

Estudio sísmico, modo de vibración natural e inducido de la Falla Santa María en la Ciudad de Morelia, Mich., México

José Luis Guerrero Guadarrama¹ y Patricia de Jesús Alarcón Chaires²

¹Consultor independiente, ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Correo:
jlguerrero04@yahoo.com.mx

Resumen

Se analiza la Falla Santa María, ubicada al sur de la ciudad de Morelia, Mich., con una dirección general este-oeste, para determinar su estado evolutivo y relacionarlo con el grado de riesgo para las construcciones cercanas a su traza. Para ello se interpretaron datos obtenidos de un sismógrafo Kinemetrics K-2 con sensor de aceleración de tres componentes de escala variable *hyposensor*, que ubicó y monitoreó durante un año la Gerencia de Proyectos Geotermoelectricos de la Comisión Federal de Electricidad, empleando el software libre del Instituto de Ingeniería de la UNAM (DECTRA), y el del fabricante para el despliegue, operación y selección de eventos. De acuerdo con las frecuencias de las ondas sísmicas en sus componentes de aceleración, la roca ignimbótica afectada por la falla presenta un índice de fracturamiento menor o igual al 12% de su volumen y una resistencia a la cizalla de 4600 kg/m². Adicionalmente, son pocas o nulas las evidencias encontradas en la falla que podrían asociarse a sismos históricos debidos a la liberación de esfuerzos en ella. Por lo tanto, se considera que esta falla es actualmente de tipo asísmico.

Antecedentes

El trabajo de campo, equipo y la base de datos fue generada por la Gerencia de Proyectos Geotermoelectricos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con sede en Morelia, Mich., a la cual se agradece su visto bueno para la publicación de los resultados que se presentan en esta versión.

La Falla Santa María, también conocida como La Paloma y ubicada al sur de la ciudad de Morelia, Mich., tiene una dirección general este-oeste. Ha sido estudiada desde el punto de vista geológico y gravimétrico y se han planteado diversos escenarios que relacionan su evolución temporal con la actividad tectónica, estructural y volcánica del Eje Neovolcánico Transmexicano.

El presente trabajo pretende abrir una línea de investigación hacia el conocimiento de las cualidades mecánicas del estado de las rocas que componen esta falla. Debe considerarse que la variación de los parámetros que se determinan no son lineales y la anisotropía es el factor determinante para proyectos específicos que sean considerados en o sobre la falla.

Es importante señalar la dificultad de la cuantificación, trascendencia e importancia de la actividad física de la falla, respecto a la presencia humana en su pasado, presente y futuro.

Objetivo

Aportar criterios de evaluación basados en el modo de vibración natural e inducido de las condiciones físicas de la estructura geológica, su plano de falla y su relación con el estado de esfuerzos y

deformaciones locales y regionales, para determinar su estado evolutivo y relacionarlo con el grado natural del riesgo y peligrosidad que representa para la sociedad que la habita y comparte.

Instrumentación y metodología

Para realizar el estudio se preparó y calibro un sismógrafo Kinematics K-2 con sensor de aceleración de tres componentes de escala variable *hyposensor*, para ser disparado en su modo de grabación cuando se cumpliera la condición de relacionar $STA/LTA \geq 8db$. Este valor fue predeterminado por medio de observación directa usando señales y ruido ambiental.

Para tener una muestra que pudiera ser representativa se monitoreó el ruido ambiental o antropogénico y los niveles de señal que sobrepasaran las condiciones de disparo durante un periodo de un año (mayo de 1999 a mayo de 2000).

Para el procesado de datos se utilizó el software libre del Instituto de Ingeniería de la UNAM (DECTRA) y el del fabricante para despliegue, operación y selección de eventos, debiendo convertir los archivos digitales de la salida del instrumento K-2 a códigos del programa DECTRA para el análisis espectral de los acelerogramas.

Características del sitio

La estación sísmica se localizó entre el plano de falla y su bloque bajo, sobre el paquete de rocas ignimbriticas donde se encuentra el templo católico de la Virgen de Chestojova (Estación Chestojova), observando la relación que tienen los derrames (bloques) ignimbíticos y los depósitos producto de la erosión general.

Procesado

El procesado empezó con la ordenación y clasificación de los registros de campo, eliminando los registros que se generaban por la manipulación instrumental y por la aproximación a la estación. Los archivos se ordenaron por día y mes correspondiente, y con esta base de datos se formó el catálogo de registros totales.

El segundo paso consistió en convertir las series de tiempo a formato ASCII para el uso del programa DECTRA y observar el comportamiento espectral de los datos obtenidos.

Para todas las gráficas se corrigió por línea base el mismo suavizado y porcentaje de *taper* para obtener el espectro de amplitudes de Fourier en las mismas condiciones para su análisis.

Resultados

Los resultados presentados se basan en la hipótesis de que la estructura geológica es una estructura activa en tiempos geológicos y que forma parte del complejo estructural de la Falla Chapala-Acambray. Este sistema estructural almacena y disipa esfuerzos importantes mediante sismos históricos de un máximo de VII en la escala de Mercalli y de 5.2 en la Richter (Servicio Sismológico Nacional). Sin

embargo, en la Falla Santa María son pocas o nulas las evidencias que podrían acreditarse como sismos históricos debidos a la liberación de esfuerzos, quedando evidente un estado estable de tipo asísmico.

Las frecuencias y aceleraciones registradas a lo largo del año de monitoreo corresponden a la roca ignimbótica que reflejan el plano de falla en todos sus componentes de fracturamiento. Como complemento se analiza un telesismo (BN008) y el ruido por la manipulación instrumental (BY257) con el fin de complementar el análisis cualitativo global.

