la marea terrestre (Fig. N° 5).

Además, las señales sísmicas registradas en las estaciones sísmicas COR1, COR2 y COR corresponden a sismicidad local y regional de origen tectónico más no de origen volcánico. Las figuras N° 6, 7 y 8 son algunos ejemplos de estos sismos.

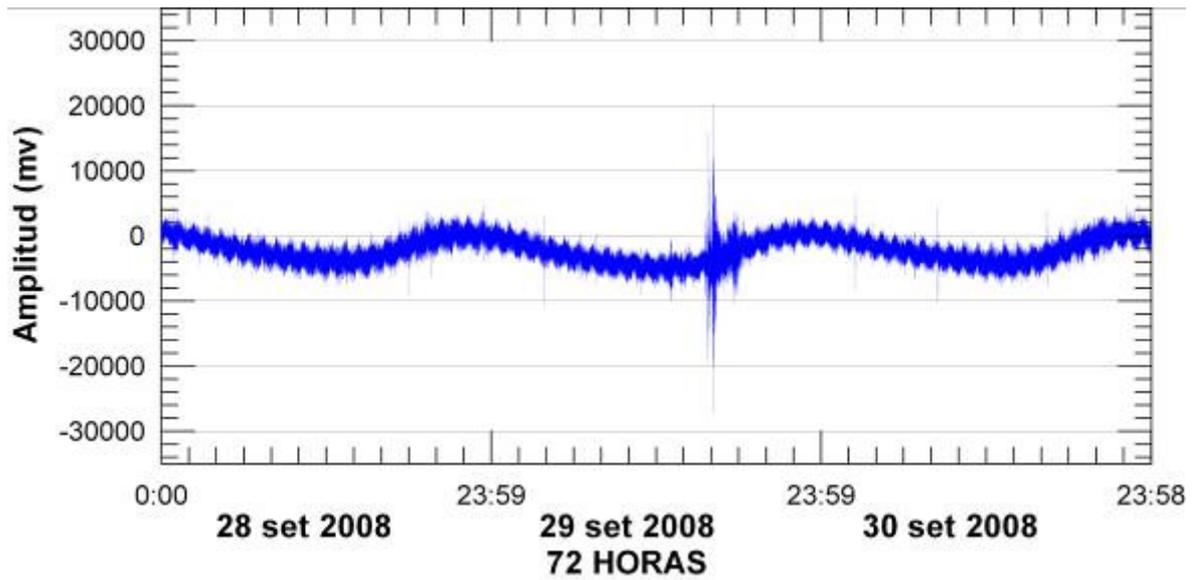


Fig. N° 5.- Sismograma de 72 horas registrado en la estación COR1 del volcán nevado Coropuna.

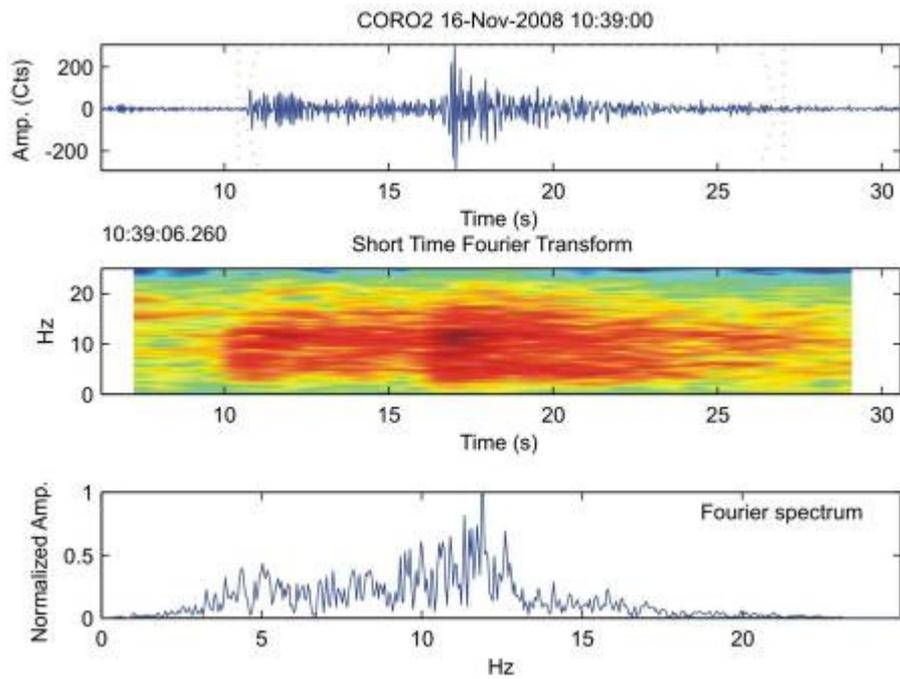


Fig. N° 6.- Ejemplo de sismo regional registrado en la estación COR2 el 16 de Noviembre de 2008 en el volcán nevado Coropuna.

