

11. REFERENCIAS

- Atl. Dr., 1939. Volcánes de México. La actividad del Popocatepetl, Editorial Polis, V.1, pp 72, México, D.F
- Barboza, V., W. Melson, 1990. Correlación entre las señales sísmicas y los sonidos de las erupciones del volcán Arenal, *Boletín de Vulcanología*, 21. p. 8-12, Heredia, Costa Rica.
- Carrasco Núñez, G., L. Silva Mora, H Delgado Granados, J Urrutia Fucugauchi, 1986. Geología y Paleomagnetismo de Popocatepetl. Serie de Investigación, Instituto de Geofísica, UNAM, # 33
- Chouet, B 1988. Resonance of a fluid-driven crack: radiation properties and implications for the source of long-period events and harmonic tremor, *J Volcanol Geotherm Res*, 93, p. 4375-4400.
- Gresta S. and G. Patanw, 1987. Review of seismological studies at Mount Etna, *Pageoph*, 125, p. 951-970
- Havskov, J., S. De la Cruz, S.K. Singh, F. Medina, C. Gutiérrez. 1983. Seismic activity related to the March-April, 1982 eruption of El Chichón volcano, Chiapas, México, *Geophys Res Lett*, 10, p 293-296.
- Kubotera, A , 1974. Volcanic tremors at Aso volcano, in L. Civetta, P Gasparini, G. Luongo and A. Rapolla (Editors). *Physical Volcanology*: Elsevier, Amsterdam, p 29-48
- Lahr, J C , B A. Chouet, C.D. Stephens, J.A. Power, R.A. Page, 1994. Earthquake classification, location, and error analysis in a volcanic environment: implications for the magmatic system of the 1989-1990 eruptions at Redoubt Volcano, Alaska, *J Volcanol Geotherm Res*, 62, p 137-151
- Lermo, J., J.Cuenca, T.Montfret, F.J Hernández y E.Nava (1993) Algunas características espectrales de la sismicidad asociada a la actividad del Volcán de Colima, *Geofísica Internacional*, 32, 683-697.
- Lermo, J y F.J.Chávez-García (1993). Site effect evaluation using spectral ratios with only one station, *Bull Seism Soc Am*, 83, 1574-1594.
- Lermo, J. y F.J.Chávez-García (1994). Are microtremors useful in site response evaluation?, *Bull Seism Soc Am*, 84, 1350-1364.
- Malone, S.D., 1983. Volcanic earthquakes: examples from Mount St. Helens, in *Earthquakes: Observation, Theory and Interpretation*, LXXXV Corso. Soc. Italiana di Física, Bologna, Italy. p 436-455.
- Martinelli, B., 1990 Analysis of patterns observed at Nevado del Ruiz volcano, Colombia during August - September 1985, *J Volcanol Geotherm Res*, 41, p. 297-314
- Minakami, T., S. Utibori, S Hiraga, T. Miyazaki, N Gyoda, and T. Utsunomiya, 1970. Seismometrical studies of volcano Asama, pt 1: *Earthquake Research Institute Bulletin*, 48, Tokyo University, p. 235-301.
- Minakami, T , 1974 Seismology of volcanoes in Japan, in L. Civetta, P Gasparini, G. Luongo and A. Rapolla (Editors). *Physical Volcanology*: Elsevier, Amsterdam, p 1-27.
- McNutt, S , 1982. Analysis of volcanic tremor from Pavlof, Fuego, Pacaya, San Cristobal and Masaya volcanoes, *Boletín de Vulcanología*, 14, p 55-58. Heredia, Costa Rica.
- McNutt, S , 1986. Observations an analysis of B-type earthquakes, explotions, and volcanic tremor at Pavlof

volcano, Alaska, *Bull Seism Soc Am*, **76**, p. 153-175.

Ntepe, N and J Dorel. 1990. Observations of seismic signals at Stromboli volcano. *J Volcanol Geotherm Res*, **43**, p 235-251

Rodríguez, M , E Nava, M. Torres, R. Vásquez, N. Ortega, T. González. 1994. Monitoreo sísmico de la Cuenca de México, Informe interno del Instituto de Ingeniería, pp 52, México, D.F.

Sawada. M , 1994. B-type and explosión earthquakes observed at Asama volcano, central Japan, *J Volcanol Geotherm Res*, **63**, p 111-128

Valdés González, C., G.J González Pomposo, 1994. Sismicidad del volcán Popocatepetl, noviembre 1993 a marzo 1994, Reporte interno 94-2. Instituto de Geofísica, UNAM, pp 13, México, D.F.

VOLCAN POPOCATEPETL

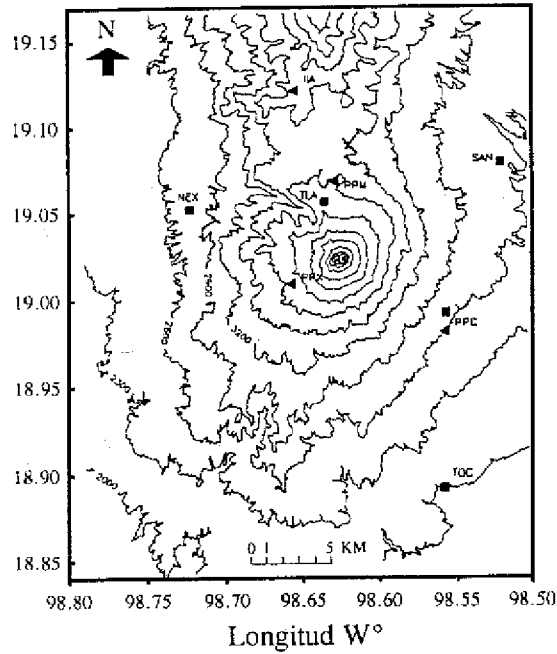


Figura 1. Mapa del Volcán Popocatépetl. Se muestra con cuadrados la ubicación de las estaciones de la red digital temporal (TLA, PPC, SAN, TOC y NEX), y con triángulos la ubicación de cuatro estaciones telemétricas (IIA, PPX, PPM y PPC).

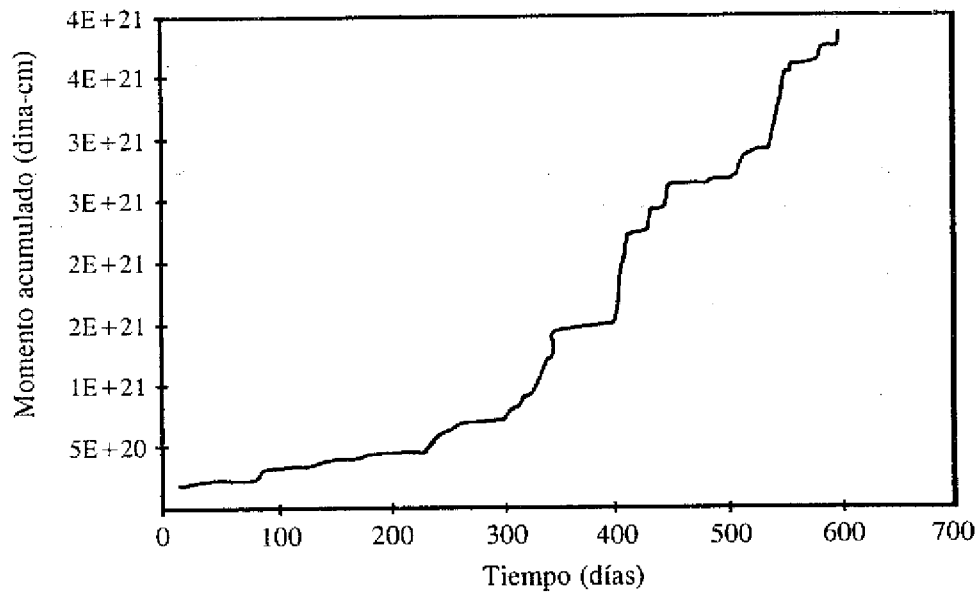
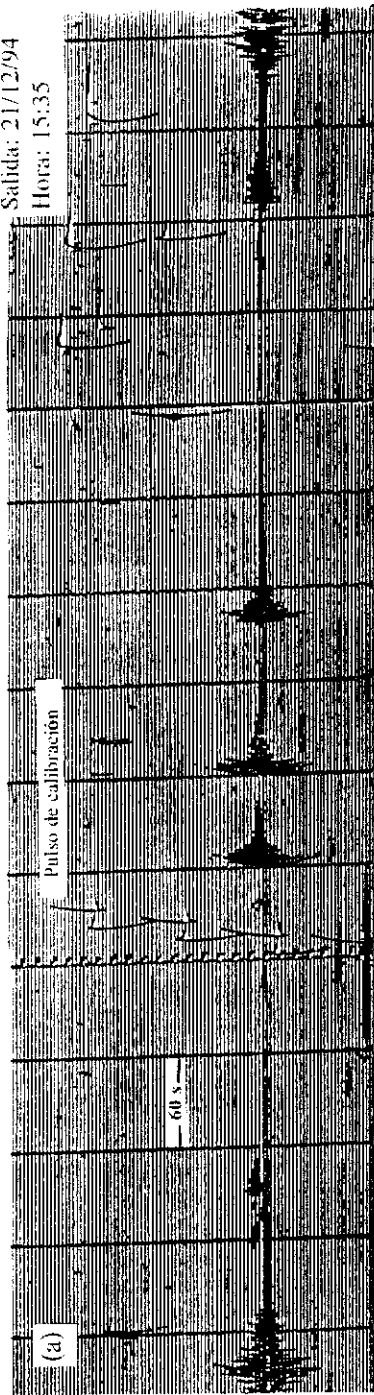


