

TALLERES

SISMOS, VOLCANES Y TECTÓNICA DE PLACAS EN TU PC (PRÁCTICAS CON ORDENADOR PARA BACHILLERATO)

Earthquakes, volcanoes and Plate Tectonics in your PC (practical lessons for Upper High School)

Pau Renard ()*

RESUMEN,

El estudio de la distribución geográfica de los fenómenos sísmicos y volcánicos es uno de los aspectos observacionales más llamativos y didácticos de la Tectónica de Placas, siendo, de hecho, una de las pruebas que confirmaron la idea de las placas litosféricas y una de las herramientas básicas para determinar sus movimientos.

En este taller se presenta una adaptación para el uso en aula en niveles de Bachillerato del programa Seismic-Eruption del profesor Alan L. Jones, que representa los focos sísmicos y las erupciones volcánicas con respecto al tiempo y espacio (localización geográfica y profundidad).

En www.aepect.org/talleres/seismic, además del enlace para descargar este software de libre acceso para enseñanza, se encuentran los archivos de vistas predefinidas para su uso en prácticas, archivos con guiones para prácticas e instrucciones de instalación y uso del software. (En su mayor parte en castellano).

ABSTRACT

The study of the geographical distribution of seismic and volcanic phenomena is one of the most conspicuous and didactics observational aspects of Plate Tectonics, and, in fact, one of the evidences which confirmed the idea of Lithospheric Plates and a basic tool to determine the plates shifts.

In this workshop we present an in-classroom adaptation for teaching Upper High School students of Professor Alan L. Jones's computer program Seismic-Eruption which plots seismic foci and volcanic eruptions in time span and space (geographical location and in depth).

Palabras clave: terremotos; volcanes; zona de Benioff; tectónica de placas; aprendizaje interactivo.

Keywords: earthquakes, volcanoes, Benioff zone, Plate Tectonics, interactive learning.

INTRODUCCIÓN

Si bien los mapas de distribución mundial de los focos sísmicos son muy anteriores (por ejemplo, Heck, 1935), el establecimiento de la red sísmica mundial a partir de 1960 mejoró ampliamente la facilidad y la precisión con que se localizan los hipocentros, tanto geográficamente como en cuanto a su profundidad (Bolt, 1981).

El patrón de distribución de tales focos cuando lo representamos en un mapa está bien definido, concentrándose la mayor parte de éstos en franjas continuas que se asocian muy específicamente a destacados relieves tales como fosas oceánicas y arcos de islas volcánicas, cordilleras geológicamente recientes, dorsales oceánicas y grandes fallas de movimiento horizontal, si bien no podemos obviar la presencia de amplias zonas con una elevada sismicidad distribuida con patrones más difusos, como

ciertas regiones de China o del valle del Mississippi (Bolt, 1981).

En cuanto a su profundidad, los terremotos de focos intermedios y profundos se distribuyen casi exclusivamente en asociación con las fosas oceánicas formando franjas bien definidas, como descubrieron de forma pionera Wadati (1935) y Benioff (1954).

La distribución geográfica de la mayoría de los volcanes activos emergidos sigue un patrón muy similar, como ya denotan denominaciones geográficas clásicas como “cinturón” o “anillo de fuego del Pacífico”, concentrándose la mayor parte de las erupciones de carácter explosivo precisamente en asociación con las fosas y los sismos profundos.

La explicación de tales patrones de distribución vino con la formulación de la Teoría de la Tectónica de Placas a finales de la década de los sesenta (Figs.

(*) Departamento de Biología y Geología. IES 36 “Benicalap”. Valencia. e-mail: pauren@ya.com



1 y 2) y, aunque no suele citarse entre las observaciones que llevaron a la formulación de dicha Teoría (ver Hallam, 1983), constituyó a la vez uno de los requisitos básicos que ésta debía satisfacer y una importante fuente de pruebas para su confirmación (Isacks et al, 1968).

