

SeriesBuster: extrayendo series de catálogos sísmicos

J.A. Álvarez-Gómez y J. García-Mayordomo

Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. José Antonio Novais s/n, 28040 Madrid. jaalvare@geo.ucm.es, jmayordomo@geo.ucm.es

ABSTRACT

To carry out any kind of research involving earthquakes, and very specially, their interactions, it is necessary to classify and order them to tackle the issue appropriately. SeriesBuster is a program created to filter and classify events from catalogues that often comprise thousands of shocks. SeriesBuster filters the records from an Excel .xls file by their depth, magnitude, distance and time difference between events and any special feature marked by a flag. This program extracts those records that fit the user requirements and saves them into an output ascii file. The shocks are numbered in series and ordered chronologically. There are multiple applications for this program: analysing statistically catalogues, obtaining those events that could have been triggered or involved in a seismic series, studying the fault rupture mechanism, etc. This program runs under Windows environment and was developed in Matlab; its code and stand-alone executables files are available from the authors upon request.

Key words: seismic hazard, seismic series, seismic triggering, active tectonics, seismology.

INTRODUCCIÓN

Una de las virtudes del trabajo con catálogos sísmicos actuales es la enorme cantidad de registros con que se cuenta. Esta virtud puede transformarse en un problema cuando tenemos un objetivo concreto de estudio. Así, por ejemplo, para estudiar la tectónica activa de zonas de sismicidad difusa, el estudio de las fallas activas se realiza analizando series sísmicas; para el estudio de los fenómenos de *triggering* o encadenamiento de terremotos necesitamos aquellos eventos relacionados entre sí pero filtrando las magnitudes bajas y dando intervalos de tiempo y espacio determinados; y para el estudio del mecanismo de rotura de una falla requerimos los registros de un intervalo temporal determinado y en un espacio determinado. SeriesBuster es un programa diseñado para filtrar y comparar en el espacio y en el tiempo registros sísmicos, por lo que la tarea de selección y filtrado de terremotos que se realiza en los pasos previos a un estudio sobre sismicidad queda reducida enormemente. El usuario simplemente debe decidir en qué intervalos quiere trabajar. SeriesBuster permite limitar las profundidades, las magnitudes, la distancia entre pares de eventos y la diferencia temporal en días entre ellos. Este programa ha sido desarrollado en Matlab y compilado para hacer una versión ejecutable en Windows sin necesidad de tener Matlab instalado. Los autores facilitarán tanto el código del programa como los ejecutables previa petición.

CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO

SeriesBuster lee los registros de un fichero Excel de extensión .xls. Este fichero debe contener los diferentes

registros en filas, los diferentes datos del registro por tanto estarán organizados en columnas. Tanto el número de columnas como su orden puede ser cualquiera ya que el programa pedirá el número de las columnas que necesita y mantendrá todas en el fichero de salida en el mismo orden de entrada. Todos los datos que contenga el fichero deben ser numéricos y no reconocerá ninguna cabecera. Los datos necesarios para cada registro son: longitud (o coordenada X), latitud (o coordenada Y), profundidad, magnitud del evento, año, mes y día de ocurrencia en columnas separadas, y una columna optativa con un marcador. Este marcador debe ser un número y puede ser utilizado para filtrar réplicas, registros de baja calidad de localización, etc. Una vez que el fichero de entrada ha sido cargado a través de un explorador que nos muestra el programa, éste solicita mediante sendos cuadros de diálogo, el número de las columnas de entrada y los límites que ha de utilizar para filtrar los eventos.

SeriesBuster está compuesto por varios filtros y funciones. Los filtros son (Fig. 1):

Filtro de marca (optativo): el programa compara la marca del registro en el fichero de entrada con la marca dada por el usuario para descartar (siempre numérica) y prosigue con los registros en que no coinciden ambas.

Filtro de profundidad: el programa compara la profundidad del registro con los límites superior e inferior dados por el usuario.

Filtro de magnitud: de igual manera que en el filtro de profundidad, SeriesBuster compara la magnitud del registro con los límites dados por el usuario y continúa con los registros que se ajustan a la petición.