Figura 2. Variación temporal de la liberación del momento sísmico acumulado, entre el 1 de enero de 1993 y el 30 de agosto de 1994. Tomado de Rodríguez et al. 1994.

Estación: IIA (SISMEX)
Componente: Z

Entrada: 20/12/94
Hora: 15:05
Salida: 21/12/94
Hora: 15:35



Estación: PPX
Componente: Z

Entrada: 20/12/94
Hora: 15:05
Salida: 21/12/94
Hora: 15:35

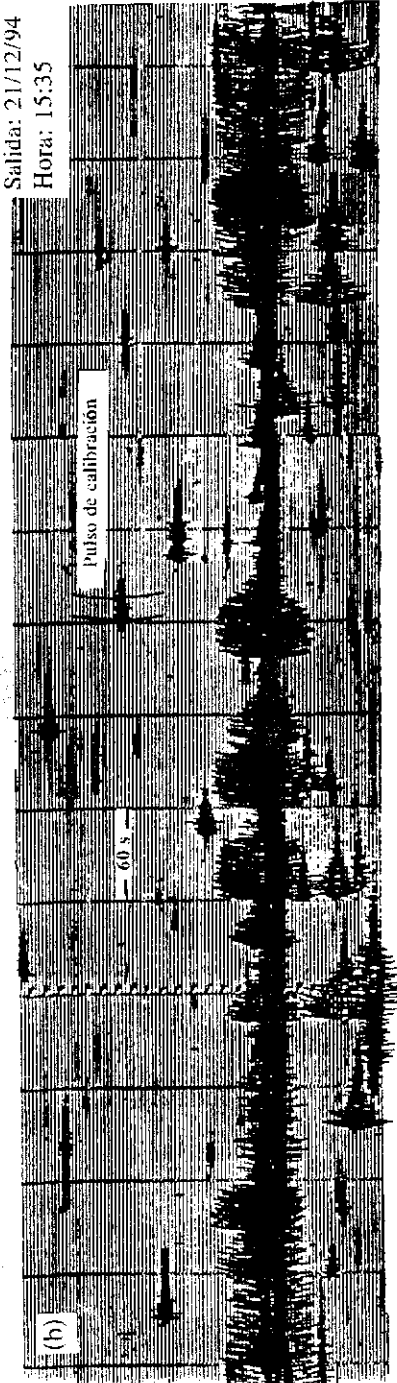


Figura 3. Sismogramas del 20-21 de diciembre de 1994, con registro de la crisis, (a) en la Estación IIA, (b) en la Estación PPX. Escala de tiempo en UTC.

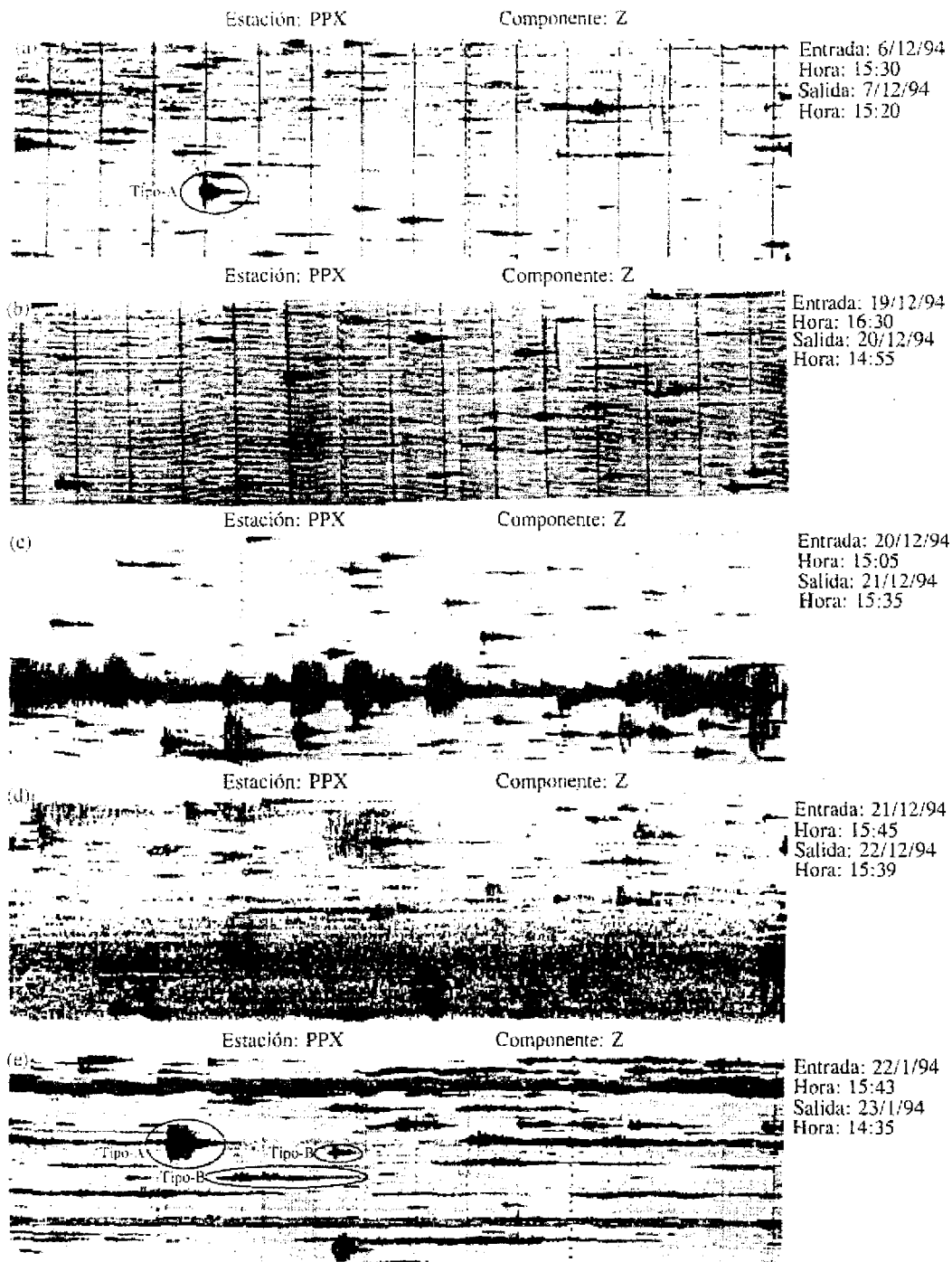


Figura 4. Sismogramas de PPX, escala de tiempo en UTC, cada sismograma representa un período de 24 horas. Note que los eventos Tipo-B 12 días (a), un día (b) y 12 horas antes de la crisis (c), no muestran cambios significativos. La crisis inicia a las 7:11 y finaliza a las 7:52 con una explosión que dura aproximadamente 5 minutos (c). A continuación se incrementó el temblor volcánico teniendo su mayor amplitud 20 horas después de la crisis (d). Días después disminuye este temblor e inicia el evento Tipo-B de larga duración $\sim = 150$ s (e).