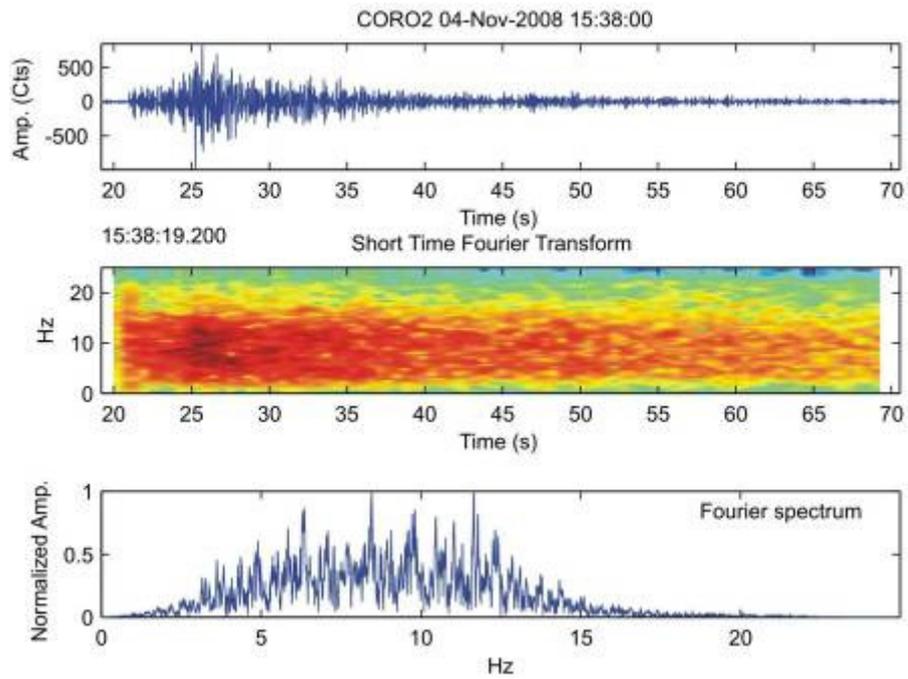


Fig. N° 7.- Ejemplo de sismo local registrado en la estación COR2 el 04 de Noviembre de 2008 en el volcán nevado Coropuna.

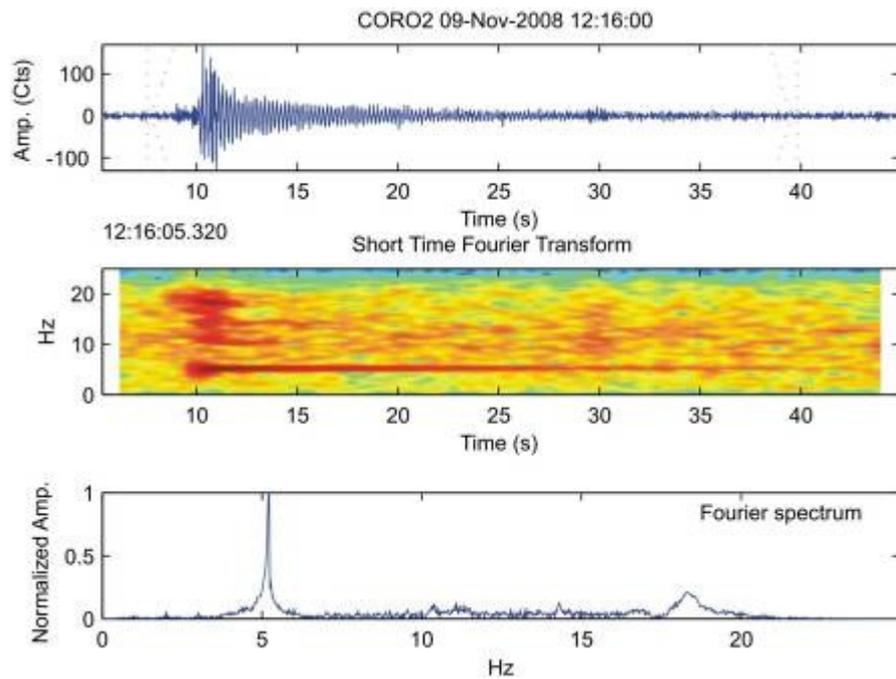


Fig. N° 8.- Ejemplo de sismo monocromático registrado en la estación COR2 el 09 de Noviembre de 2008 en el volcán nevado Coropuna.