Con respecto al análisis cuantitativo se puede decir que las frecuencias con las que son transmitidas las ondas sísmicas en sus componentes de aceleración corresponden a una roca con un índice de fracturamiento menor o igual al 12% de su volumen y una resistencia a la cizalla de 4600 kg/m^2 . Respecto a su contenido espectral, la roca se caracteriza como sana, con efectos de tensión que se ligan a la profundidad o efectos de confinamiento litostáticos estables.

En las páginas siguientes se incluyen once figuras con los acelerogramas y espectros de registros en la estación sísmica Chestojova relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las rocas ignimbóticas en las que se asienta la estación durante todo el tiempo de monitoreo.

Fig. 1. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chetumal de los meses de mayo y junio de 1999 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

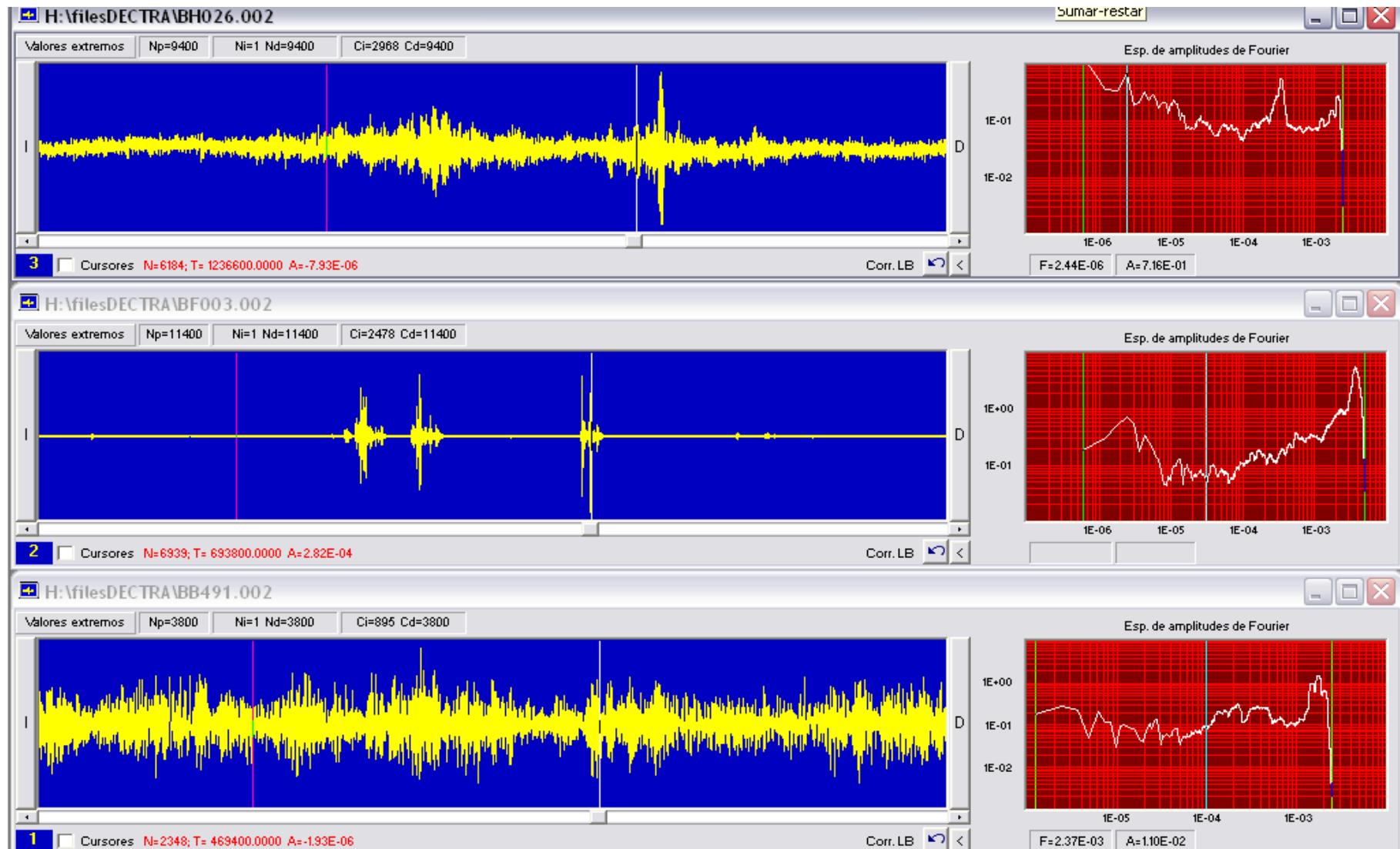


Figura 2. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chestojova de los meses de junio y julio de 1999 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