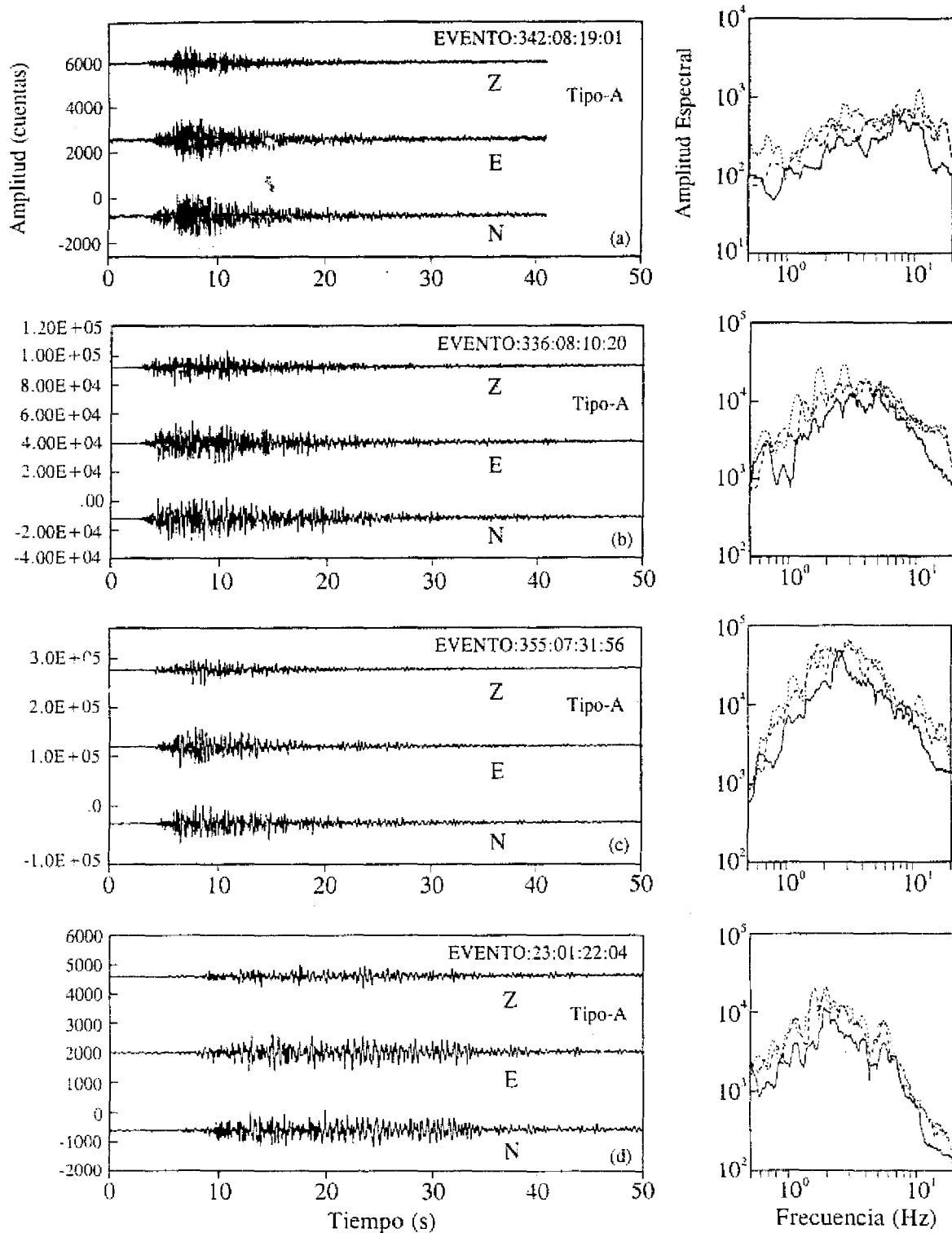


Figura 5. Trazas de eventos típicos Tipo-A registrados en PPC y sus correspondientes espectros de Fourier para cada una de las componentes: Z (línea continua), E (línea discontinua) y N (línea punteada).

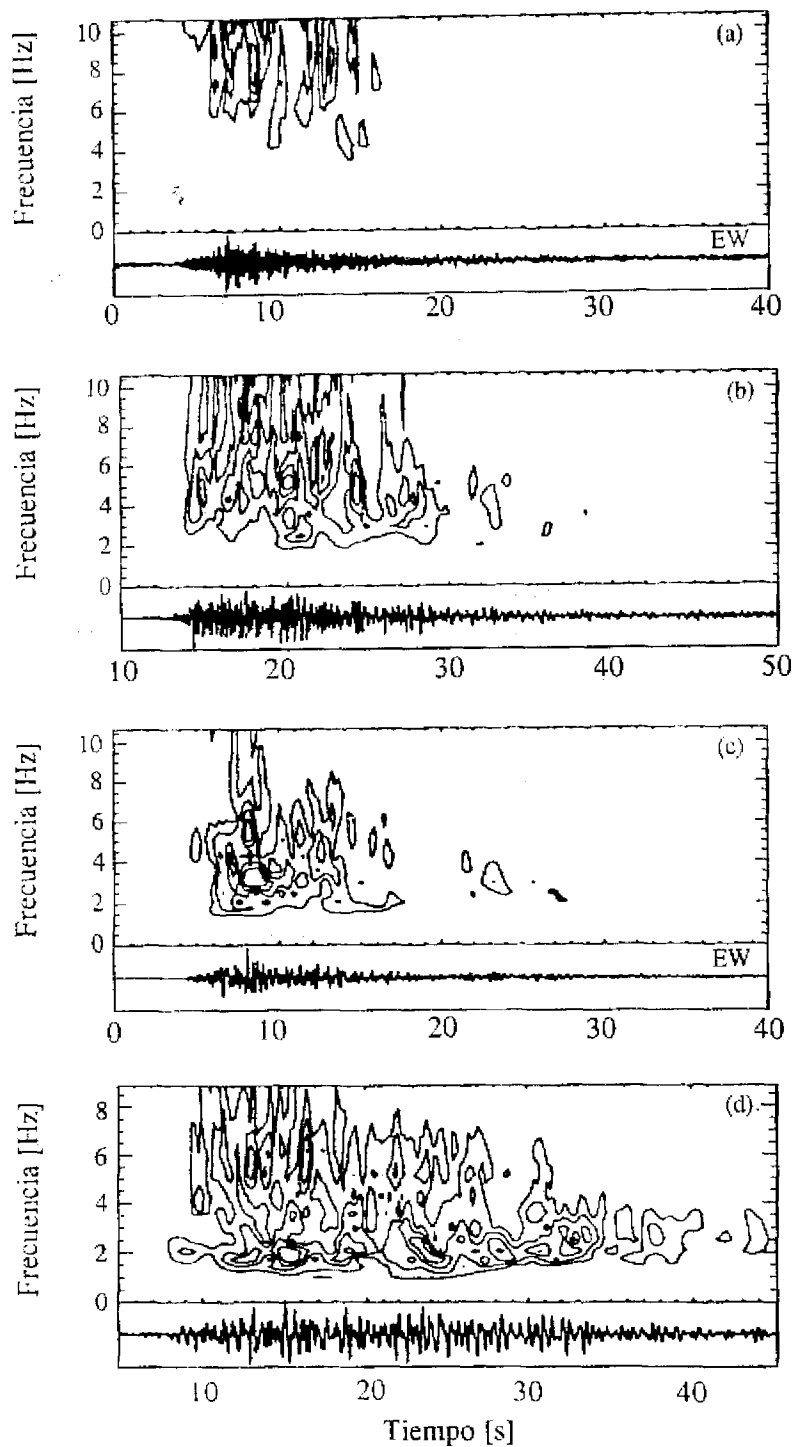


Figura 6. Isocurvas de espectros de Fourier evolutivos en el tiempo para la componente EW de los 4 eventos típicos Tipo-A graficados en la Figura 5: (a) Evento con frecuencia dominante entre 6-10 Hz; (b) Evento con frecuencia dominante entre 2-10 Hz; (c) Evento con frecuencia dominante entre 1.5-6 Hz; (d) Evento con frecuencia dominante bimodal en 2 y 6 Hz.