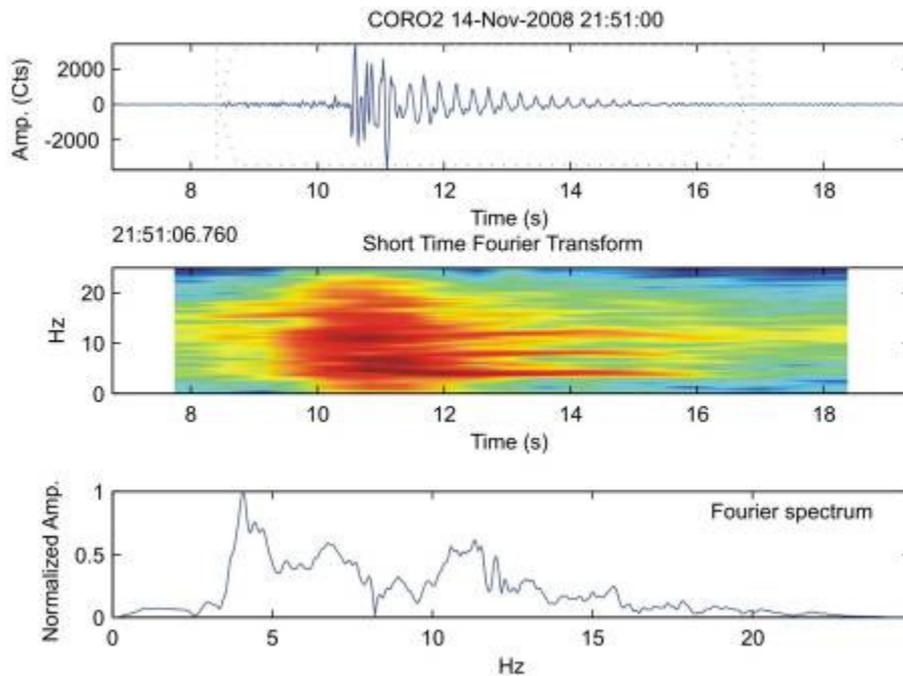


Fig. N° 9.- Ejemplo de sismo de baja frecuencia registrado en la estación COR2 el 14 de Noviembre de 2008 en el volcán nevado Coropuna.

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Fuentes sísmicas locales

Las fuentes sísmicas locales estarían conformadas por diversas fallas activas propias de la zona y ocultos en superficie. Existen comentarios de los lugareños que señalan actividad sísmica importante en la zona.

### 7.2. Relación entre la sismicidad y el tectonismo local

La sismicidad registrada en el volcán nevado Coropuna contiene valores variados de S-P, algunos de estos valores tienen  $S-P=1.5 S$ , lo que indica una sismicidad local de aproximadamente 9 km en torno a la estación sísmica que la ha registrado. Esta actividad sísmica estaría relacionada a fallamientos y tectonismo local. La fig. N° 10 muestra la localización de cuatro sismos con fases claras. Se puede apreciar una distribución muy dispersa, probablemente asociado a diferentes fuentes sísmicas.



Fig. N° 10.- Localización epicentral de cuatro sismos registrados en la estación CORO2 del volcán nevado Coropuna.

### 7.3.Recomendaciones

Después de analizar la data sísmica registrada en el nevado Coropuna, se recomienda la instalación de al menos dos estaciones sísmicas temporales de banda ancha, una en la cima del nevado, sobre los 5500 msnm y otra en la base del volcán a los 4000 msnm aproximadamente. Con la finalidad de distinguir actividad sísmica volcánica y/o tectónica de la sismicidad relacionada a la de glaciación. Por otro lado, se recomienda evaluar la velocidad de retroceso del casquete glaciar. Se podría generar un colapso por derretimiento y arrazar con las poblaciones emplazadas en los flancos inferiores del volcán.