La magnífica correlación de los límites de las placas litosféricas con las franjas de gran actividad sísmica y volcánica y con las unidades de relieve antes citadas, hacen de su estudio una herramienta didáctica de primer orden para abordar el enfoque de la Tectónica de Placas en los niveles superiores de la Enseñanza Secundaria, como se pone de manifiesto con la presentación de mapas de sismos y volcanes en cualquier libro de texto de dichos niveles. De hecho, la sísmicidad y vulcanismo en sus límites a menudo se utilizan en la propia definición de placas litosféricas (ver p. e. Banda et al, 1997).

Por otra parte, las actividades de tipo práctico, que se consideran fundamentales en el aprendizaje de las disciplinas científicas en general y de la Geología en particular, son difíciles de realizar cuando se trata de sistemas que, por su magnitud, quedan fuera del alcance de un centro de enseñanza. El uso de ordenadores en los centros viene a suplir esta carencia, permitiendo la realización de prácticas interactivas de una forma que suele ser atractiva para los alumnos. En el caso que nos ocupa, la disponibilidad de un magnífico software (Seis VolE), permite la realización de prácticas de Tectónica de Placas.

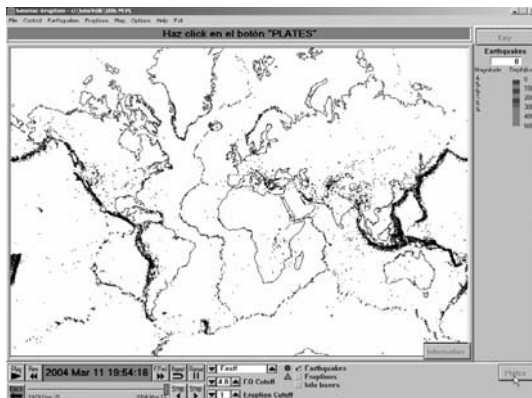


Fig. 1 Mapa de sísmicidad mundial 1960-2003.

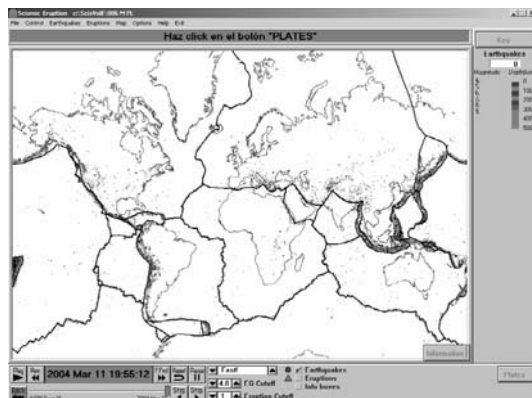


Fig 2 Relación entre sísmicidad y límites de placas.

GENERALIDADES

Seismic-Eruption (SeisVolE) es un programa que representa los focos sísmicos y las erupciones volcánicas (a partir de una base de datos mundial que abarca un periodo de unos 43 años), con respecto al tiempo y espacio (localización geográfica y profundidad).

Originalmente diseñado para la exposición del National Museum of Natural History de la Smithsonian Institution, está disponible para uso gratuito para enseñanza a través de su descarga de internet desde la página de su autor, el profesor Alan L. Jones de la Binghamton University.

(<http://www.geol.binghamton.edu/faculty/jones/jones.html#Computer%20Programs>)

Funciona en entorno Windows, siendo compatible con las versiones más populares de dicho sistema, como Win98, WinME WinNT, Win2000 y WinXP. Puede funcionar aceptablemente en cualquier ordenador con procesador Pentium 100 o superior, si bien en los modelos más antiguos la velocidad de ejecución es algo lenta.

Genera 3 tipos de vistas: mapas, cortes 2D y cortes 3D (en todas ellas los sismos y erupciones se van sucediendo en el tiempo). Los mapas pueden ir acompañados del relieve (altimetría y batimetría), lo que pone claramente de manifiesto la correlación de las grandes unidades del relieve terrestre con estos fenómenos naturales.

Permite visualizar con gran claridad la distribución de los terremotos en el mapa y en profundidad, y establecer su correspondencia con los tres tipos básicos de límites entre placas, que se pueden sobrepasar codificados con colores según su tipo. Los cortes 2D y vistas 3D permiten representar claramente las zonas de Benioff.