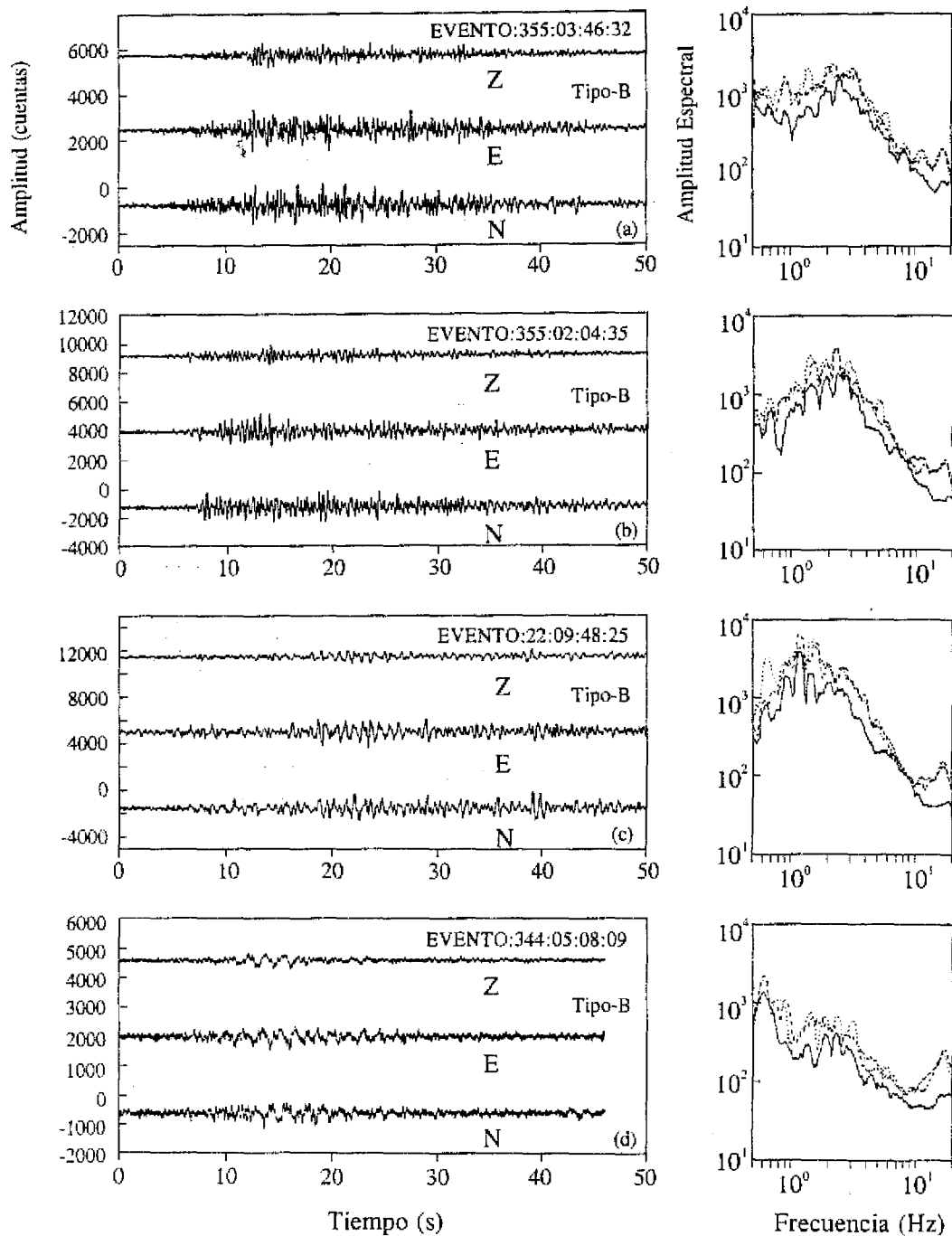


Figura 7. Trazas de eventos típicos Tipo-B registrados en PPC y sus correspondientes espectros de Fourier para cada una de las componentes: Z (línea continua), E (línea discontinua) y N (línea punteada).

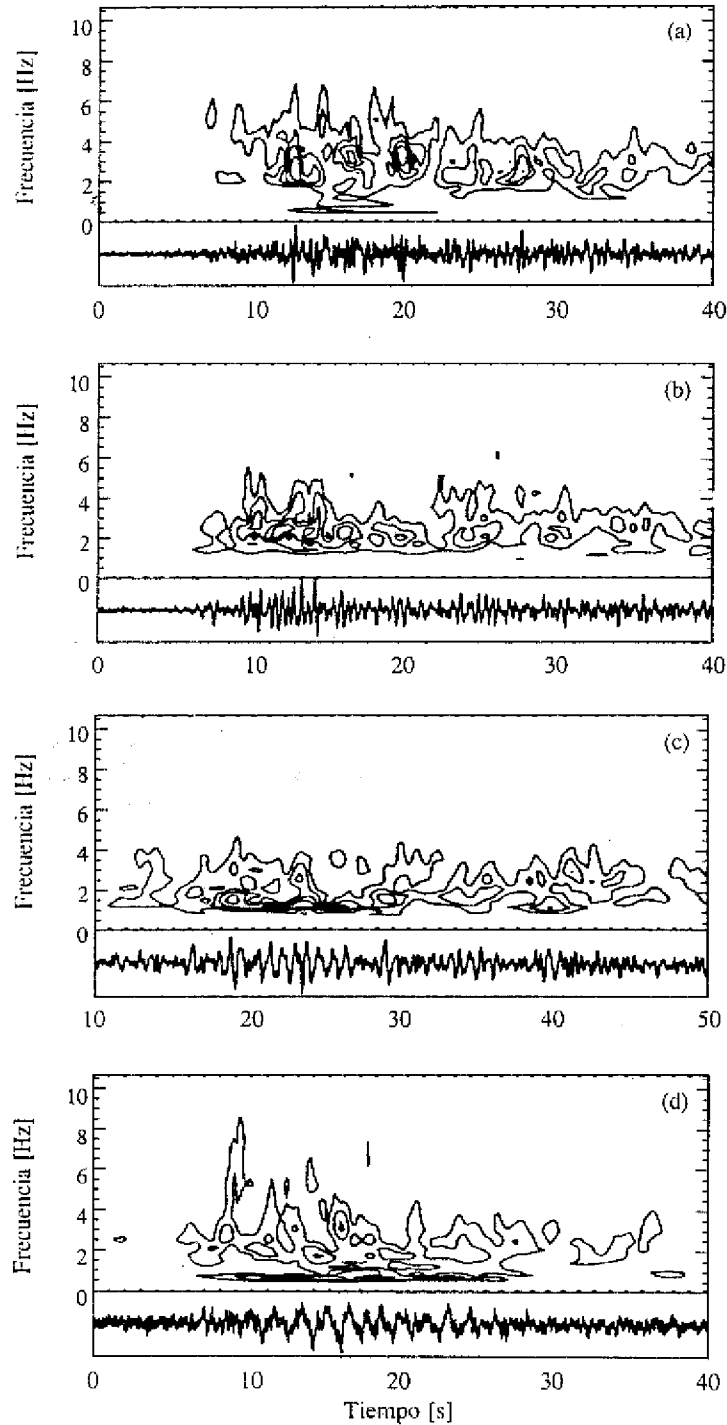


Figura 8. Isocurvas de espectros de Fourier evolutivos en el tiempo para la componente EW de los 4 eventos típicos Tipo-B graficados en la Figura 7: (a) Evento con frecuencia dominante bimodal en 0.5 y 2-4 Hz; (b) Evento con frecuencia dominante entre 1.5-3 Hz; (c) Evento con frecuencia dominante entre 1-2 Hz; (d) Evento con frecuencia dominante bimodal en 0.6 y 2 Hz.