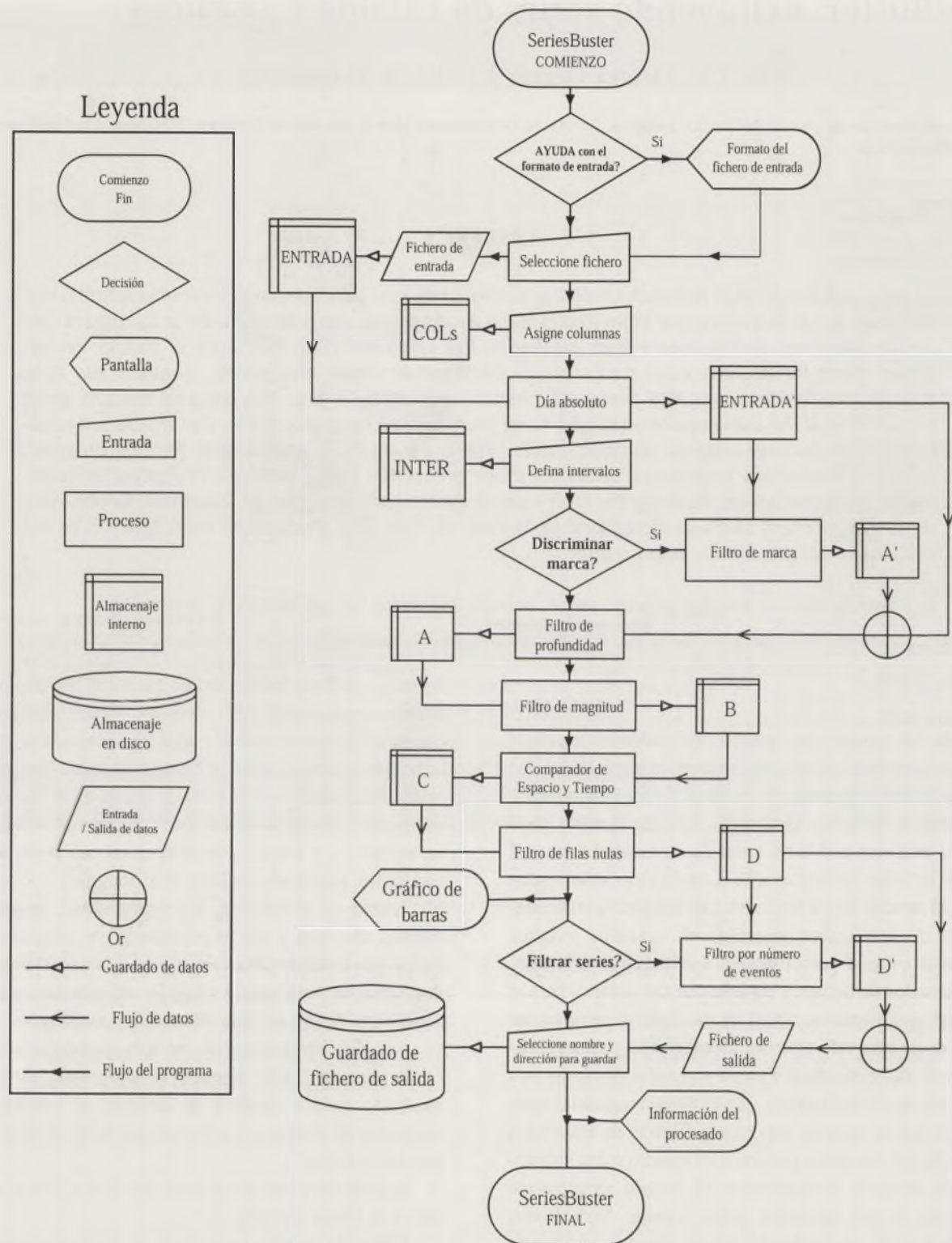


FIGURA 1. Diagrama de flujo general y leyenda de símbolos de SeriesBuster.

Filtro de filas nulas: este filtro actúa automáticamente eliminando los registros que no se ajustan a los requisitos, marcados como filas de ceros, del fichero de salida.

Filtro de las series por número de eventos (optativo): el programa muestra un gráfico de barras con las frecuencias en función del número de eventos por serie; si el usuario lo desea puede entonces filtrar las series obtenidas. El

filtro actúa eliminando todas aquellas series con un número de eventos inferior al dado por el usuario. Este filtro es realmente útil para eliminar la sismicidad de fondo.