Su uso es bastante intuitivo, resultando fácil para los alumnos si disponen de unas sencillas instrucciones en castellano y están mínimamente familiarizados con el uso de ordenadores personales, como suele ser habitual. Aunque está escrito en inglés, los archivos de texto pueden personalizarse, como puede comprobarse en algunos de los ejercicios que proponemos.

Este taller presenta varias adaptaciones del programa Seismic-Eruption que hemos realizado para su uso en las asignaturas de "Biología y Geología" de 1º de Bachillerato y "Ciencias de la Tierra y Medioambientales" de 2º de Bachillerato, habiendo sido probadas con excelentes acogida y resultados entre el alumnado.

La adaptación consiste en un conjunto de archivos de vistas predefinidas que se añaden a la versión original del programa descargada de internet. Estos archivos, que pueden descargarse en <http://www.aepect.org/talleres/seismic> son la base de los ejercicios propuestos a los alumnos, junto con guiones de prácticas ya preparados y algunas propuestas para personalizar su uso.



ACTIVIDADES

Se proponen 3 niveles de uso, lo que permite una rápida adaptación al manejo del programa.

A) MANEJO BÁSICO: Corresponde siempre a la primera actividad de clase.

En Windows, arrancar el programa "Seismic Eruption"

(INICIO \Rightarrow PROGRAMAS \Rightarrow SEISMOLOGY \Rightarrow SEISMIC ERUPTION) y pulsar [START]

Seleccionar un botón del mapa, p. ej. [Pacific Group] y en el nuevo mapa [Aleutian Arc.] Nos presenta un mapa del arco de las Aleutianas en Pacífico Norte. Se van sucediendo los sismos y erupciones volcánicas. Entre los elementos de la pantalla, además de la ventana principal y de las barras de menú y título, tenemos:

- Zona de control (Fig. 3).
 - Ventana de fecha y barra que marca el transcurso del tiempo.
 - Los marcadores de velocidad y magnitud.
 - Aumentar la velocidad.
 - Las casillas Earthquakes, Eruptions e Info boxes.
 - Los botones de control (normalmente sólo utilizaremos [Repeat] y [Back], los otros son parecidos a los de un aparato de video).
 - El botón [Plates]. Pulsarlo para ver el efecto.
- Ventana lateral derecha.
 - Leyenda para interpretar los símbolos de las erupciones y terremotos.
 - Contadores de sismos y erupciones.
 - Los botones [Information] y [Key]. Pulsarlos para ver el efecto. El botón [Back] nos lleva a la pantalla con el mapa de presentación.

B) EJERCICIOS CON VISTAS PREDEFINIDAS: Constituye el núcleo de las actividades prácticas, en que cada ejemplo puede ir acompañado de cuestiones.

Aparte de las que aparecen en los mapas al iniciar el programa, podemos visualizar otras imágenes predefinidas, que han sido generadas previamente por el usuario. Hay tres tipos de vistas: mapas, cortes y vistas 3D. En cada vista se pue-

den modificar los distintos parámetros de visualización, y guardarlos como un nuevo archivo de vista.

En la barra de menú, File \Rightarrow Open View y seleccionar un nombre de archivo.

Utilizaremos los siguientes como ejemplos de estas vistas, con archivos de la práctica de de tectónica de placas:

- 014 JAPAN - mapa de Japón con sus sismos y volcanes. aumentar la velocidad (Fig. 4).
- 009 JAP-BE - corte de la zona de subducción de Japón que permite visualizar la zona de Benioff (Fig. 6).
- 010 T3D - vista 3D de la zona de subducción de Tonga que permite visualizar la zona de Benioff (Fig. 5).