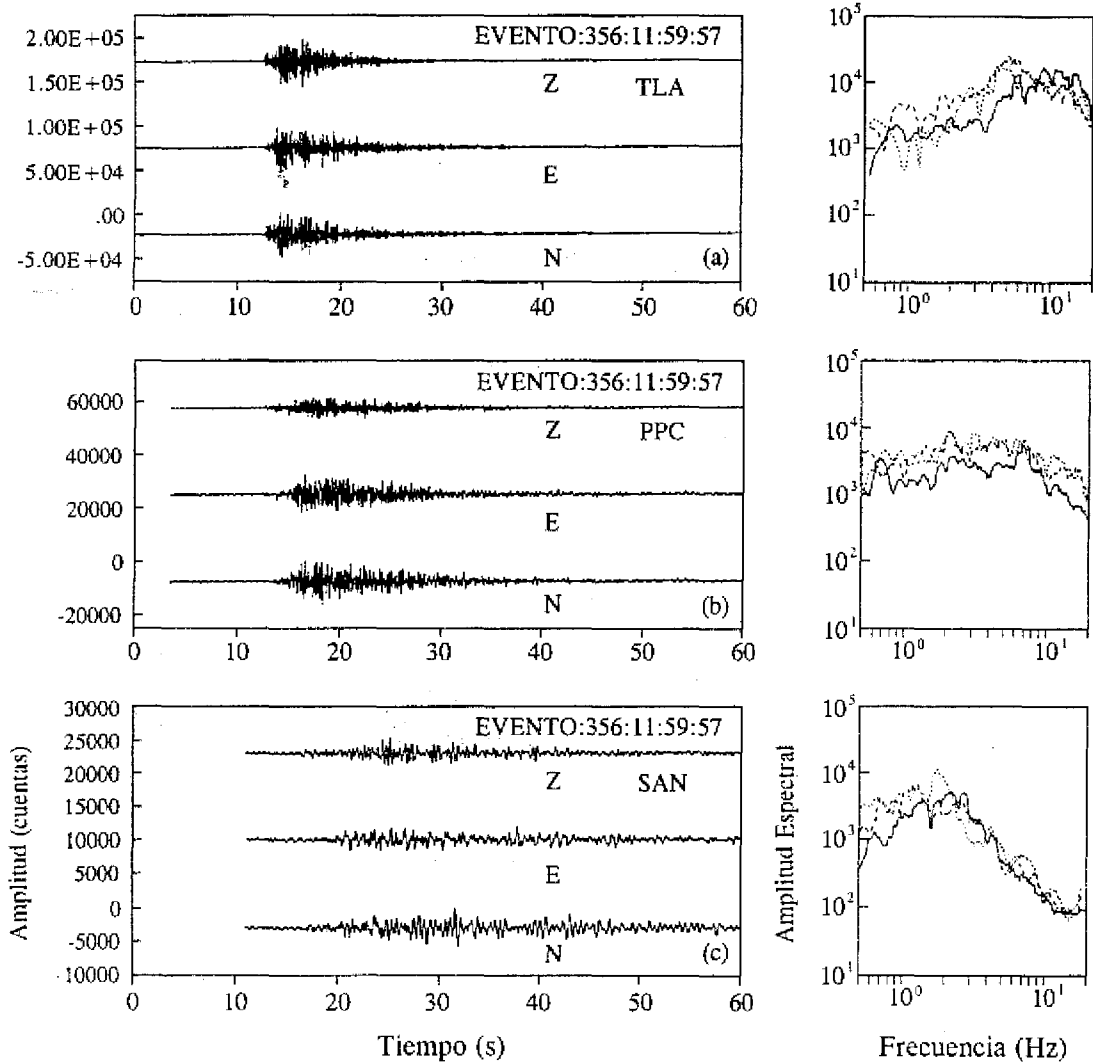


Figura 9. Trazas de un mismo evento registrado en TLA, PPC y SAN, con sus correspondientes espectros de Fourier para cada una de las componentes: Z (línea continua), E (línea discontinua) y N (línea punteada). Note las diferencias entre TLA y SAN en la forma de onda, sobre todo para la fase de ondas-P, así como el corrimiento en la frecuencia dominante entre 5-20 (TLA) y 1-3 Hz (SAN).