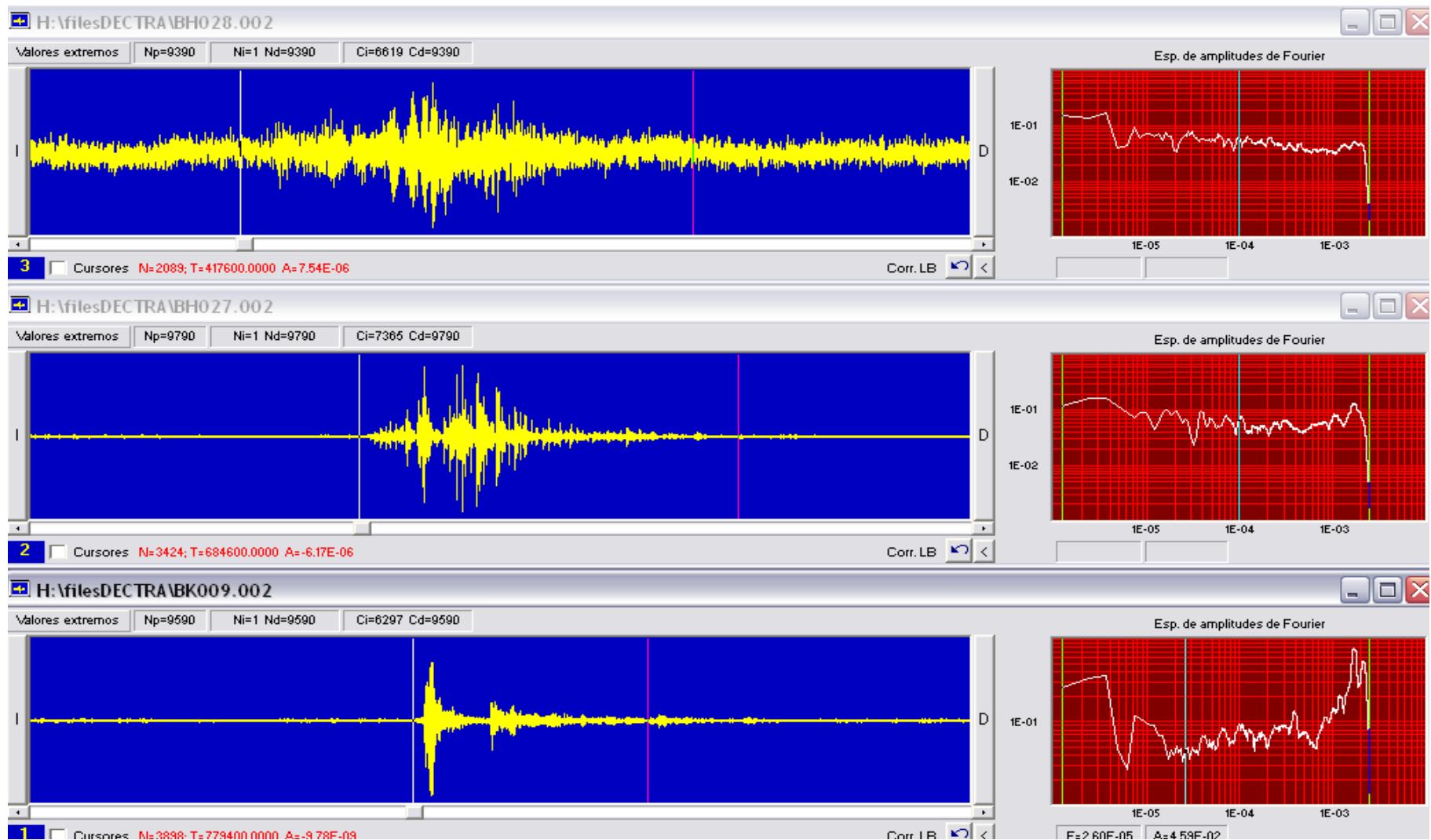


Fig. 3. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chestojova de los meses de julio y agosto de 1999 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