## 8. CONCLUSIONES

En la zona del volcán nevado Coropuna se ha instalado tres estaciones sísmicas que han operado entre el 22 de Octubre al 24 de Noviembre del 2008. Estas estaciones han funcionado en las localidades de Maucallacta, Ccallua y Viraco con los códigos de COR1, COR2 y COR3.

Se ha realizado la localización epicentral de cuatro sismos. La ubicación de estos sismos estaría relacionada a fallamiento local.

No se ha registrado sismicidad asociada a origen volcánico, probablemente porque la ubicación de las estaciones sísmicas fueron muy distantes del volcán.

## BIBLIOGRAFÍA

BENOIT J.P., McNUTT S.R. (1996).- Global volcanic earthquake swarm database and preliminary analysis of volcanic earthquake swarm duration. *Ann. Geofis.* 39, 221-229.

CHOUET B.A. (1996), Long-Period Volcano Seismicity: Its Source and Use in Eruption Forecasting. *Nature* 380, 309–316.

DE SILVA, V. & FRANCIS, P. (1991).- Volcanoes of the Central Andes. *Springer, Berlin*, 216p.  
FOURNIER, N. (1999).- Characterization of Fluids at Ubinas volcano, south Peru, *Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand. Travail d'étude et de Recherche de Maîtrise*.

GÓMEZ M., TORRES C., SEIDL D., HELLWEG M., RADEMACHER H. (1999).- Tornillo seismic events at Galeras volcano, Colombia: a summary and new information from broadband three-component measurements. *Annali di Geofisica*, vol. 42, N. 3, June 1999, pp. 365-378.

IBÁÑEZ, J., DEL PEZZO, E., ALMENDROS, J., LA ROCCA, M., ALGUACIL, G., ORTÍZ R., GARCÍA, A. (2000).- Seismovolcanic signals at Deception Island volcano, Antarctica: Wave field analysis and source modeling. *J. Geophys. Res.* 105, 13905-13931.

IBÁÑEZ J. (1997).- Apuntes de Sismología Volcánica. *Curso Internacional de Vulcanología y Geofísica Volcánica, Lanzarote*, 89 p.

LAHR J.C., CHOUET B.A., STEPHENS C.D., POWER J.A. AND PAGE R.A. (1994).- Earthquake classification, location, and error analysis in a volcanic environment: implications for the magmatic system of the 1989-1990 eruptions Redoubt Volcano, Alaska. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 62, 137-151.

LATTER, J. H. (1979).- Volcanological observations at Tongariro National Park, 2. Types and classification of volcanic earthquakes, 1976-1978. *Department of Scientific and Industrial Research, Geophysics Division, Wellington, New Zealand*, 150, 60 p.

LLERENA P. (2005). - Características de la sismicidad observada en octubre 2001 en el volcán Misti (sur de Perú), *Tesis profesional, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, 151 p.

MAROCCO R., (1980).- Géologie des Andes péruviennes: Un segment E-W de la chaîne des Andes péruviennes: la déflexion d' Abancay. Etude géologique de la Cordillère Orientale et des Hauts Plateaux entre Cuzco et San Miguel. Sud du Pérou: Doc ORSTOM 94.

MINAKAMI T. (1974).- Seismology of volcanoes in Japan, *Physical Volcanology*, Eds. L. Civetta, P. Gasparini, G. Luongo and A. Rapolla, Elsevier, Amsterdam. Pp.1-27.

NARVAEZ L., TORRES R.A., GOMEZ D.M., CORTES G.P., CEPEDA H., STIX J. (1997).- 'Tornillo'-type seismic signals at Galeras volcano, Colombia, 1992-1993. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 77, 159-171.

SCHICK, R.; LOMBARDO, G.; PATANE, G. (1982).- Volcanic tremors and shocks associated with eruptions at Etna (Sicily), September 1980. *Journal of volcanology and geothermal research* 14: 261-279.

SIMKIM T., & SIEBERT L., (1994).- Volcanoes of the World – A Regional Directory, Gazetteer and chronology of volcanism during the last 10000 year. *Smithsonian Institution, Global Volcanism Program, Washington DC*.

TORRES R., GÓMEZ D., ORTEGA A., SEIDL D. (1999).- Señales sísmicas tipo Tornillo en Galeras y otros volcanes activos. *Primer Simposio Colombiano De Sismología*, 13p.

TAYPE, E.( 2007).- Análisis de la Actividad Sísmica del Volcán Ubinas para el Periodo Marzo-Abril de 1998, *Tesis profesional, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, 157 p.