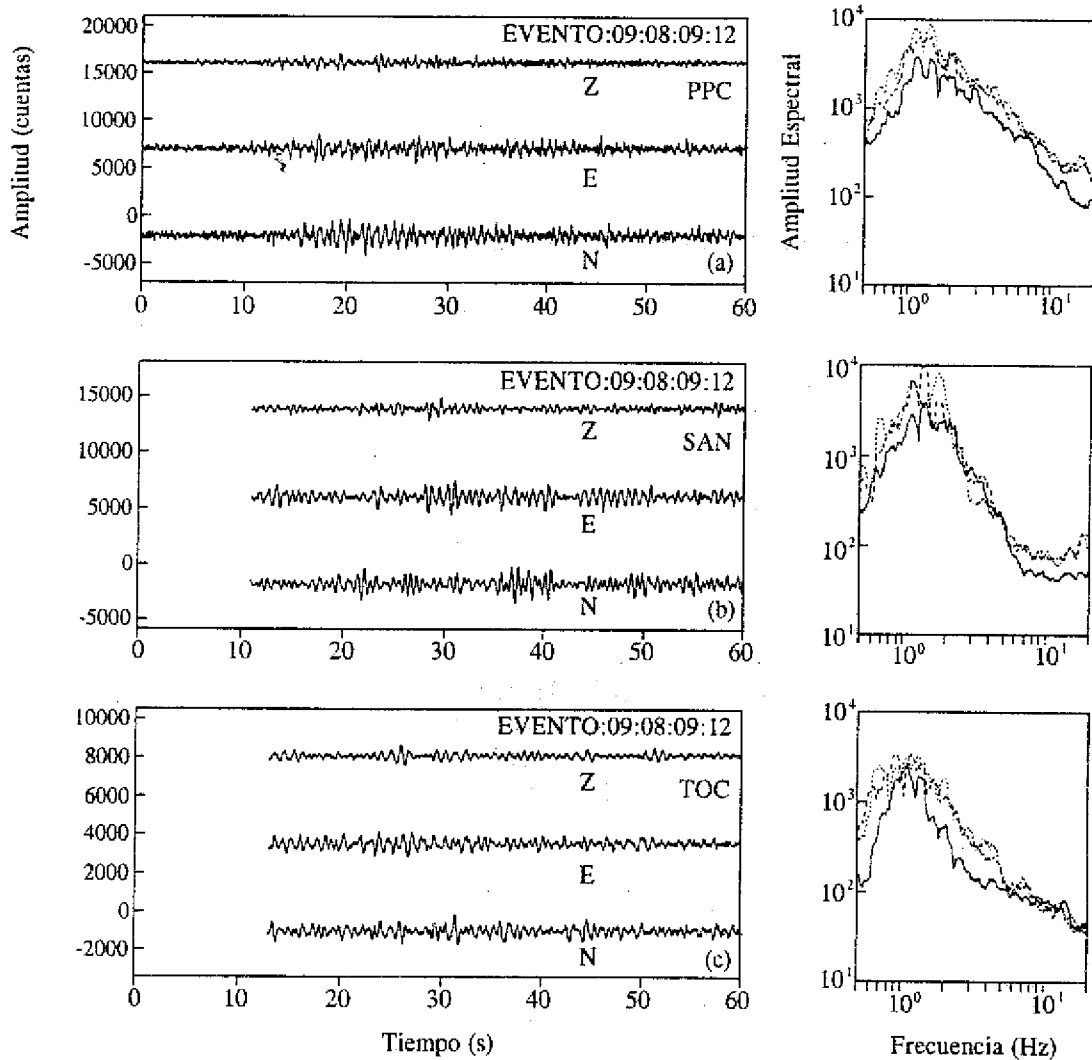


Figura 10. Trazas de un mismo evento registrado en PPC, SAN y TOC, con sus correspondientes espectros de Fourier para cada una de las componentes: Z (línea continua), E (línea discontinua) y N (línea punteada). Note la poca diferencia entre las tres estaciones en cuanto a la forma de onda y sus frecuencias dominantes.

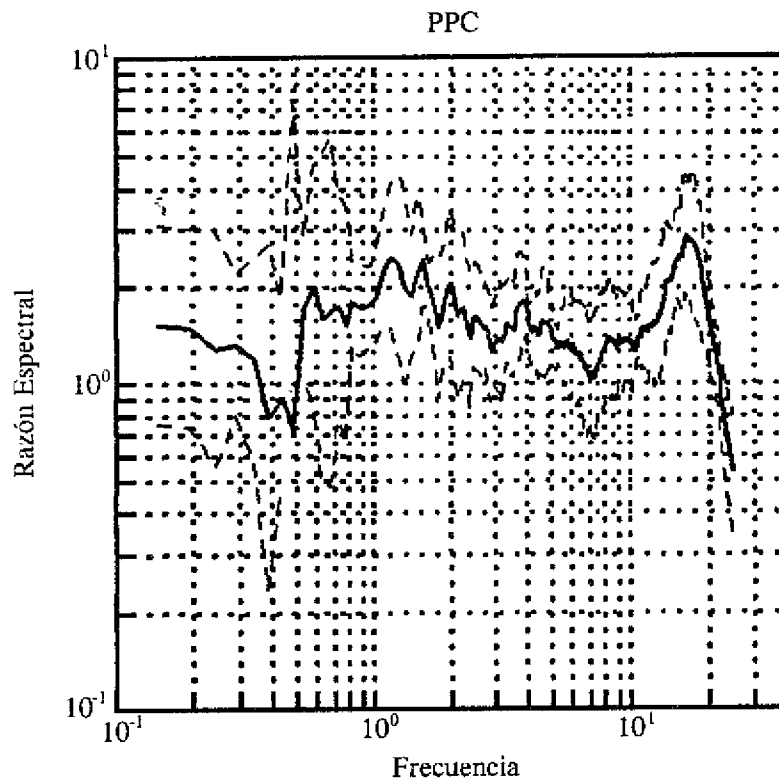


Figura 11. Función de transferencia empírica obtenida en la estación PPC usando la técnica de Nakamura con ruido de fondo. La línea continua indica la función de transferencia promedio obtenida de una serie de registros. Las líneas discontinuas muestran las curvas promedio más o menos una desviación estándar.

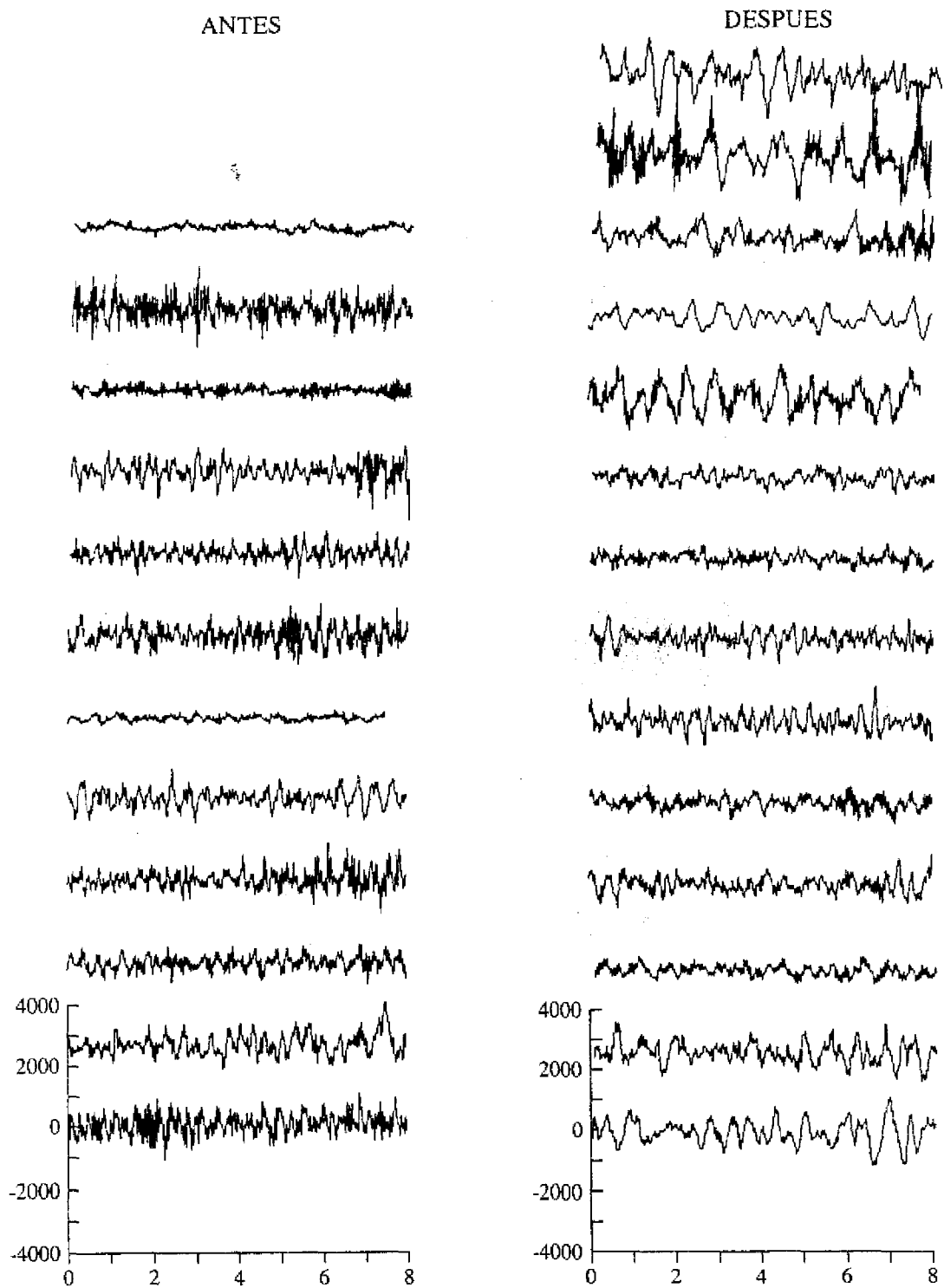


Figura 12. Trazas de la componente EW del ruido de fondo o tremores volcánicos registrados en la estación PPC antes y después a la crisis del 21 de diciembre de 1994. Las trazas tienen la misma escala vertical.