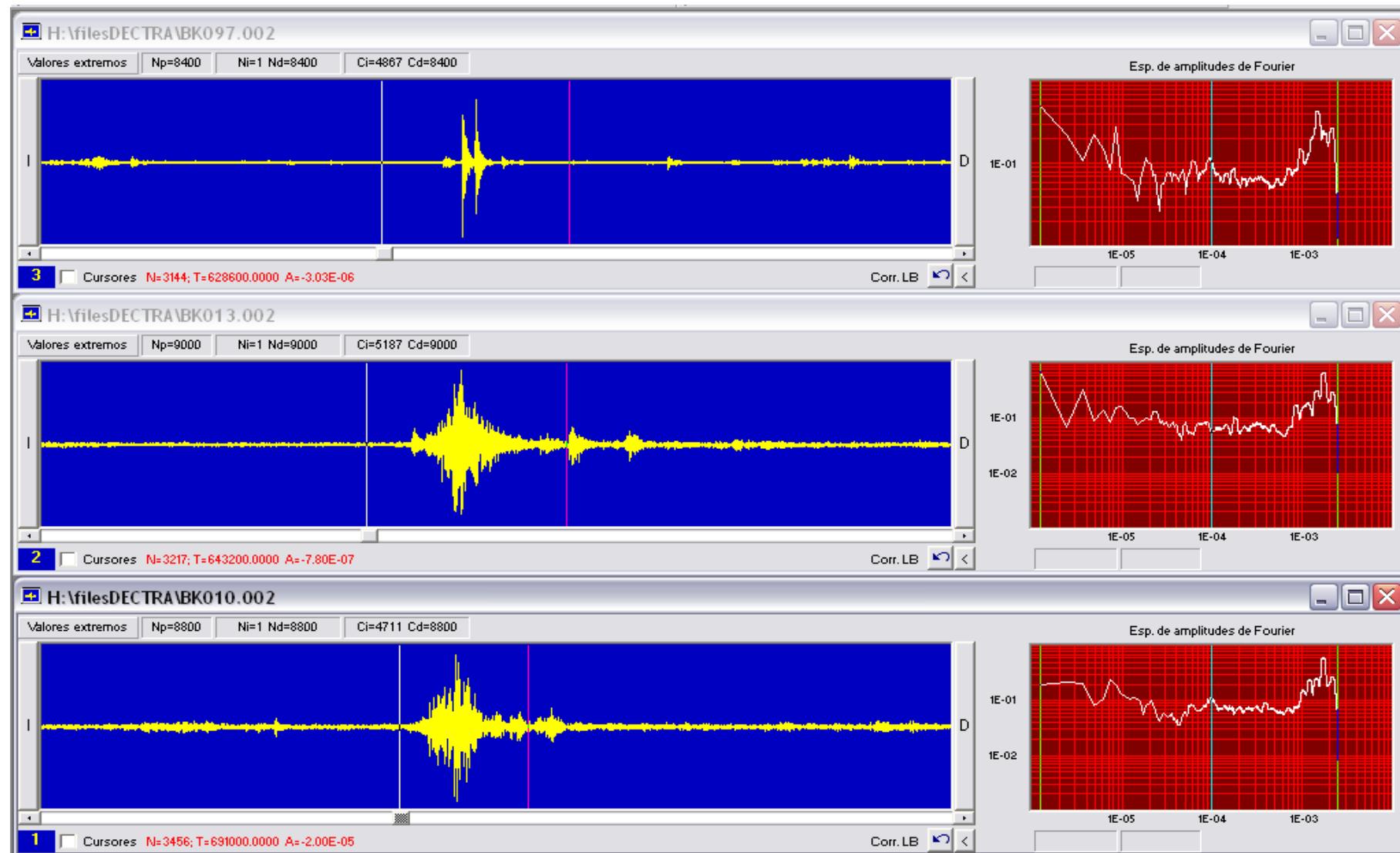


Fig. 4. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chestojova de los meses de agosto y septiembre de 1999 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

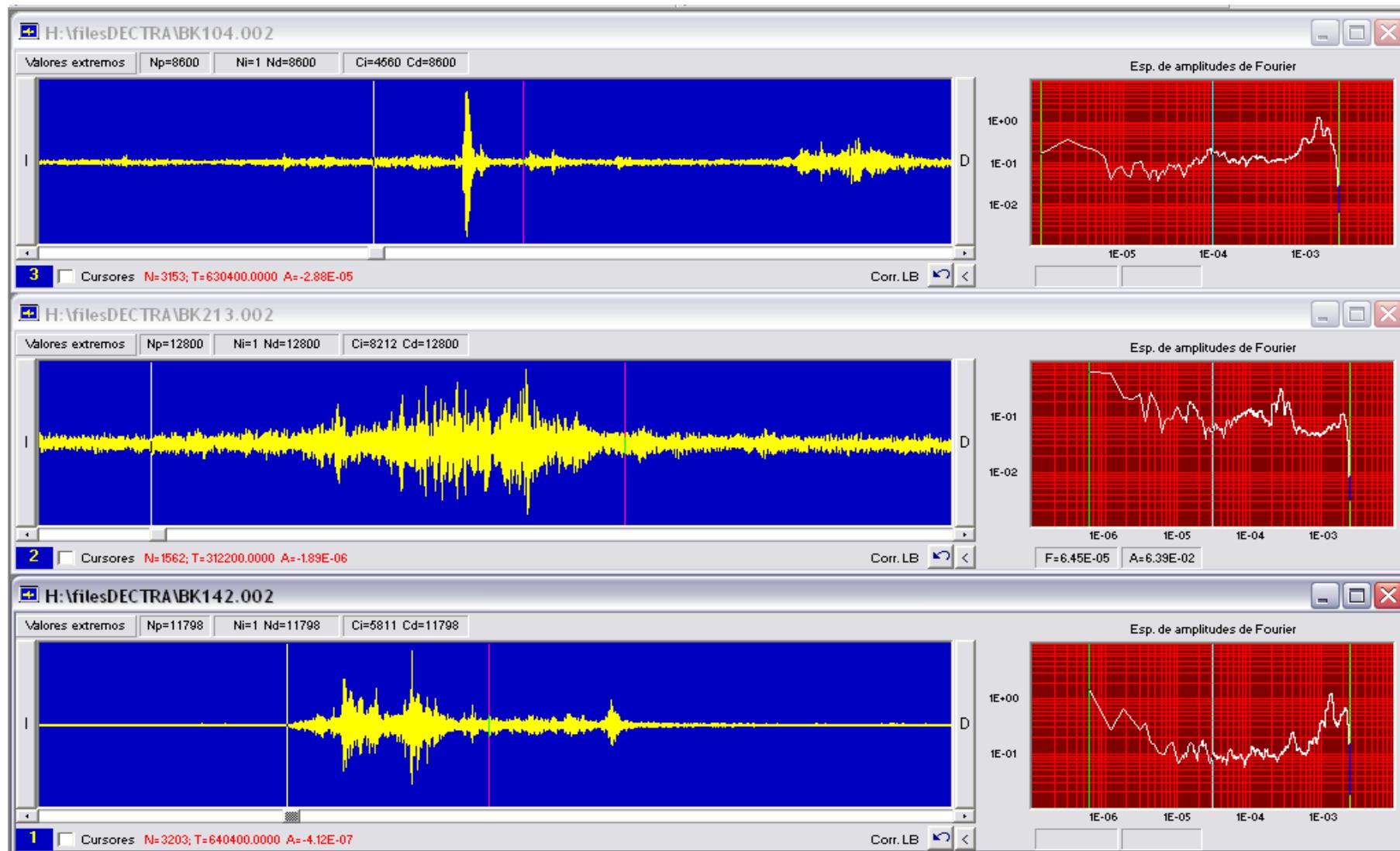


Fig. 5. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chestojova de los meses de septiembre y octubre de 1999 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