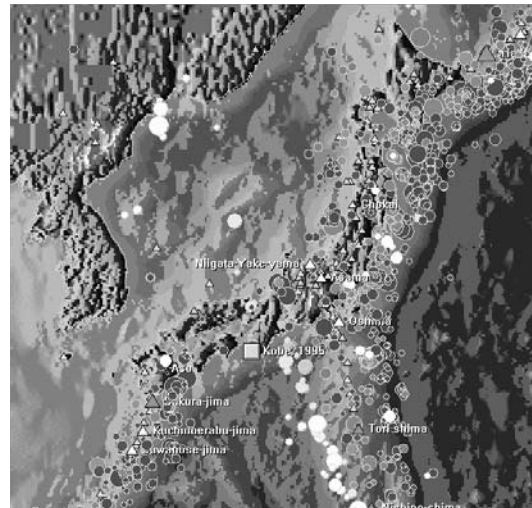


Fig. 4 Mapa del arco insular de Japón

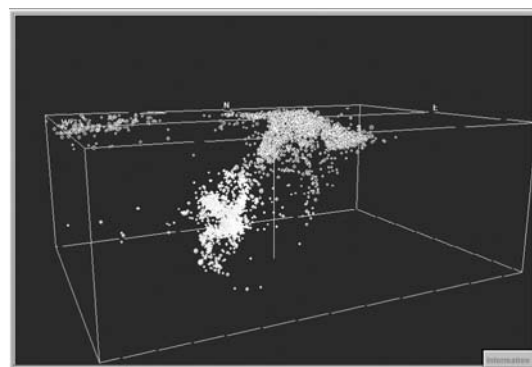


Fig. 5 Vista 3D de la zona de subducción de Tonga.



Fig. 3 Zona de control.



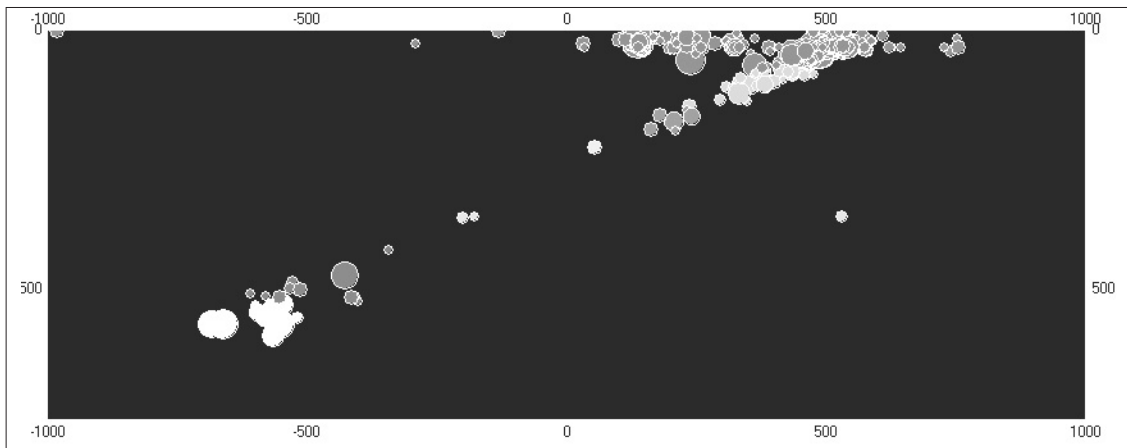


Fig. 6 Corte 2D del plano de Beniff de Japón.

C) UTILIZACIÓN DIDÁCTICA DE VISTAS PREDEFINIDAS. Proponemos una serie de ejemplos que utilizamos en clase con las cuestiones correspondientes.

C1- EJERCICIOS DE LA ASIGNATURA BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA: TEMA DE TECTÓNICA DE PLACAS.

- **001 MPLAC** -muestra la distribución mundial de la sismicidad y los límites de placas. Pulsar [\[Plates\]](#) varias veces. Pulsar [\[Key\]](#) para ver los códigos de colores usados y luego [\[Info\]](#).

1. ¿Qué relación hay entre los límites de placas y los terremotos?

¿En qué tipo de límites se producen más terremotos?.

- **002 MVOL**-muestra las erupciones volcánicas y los límites de placas. Pulsar [\[Info\]](#)

2. ¿Qué relación hay entre los límites de placas y los volcanes?.

- **003 TVOL**- muestra la distribución de erupciones volcánicas y sus tipos. Pulsar [\[Plates\]](#)

3. ¿En qué tipo de límites se producen las erupciones más explosivas? (ver la clave en la ventana derecha).

- **004 DORATL** – muestra la sismicidad en la dorsal centro-atlántica Pulsar [\[Info\]](#)

4. ¿Cómo son los sismos de la dorsal atlántica en cuanto a su profundidad? (Fig. 7).