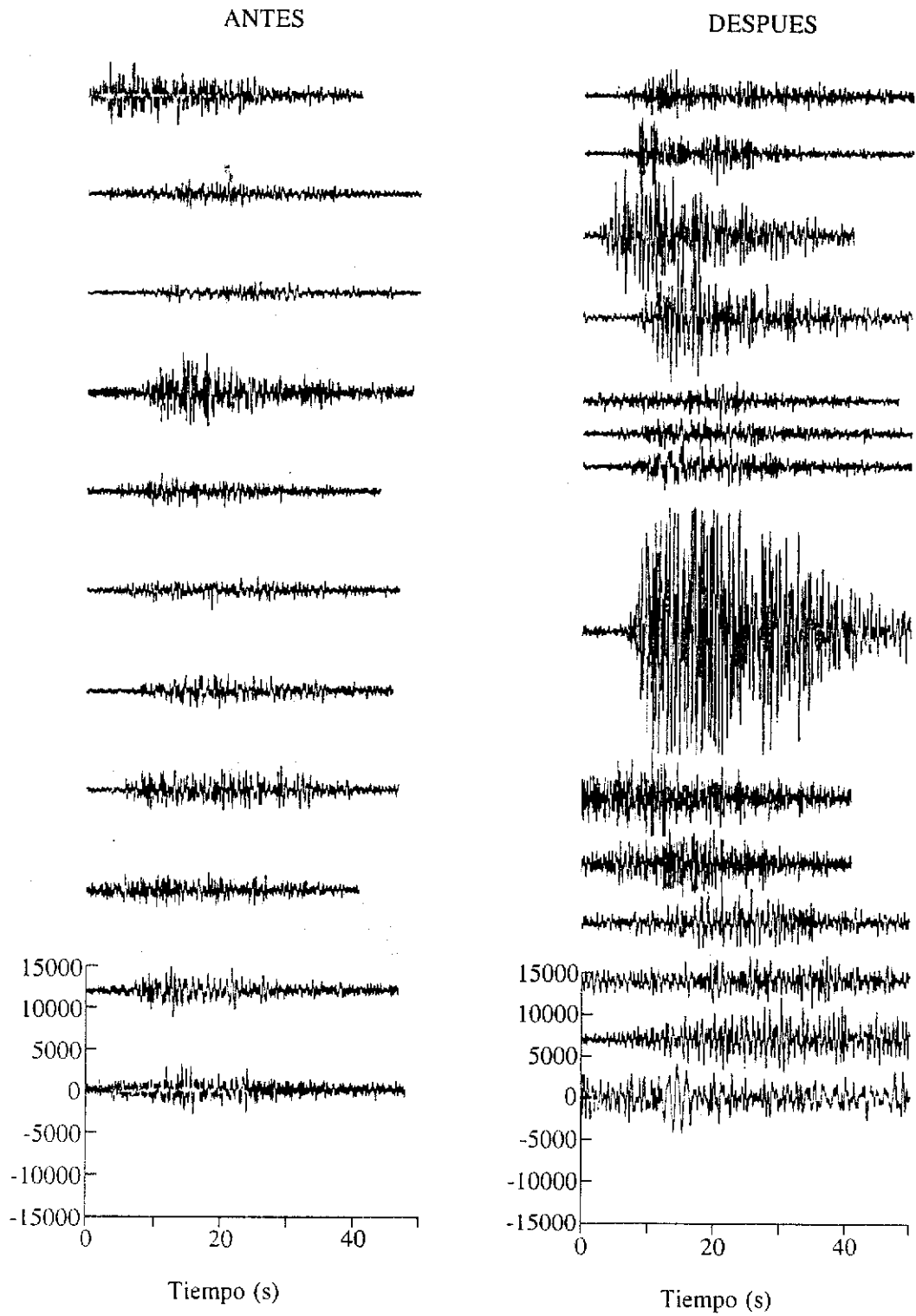
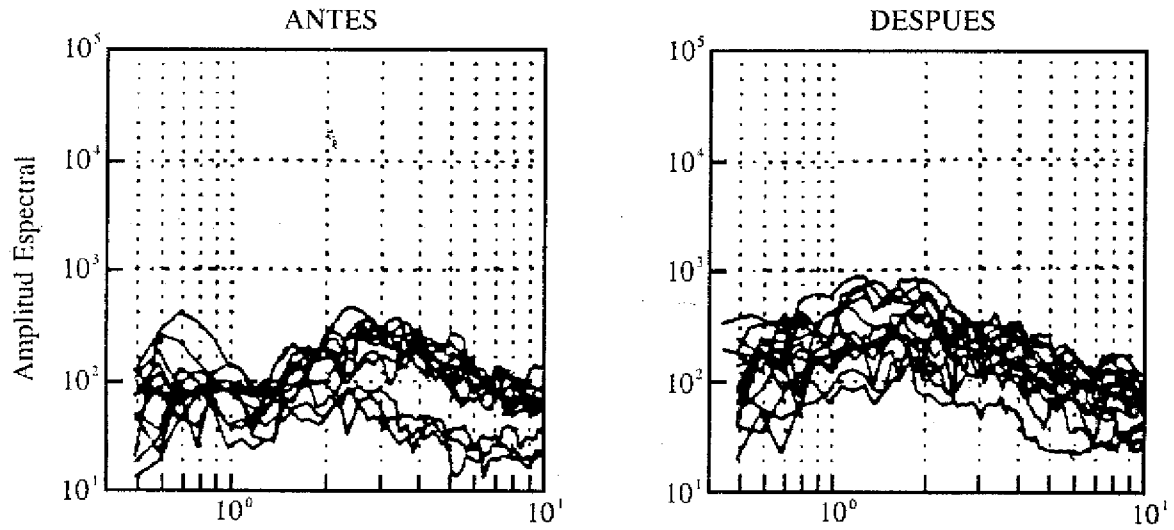


Figura 13. Trazas de la componente EW de eventos Tipo-B registrados en la estación PPC antes y después a la crisis del 21 de diciembre de 1994. Las trazas tienen la misma escala vertical.

TREMORES



TIPO B

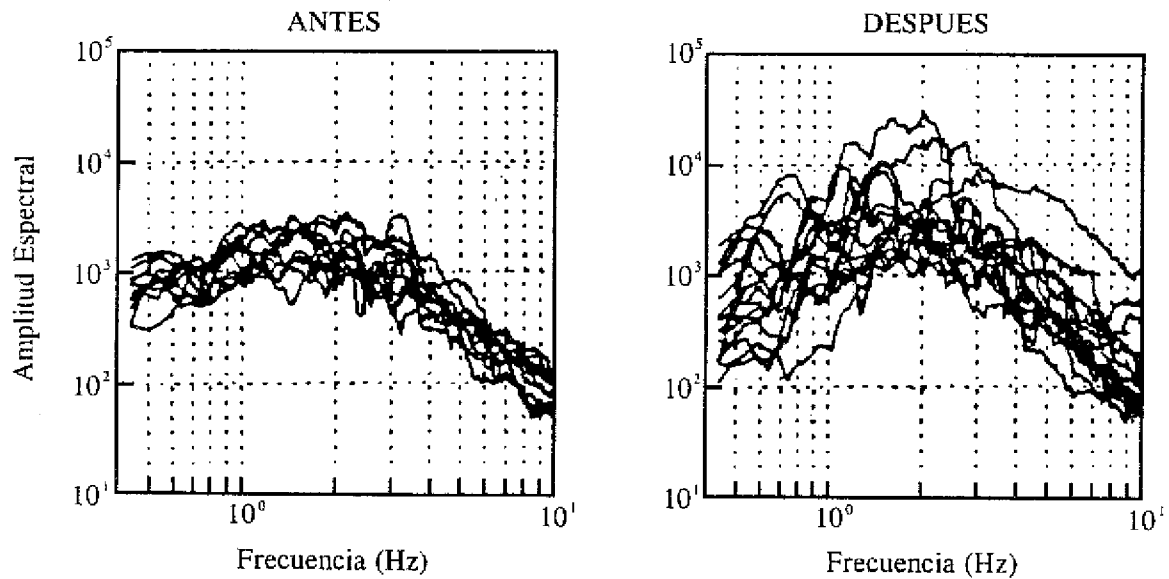


Figura 14. Parte Superior: Espectros de Fourier de las trazas de tremores mostradas en la Figura 12 antes y después de la crisis. Parte Inferior: Espectros de Fourier de las trazas de eventos Tipo-B mostradas en la Figura 13 antes y después de la crisis.