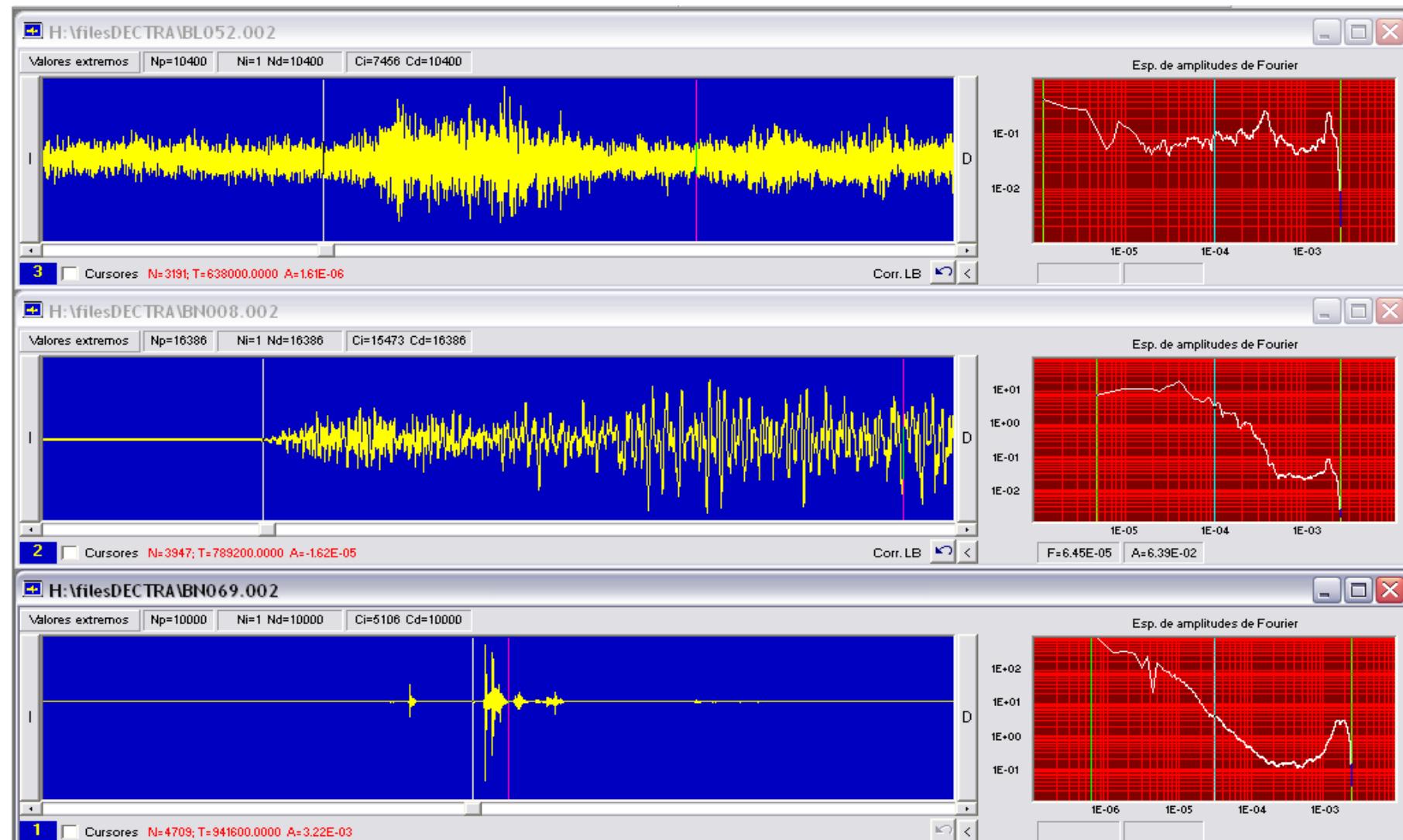


Fig. 6. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chetumal de los meses de octubre y noviembre de 1999 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