Las funciones son:

Función "día absoluto": esta función calcula con la función de Matlab "datenum" (MathWorks, 2002), a partir de las columnas año, mes y día, el número de día en serie

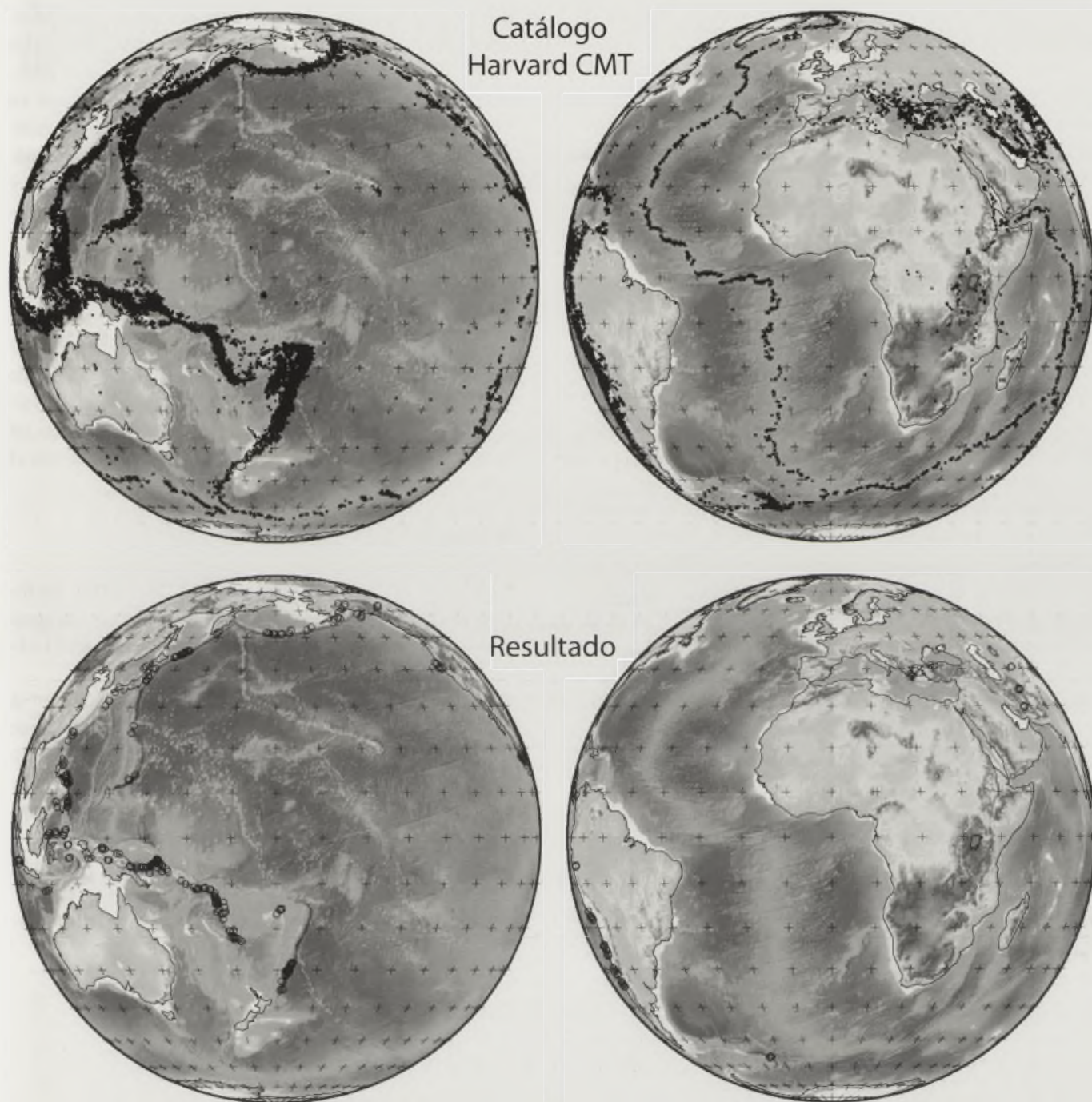


FIGURA 2. Mapas globales de los registros sísmicos del catálogo de Harvard CMT. Superior: Catálogo completo desde 1976 a Julio de 2003. Inferior: Resultado obtenido tras ejecutar SeriesBuster en el catálogo anterior.

desde el 1 del 1 de 0000, añade una columna con este dato al final del fichero y lo ordena de manera ascendente.