- **005 NAZCA** - muestra los tipos de límites entre placas. Pulsar [\[Info\]](#) (Fig. 8).

5. Indica los tipos de límites que definen la placa de Nazca por el Oeste, Este, Norte y Sur.

- **006 KURIL** - mapa de una zona de subducción. regular la velocidad a Fast.

6. Indica cómo se distribuyen los terremotos según su profundidad desde el océano hacia el Oeste.

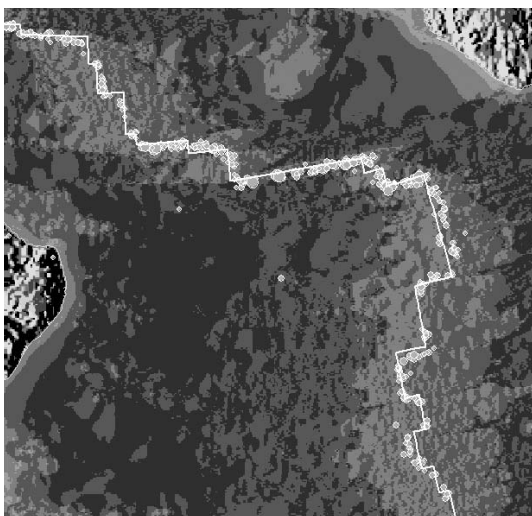


Fig. 7 Sismicidad y límites de placa en la Dorsal atlántica.

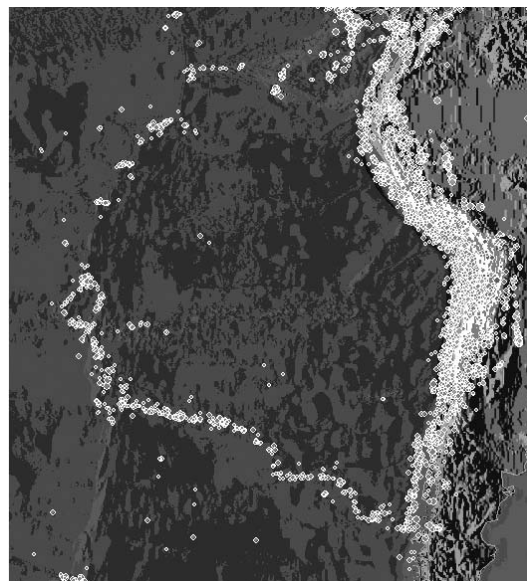


Fig. 8 Límites sísmicos de la Placa de Nazca.

- **007 KUR** - corte de la zona anterior que permite visualizar la zona de Benioff.

7. ¿Qué es el plano de Benioff?
¿A qué estructura geológica corresponde?.
8. ¿Por qué a estas zonas se les llama de subducción?.
9. ¿Qué ángulo aproximado forma dicho plano con la horizontal (buzamiento)?.

- **008 MAR-BE**: - corte de la zona de subducción al norte de la fosa de las Marianas que permite visualizar la zona de Benioff.

10. ¿Cuál es el buzamiento del plano de Benioff en este caso?.

- **009 JAP-BE** - corte de la zona de subducción de Japón que permite visualizar la zona de Benioff.

11. ¿Cuál es el buzamiento del plano de Benioff?.

- **010 T3D** - vista 3D de la zona de subducción de Tonga que permite visualizar la zona de Benioff.

12. El llamado “plano de Benioff”, ¿es realmente plano o está curvado?.

- **011 TOPO** - mapa del relieve mundial. Pulsar [Plates] las veces que sea necesario. Pulsar [Key].

13. Indica a qué límites de placas corresponden los siguientes relieves:
 - Dorsal centro atlántica.
 - Fosas oceánicas con arcos de islas volcánicas.
 - Cordillera de Los Andes (oeste sudamericano).
 - Cordillera del Himalaya (entre Asia y la India).
 - Fallas que cortan las dorsales.

C2- EJERCICIOS DE LA ASIGNATURA CIENCIAS DE LA TIERRA Y MEDIAMBIENTALES: TEMA DE RIESGOS GEOLÓGICOS DE ORIGEN INTERNO.

La primera parte de la práctica se realiza igual que en el caso anterior.