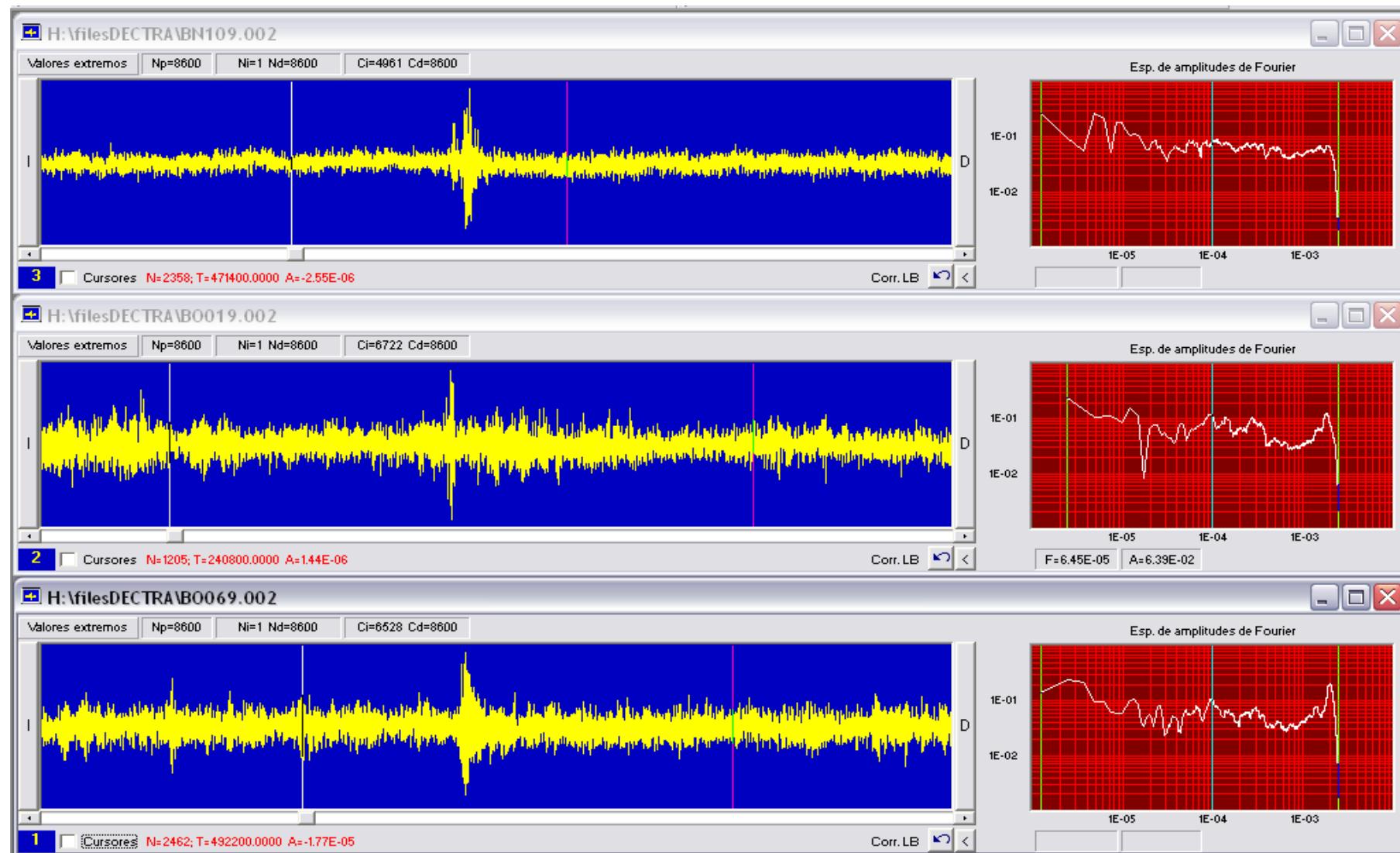


Fig. 7. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chetumal de los meses de noviembre y diciembre de 1999 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

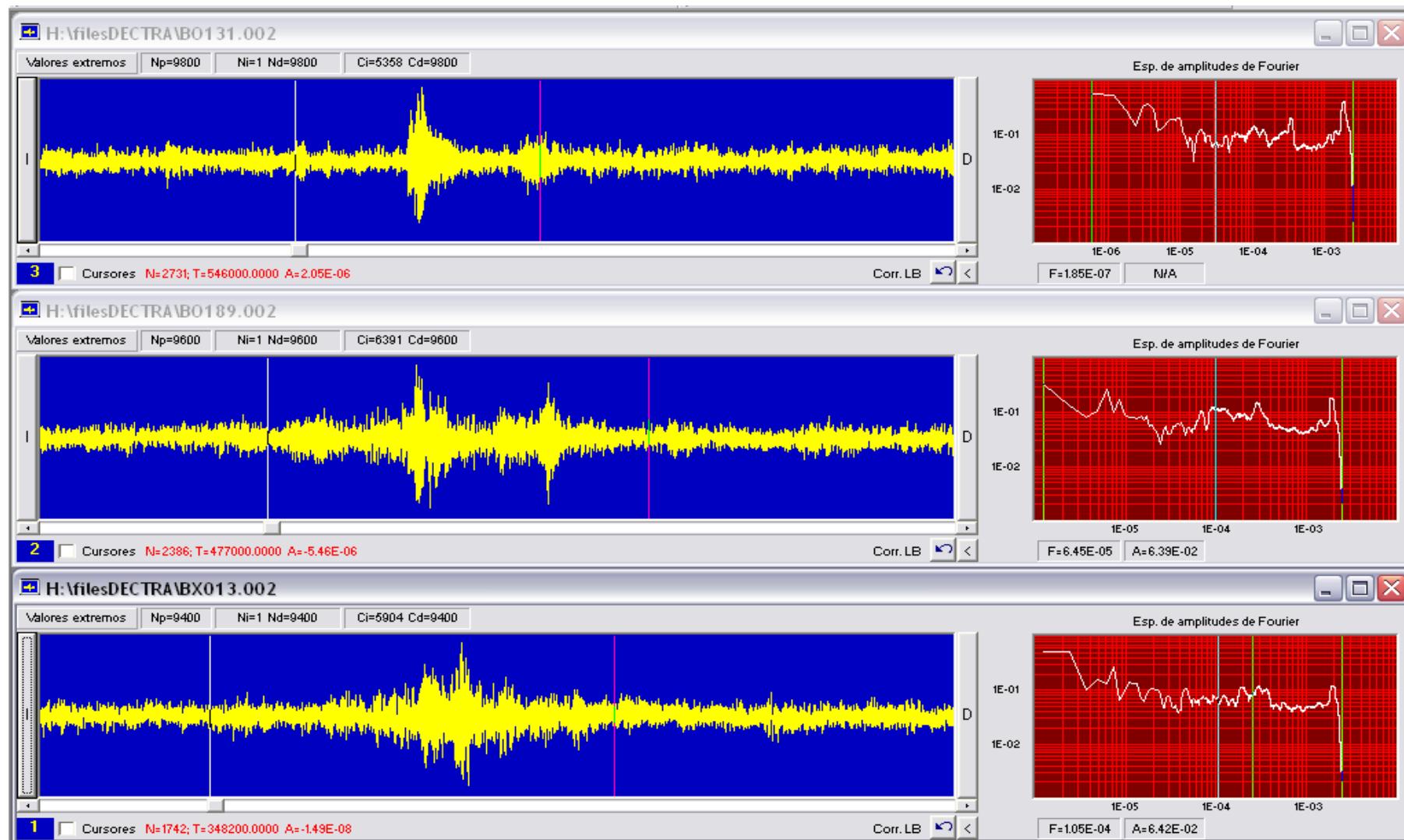


Fig. 8. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chestojova de los meses de diciembre de 1999 y enero de 2000 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