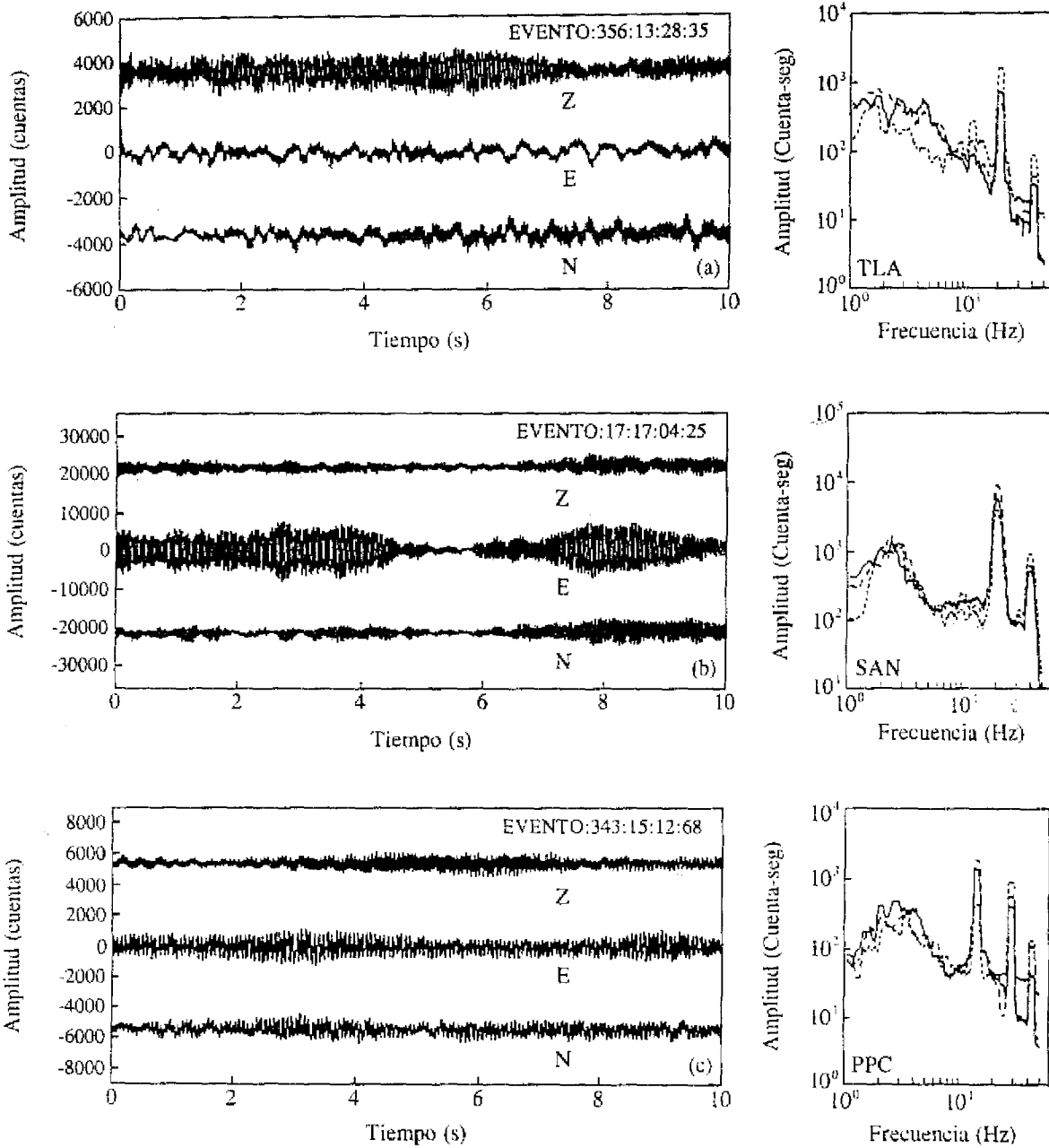


Figura 15. Trazas de tremor armónico registrados en las estaciones (a) TLA, (b) SAN y (c) PPC. Se muestran sus respectivos espectros de Fourier para cada componente Z (línea continua), E (línea entrecortada) y N (línea punteada).

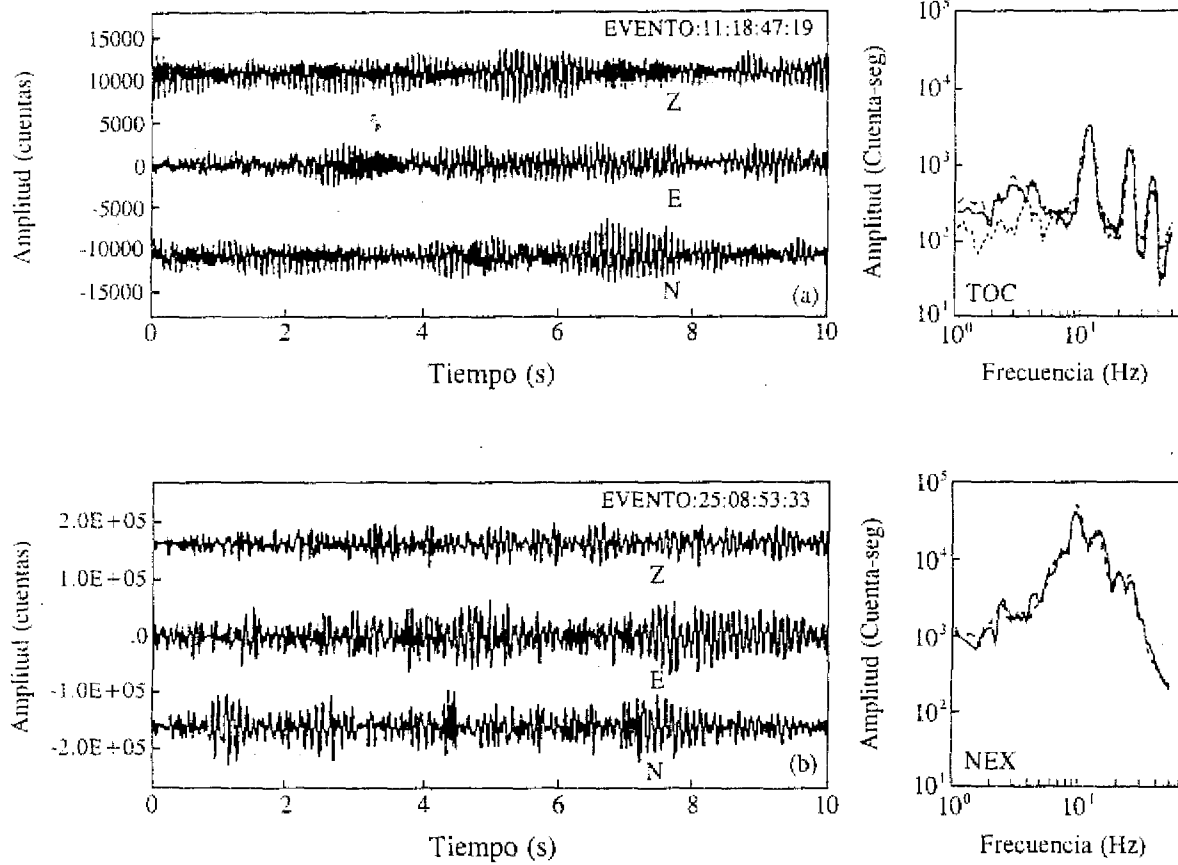


Figura 16. Trazas de tremor armónico registrados en las estaciones (a) TOC y (b) NEX. Se muestran sus respectivos espectros de Fourier para cada componente Z (línea continua), E (línea entrecortada) y N (línea punteada).