Comparador de Espacio y Tiempo: ésta es la función de mayor importancia en SeriesBuster. Calcula la distancia entre epicentros, su diferencia temporal en días, las compara con los límites impuestos por el usuario y asigna un número de serie a aquellos eventos relacionados entre sí. La distancia entre eventos es calculada de dos maneras diferentes en función de las coordenadas dadas. Si las coordenadas son dadas en grados decimales, el programa cal-

cula la distancia epicentral en km usando el radio del geoide del World Geodetic System de 1984 (WGS84). Si las coordenadas son dadas en unidades de longitud X e Y, calcula entonces la distancia en estas mismas unidades. El programa calcula la diferencia temporal a partir del resultado obtenido en la función "día absoluto" y la compara, junto con la distancia entre eventos obtenida, con los límites dados al inicio del programa por el usuario. Si una pareja de eventos cumple con las exigencias se les asigna entonces a los dos registros el mismo número de serie; en

el caso de que uno de ellos ya tuviera número de serie, el mismo es puesto al otro evento.

Una vez que han sido filtrados y comparados entre sí todos los registros, SeriesBuster muestra el gráfico de barras mencionado en el filtro de series, y da la opción al usuario de correr este filtro. Finalmente el programa guarda el fichero con las series obtenidas, en formato ascii, en el lugar y con el nombre indicados por el usuario mediante un explorador.

EJEMPLO

Como ejemplo mostramos los resultados obtenidos al correr el programa sobre la base de datos de Harvard CMT. La base de datos que hemos utilizado se compone de más de 20.000 registros con magnitudes superiores a 4,8 y abarca desde 1976 hasta Julio de 2003. Hemos filtrado los terremotos más profundos, dejando únicamente aquellos con profundidades inferiores a 100 km, la magnitud mínima la hemos establecido en 6,5 Mw, la máxima distancia entre eventos permitida ha sido de 200 km, y la mayor diferencia temporal admitida ha sido de 365 días. Como puede verse en la figura 2, la reducción del número de terremotos es drástica y permite estudiar las zonas desde otro punto de vista. Evidentemente las zonas de dorsal no suelen generar terremotos de magnitudes muy grandes, por lo que en el resultado desaparece su sismicidad. Es también destacable el que en zonas de alta sismicidad del círculo circumpacífico apenas si existen series, o éstas se concentran en determinadas zonas. Este filtro puede dar una idea de la frecuencia de *triggering* o encadenamiento de grandes terremotos a corto plazo. Entrarían aquí en juego fenómenos de *triggering* tanto dinámico como estático, o debido a cambios de la presión de fluidos. En el primer caso el intervalo temporal es definitivo, ya que con

intervalos temporales altos a largas distancias, este fenómeno apenas tendría efecto (Belardinelli *et al.*, 2003). En el caso de la transferencia de esfuerzos estáticos el intervalo temporal que abarca es mucho mayor, sin tener en principio límite superior físico (Harris, 1998). Los cambios de presión de fluidos, al igual que el *triggering* dinámico, tienen un intervalo temporal de ocurrencia corto, y además su radio de influencia es menor que en los anteriores (Hickman *et al.*, 1995).

AGRADECIMIENTOS

J.A.A.G. disfruta de una beca predoctoral otorgada por la Universidad Complutense de Madrid. Gracias a C. de Ignacio por la revisión del texto. Gracias también a J.J. Martínez-Díaz y a R. Capote por su dirección y apoyo en mi investigación. Parte de las figuras ha sido realizada con el software GMT.

REFERENCIAS

- Belardinelli, M.E., Bizarri, A. y Cocco, M. (2003): Earthquake triggering by static and dynamic stress changes. *Journal of Geophysical Research*, 108(B3): ESE1-(1-16), doi:10.1029/2002JB001779.
- Harris, R.A. (1998): Introduction to special section: Stress triggers, stress shadows, and implications for seismic hazard. *Journal of Geophysical Research*, 103(B10): 24347-24358.
- Hickman, S., Sibson, R. y Bruhn, R. (1995): Introduction to special section: Mechanical involvement of fluids in faulting. *Journal of Geophysical Research*, 100(B7): 12831-12840.
- The MathWorks, inc. (2002): *Matlab function reference: datenum*. Matlab on-line manual.