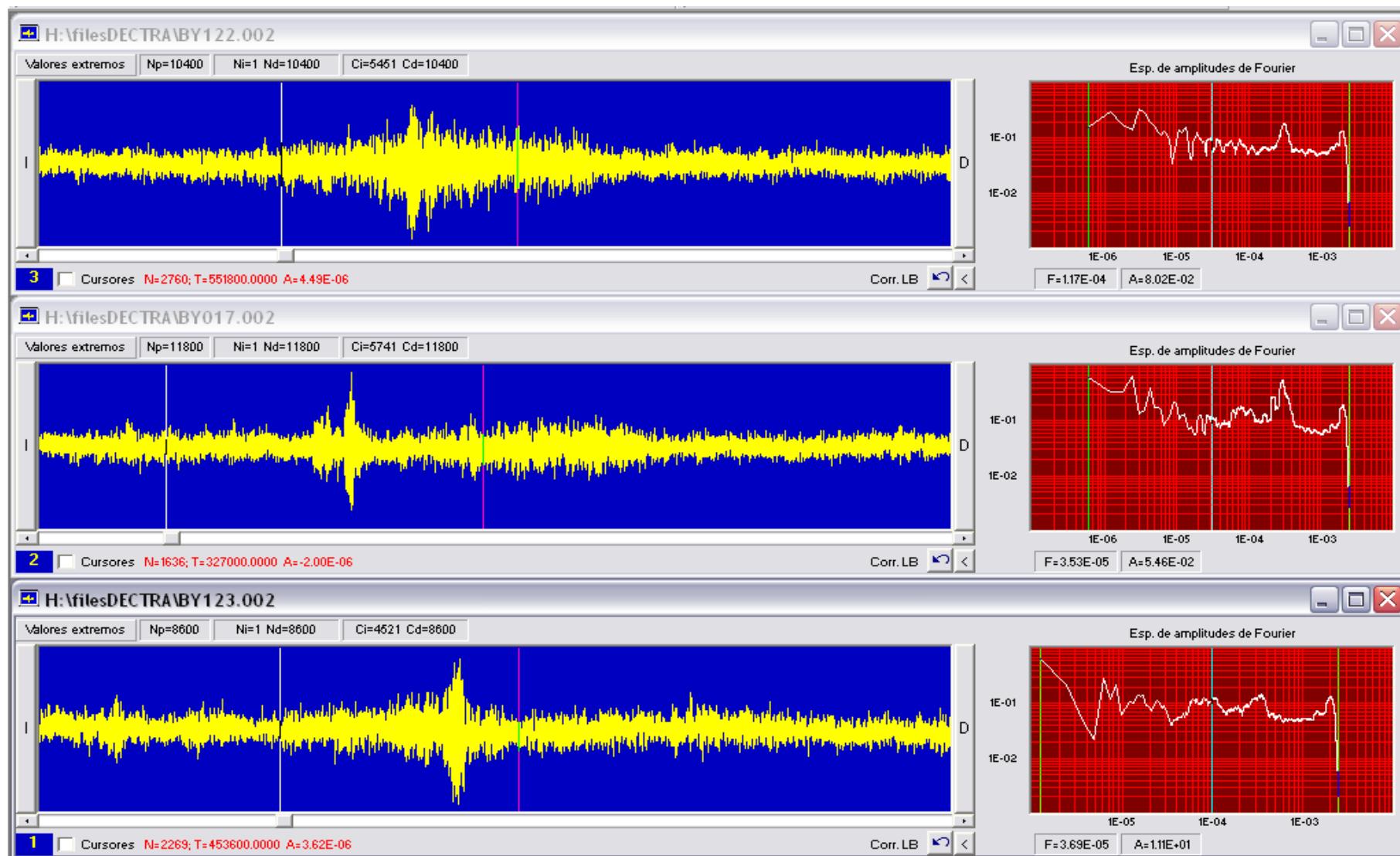


Fig. 9. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chestojova de los meses de enero y febrero de 2000 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