- **001 MPLAC** - muestra la distribución mundial de la sismicidad y los límites de placas. ☒ Pulsar [Info]

1. Relaciona la distribución de sismos con los límites de placas.
2. Indica algunas zonas de gran sismicidad que no estén asociadas a límites de placas
3. ¿En qué tipo de límites se produce mayor sismicidad?
4. ¿En qué tipo de límites se producen terremotos profundos?.
- 5 ¿Por qué generalmente los terremotos profundos son poco destructivos?

- **003 TVOL** - muestra la distribución de erupciones volcánicas coloreadas según su tipo.

6. Relaciona la distribución de volcanes con los límites de placas.
7. Indica algunas zonas con volcanes activos que no estén asociadas a límites de placas
8. ¿En qué tipo de límites predomina las erupciones explosivas?
9. ¿En qué zonas predominan las erupciones efusivas?.

- **012 RIESG** - muestra un mapa de peligrosidad sísmica y volcánica. ☒ Pulsar [Plates]

10. De los distintos aspectos que incluye el concepto de riesgo, sólo uno de ellos está representado en el mapa.. ¿Qué otros aspectos deberían valorarse?. (Para poder responder, ten en cuenta, por ejemplo, zonas como las islas Aleutianas, casi desdobladas).

11. Relaciona la peligrosidad sísmica y volcánica con los límites de Placas: ¿En qué tipos de límites es mayor?.

12. Indica algunas zona de alto riesgo que no se correspondan con límite de placas.

- **013 WORLD** - muestra un mapa del Mundo.

- ☒ regular la velocidad a Fast
- ☒ regular “EQ Cutoff” a 7.0 (sólo se mostrarán los terremotos de magnitud mayor a 7 que son los más peligrosos)
- ☒ Pulsar [Plates]
- ☒ Pulsar [Repeat]
- 13. Indica en qué tipo de límite de placas se producen la mayor parte de los terremotos destructivos.

D) CREAR NUEVAS VISTAS:

Este ejercicio permite una investigación más libre por parte del alumnado, que puede manipular en mayor medida. Si hay tiempo, suele ser apreciado por los alumnos aficionados a los ordenadores.

Se pueden modificar casi todos los parámetros de las vistas predefinidas o crear una nueva a partir de cualquiera de los mapas. Las vistas creadas se pueden modificar a su vez y se pueden guardar para su uso posterior, con lo que se puede adaptar el uso del programa a nuestras necesidades docentes.

Como ejercicio, vamos a realizar un mapa, un corte y una vista 3D de una zona de subducción.

1- Crear un nuevo mapa

- ☒ Ir al inicio con el botón [Back].
- ☒ Pulsar South America. Aparecerá el mapa de Sudamérica
- ☒ (MENUS) Map ⇒ Make Your Own Map

Mover el ratón para recuadrar la zona central de Oeste, incluyendo la fosa y la cordillera



(MENUS) Map ⇒ Redraw. dibuja el mapa del área seleccionada.

2- Crear un corte del mapa anterior

(MENUS) Eruptions ⇒ Quitar "On". Marcar la velocidad a Fast. Dejar que transcurran los terremotos.

(MENUS) Control ⇒ Set Up Cross Section View. Aparecerá el siguiente cuadro (Fig. 9)

Hacer click en la zona del mapa donde



Fig. 9 Opciones para corte 2D.

queremos hacer el corte.

cambiar los datos, por ejemplo: (Fig. 10)



Fig. 10 Opciones para corte 2D:nuevos valores.

Marcar [Redraw]. Mover el cuadrado hasta la posición deseada. Pulsar [OK]

(MENUS) Control ⇒ Map View/3D/Cross Section ⇒ Cross Section View. Aparecerá un corte de la zona seleccionada, marcando la profundidad de los focos sísmicos.

3- Crear una vista 3D del mapa anterior

(MENUS) Map ⇒ Make Your Own Map

Mover el ratón para recuadrar una zona más estrecha en sentido Oeste - Este, incluyendo la fosa y la cordillera

(MENUS) Map ⇒ Redraw. dibuja el mapa del área seleccionada.

(MENUS) Control ⇒ Map View/3D/Cross Section ⇒ 3DView. Aparecerá una vista 3D de la zona

(MENUS) Control ⇒ Interactive 3D. Aparecerá el siguiente cuadro (Fig. 11)



Fig. 11 Opciones para vista 3D.

Modificamos los valores del cuadro, por ejemplo: (Fig. 12)



Fig. 12 Opciones para vista 3D: nuevos valores.

pulsamos Redraw. Se generará el corte de la zona marcada. Pulsar [OK]

4- Guardar archivo de vistas.

Si es la primera vez que guardamos una vista:

(MENUS) File ⇒ Save view as. ⇒ Escribir un nuevo nombre de archivo

Si queremos guardar una vista modificada sustituyendo el archivo original:

(MENUS) File⇒Save view.

Nota: Si se quiere evitar que los alumnos modifiquen los archivos definidos por el profesor, es conveniente marcarlos como de "sólo lectura". Para ello, una vez cerrado el programa, los nuevos archivos creados se seleccionan mediante el explorador de Windows y en "propiedades", se marca la casilla "sólo lectura". Normalmente el programa genera 2 ó 3 archivos distintos con el mismo nombre para cada vista.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Alan L. Jones por su generosidad al permitir el uso público y gratuito de sus programas originales. Y a mis alumnos del IES 31 de Valencia con los que he experimentado este material.

BIBLIOGRAFÍA

Aitken, J.J. (1996). *Plate Tectonics For Curious Kids*. Institute of Geological and Nuclear Sciences. Lower Hutt. New Zealand.

Banda, E. y Torné, M. (1997). *Geología 2*. Ed. Santillana. Madrid.

Benioff, H., (1954), Orogenesis and deep crustal structure: additional evidence from seismology: Geological Society of America Bulletin, v. 65, p. 385-400.

Bolt, B.A. (1981). *Terremotos*. Ed. Reverté. Barcelona.

Denwey, J. F. (1972). Tectónica de Placas. *En Deriva Continental y Tectónica de Placas 2º* ed.1.981. Selecciones de Scientific American. Ed. H. Blume. Barcelona.

Gates, A. E. (2003). "Sykes, Lynn R." *A to Z of Earth Scientists*. New York, NY. Facts on File, Inc., Science Online. <www.factsonfile.com>

Hallam, A. (1983). *Great Geological Controversies*. Oxford University Press (trad. española Ed. RBA 1994)

Heck, N. (1935) A New Map of Earthquake Distribution" *The Geographical Review*, Vol. XXV, 1935. Pp. 125-130.

Heirtzler, J. R. (1968). La expansión del suelo oceánico. *En Deriva Continental y Tectónica de Placas 2º* ed.



1.981. Selecciones de Scientific American. Ed. H. Blume. Barcelona.

Isacks B., Oliver, J. y Sykes, L.R. (1968). Seismology and the new global tectonics, *Journal of Geophysical Research*, 73, , págs. 5855-5899

Jones, A.L. (1.997). *Seismic-Eruption* software.

(<http://www.geol.binghamton.edu/faculty/jones/jones.html#Computer%20Programs>)

Moffat, I. (1982). Paradigmas en Geología: del catastrofismo a la tectónica de placas. *Geo-Crítica* Año VII. Número: 42.(traducción del original de 1.976)

Oxburg, E.R. (1980). Tectónica de Placas. En Gass, I.G. et al. *Introducción a las Ciencias de la Tierra*. Ed. Reverté. Barcelona.

Sequeiros, L. La Torre, G. Pedrinaci, E. (1995). Tectónica de Placas: Evolución de un Paradigma e Implicaciones Didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, pp. 14-22

Vine, F.J. (1980). La expansión de fondo oceánico. En Gass, I.G. et al. *Introducción a las Ciencias de la Tierra*. Ed. Reverté. Barcelona.

Wadati, K. (1935). On the activity of deep-focus earthquakes in the Japan islands and neighborhoods: *Geophysical Magazine*, v. 8, p. 305-325.

York, P. (2000). Tectónica de Placas: Las pruebas de los terremotos y volcanes. En *Estructura de la Tierra y Tectónica de Placas*. King, C. Ed. AEPECT. Girona. ■