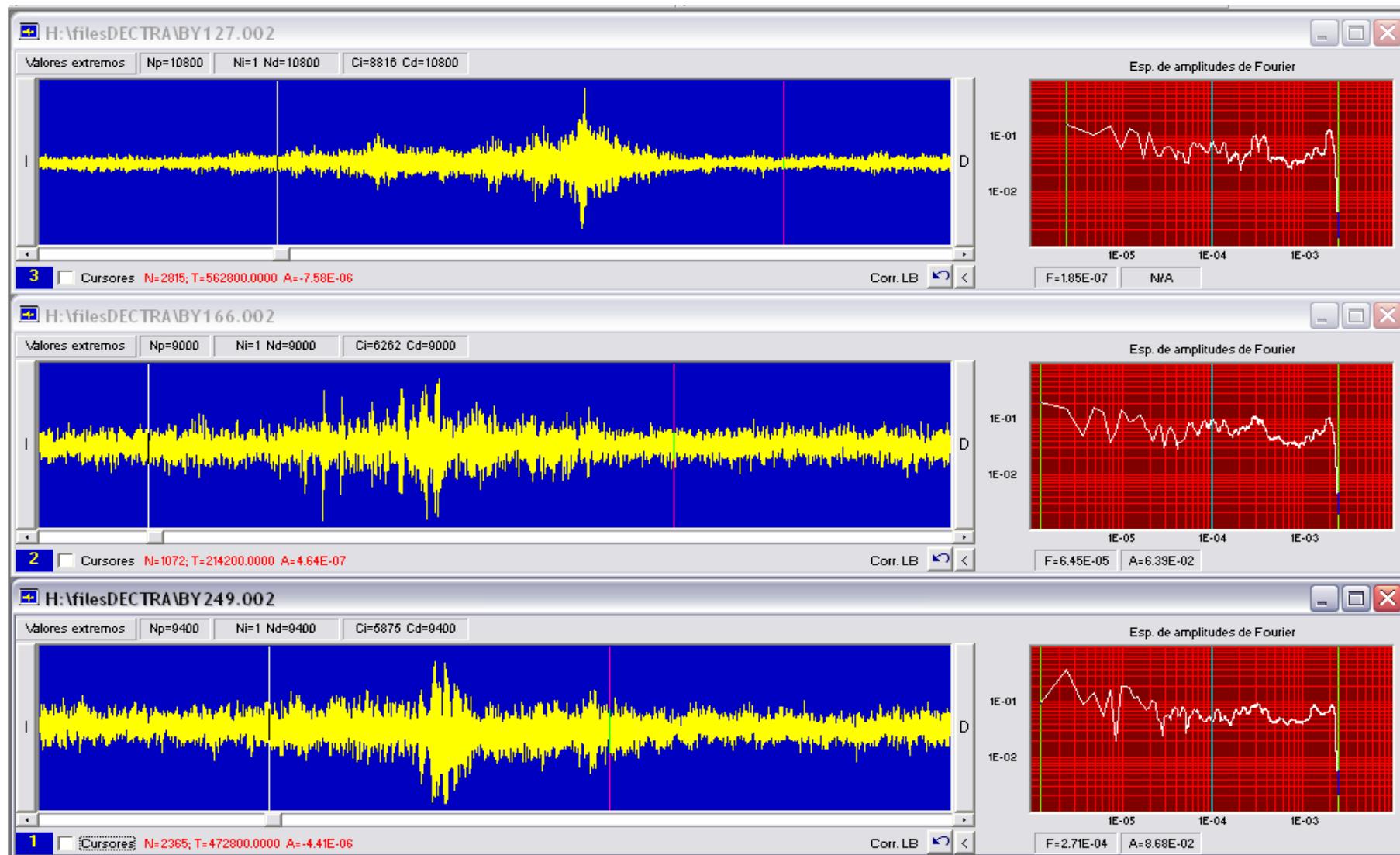


Fig. 10. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chestojova de los meses marzo y abril de 2000 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

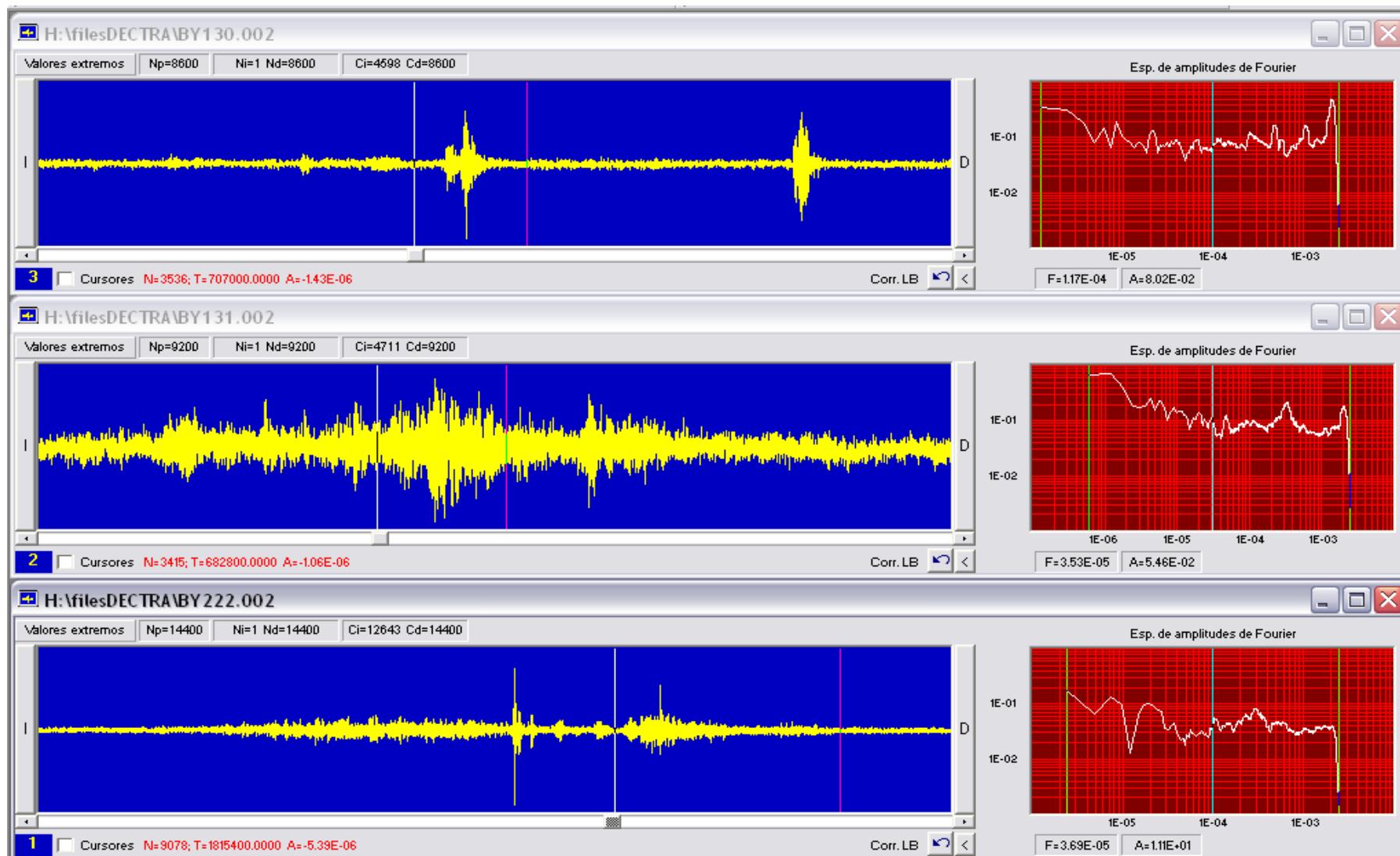


Fig. 11. Acelerogramas y espectros de registros en la Estación Chestojova de los meses abril y mayo de 2000 relacionados con el ruido urbano y el modo de vibración natural de las ignimbritas localizadas en la estación.

