

Música de la tierra, música de las esferas: de la cicloestratigrafía a las emociones

Music of the Earth, Music of the Spheres: from cyclostratigraphy to emotions

J.L. SIMÓN¹, L. EZQUERRO² Y M.A. FRAILE³

¹ Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. E-mail: jsimon@unizar.es

² Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. E-mail: lope@unizar.es

³ Grupo O'Carolan, Zaragoza. E-mail: cornamuso@yahoo.es

Resumen La aproximación científica y racional al conocimiento de la Tierra puede complementarse, y reforzarse, mediante una aproximación emocional a través del arte. La cicloestratigrafía muestra cómo ciertos patrones repetitivos en los sedimentos pueden reflejar oscilaciones climáticas vinculadas a ciclos orbitales terrestres. Los ciclos sedimentarios pueden traducirse a música, convirtiendo las distintas rocas o facies en notas de una escala y los espesores de las capas en duración de las mismas. Esta *Música de la Tierra* estaría así conectada con la *Música de las Esferas* que postuló la escuela pitagórica griega y, de una forma poética, sería como aquella una expresión de la armonía del Universo. Su mensaje profundo es la búsqueda artística de una relación cordial con el planeta que nos cobija, de una Nueva Cultura de la Tierra que reivindica el equilibrio entre sus 'esferas': geosfera, hidrosfera, atmósfera, biosfera y antroposfera. Su desarrollo práctico puede abarcar la banda sonora de audiovisuales divulgativos, la música ambiental en museos y geoparques, o como elemento motivador en el aprendizaje de las Ciencias de la Tierra.

Palabras clave: Cicloestratigrafía, ciclos de Milankovitch, geofonía, Música de las Esferas.

Abstract *The scientific, rational approach to the knowledge of the Earth may be complemented and enhanced with an emotional approach by means of arts. Cyclostratigraphy shows how some repeated sedimentary patterns can reveal climatic oscillations related to the Earth orbital cycles. Sedimentary cycles can be translated into music, turning rocks or facies into musical notes, and bed thickness into duration of sounds. Such Music of the Earth would therefore be connected with the Music of the Spheres postulated by Pythagoras in ancient Greece and, from a poetical perspective, could be itself considered as an expression of harmony of the Universe. Its deep message is the search for a friendly relationship with our planet, for a New Culture of the Earth that calls for an equilibrium between its multiple spheres: geosphere, hydrosphere, atmosphere, biosphere and anthroposphere. Its practical development could extend to music accompanying scientific movies, background music in museums and geoparks, or as a motivating factor in Earth Sciences learning.*

Keywords: *Cyclostratigraphy, Milankovitch cycles, geophony, Music of the Spheres.*

INTRODUCCIÓN

Nuestra sociedad ha desarrollado en las últimas dos décadas una creciente inquietud cultural por las Ciencias de la Tierra. La gea se descubre como un auténtico laboratorio de divulgación, aprendizaje y recreo, y la exploración de sus secretos se incorpora a la oferta del turismo cultural y el ecoturismo. Esta realidad emergente adquiere estatus legal con la declaración de *Lugares de Interés Geológico* o con la incorporación de los conceptos de *geodiversidad* y *geoparque* a la legislación protectora del medio natural. El periplo en España se inició con proyectos

como el Parque Geológico de Aliaga (1993), se consolidó con la creación de la Red Europea de Geoparques (2000), y se ha popularizado desde 2005 con la jornada anual *Geología* (Alcalá *et al.*, 2012; Simón *et al.*, 2012).

En 2011 se elaboró y difundió el documento *Geología para una Nueva Cultura de la Tierra*, suscrito por la Sociedad Geológica de España, la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra y el Colegio de Geólogos en Aragón (Villarroya *et al.*, 2012). En él se expresa la necesidad de que nuestra 'sociedad del conocimiento' comience a ver la Tierra con una mirada distinta:

no es una simple fuente de recursos materiales, sino un recurso cultural en sí misma, depositaria de una sabiduría que hemos de asimilar si queremos subsistir como especie. La Geología cobra una dimensión formidable como ciencia que nos permite comprender la dinámica de la Tierra, el tempo y la escala de sus procesos, y también las consecuencias de nuestra intromisión en ellos. Así, constatamos con preocupación los cambios drásticos que acontecen, como el calentamiento global, la pérdida acelerada de biodiversidad o la acción profundamente transformadora que la minería ha ejercido a lo largo de la historia sobre el medio físico y de las colectividades humanas. En nuestra sociedad del conocimiento es necesaria una ciencia al servicio no sólo del desarrollo y la innovación, sino también de la sostenibilidad, la salud y la armonía del Planeta. Es necesaria una Nueva Cultura de la Tierra, una nueva mirada sobre nuestro planeta que sustituya la depredación de sus recursos materiales por la búsqueda honesta de la sabiduría que emana, que descubra el inmenso beneficio que nos reporta nuestra colaboración con este planeta que nos acoge (Simón, 2015).

Desde esta perspectiva, cobra sentido explorar nuevas aproximaciones al conocimiento de nuestro Planeta que complementen las puramente científicas y racionales. Cada vez se valora más el papel de las competencias emocionales en el aprendizaje significativo y en la capacidad para resolver problemas reales. Si la inteligencia emocional nos permite entender y valorar nuestras emociones y las de los demás, utilizando esa información para guiar nuestra forma de pensar, cabe extender el concepto a nuestra relación con la naturaleza: las emociones que nos suscita la contemplación o el estudio de la Tierra y sus procesos constituyen una energía vital que puede incrementar nuestra capacidad de comprenderlos.

En el ambiente académico de las Ciencias de la Tierra era usual, hace sólo un par de décadas, utilizar los términos *geoturismo* y *geopoesía* con connotaciones peyorativas y como eficaz resorte en bromas y chanzas. Una actividad docente o investigadora en el campo poco exigente y sistematizada era 'geoturismo'. Una hipótesis científica atrevida era 'geopoesía'. Tiempo ha que el concepto de geoturismo se ha dignificado, y de la mano del patrimonio geológico y la divulgación se ha revelado como un campo fértil de desarrollo e innovación de la Geología. Quizá sea el tiempo de explorar también el potencial de la geopoesía y la geomúsica, y de reivindicar su papel real como actividades interdisciplinarias que nos ayuden a comprender el mundo.

LA MÚSICA DE LAS ESFERAS

En la antigua Grecia, Pitágoras formuló la idea de que la música es la expresión de la armonía del Universo. Esto no deja de ser, en sus inicios, un axioma bello y evocador pero imposible de demostrar. Sí puede probarse que la música tiene un sustrato matemático indudable y un fundamento en la física de ondas, pero sigue siendo un enigma la teoría pitagórica de la *Música de las Esferas*, esto es, la idea de que las esferas celestes, al moverse, producen



Fig. 1. Desde Pitágoras hasta Einstein, muchos científicos han sostenido que la física, las matemáticas y la música no son sino lenguajes distintos que expresan el mismo orden oculto del Universo. Fotografía: Albert Einstein en 1929.

sonidos imperceptibles para el oído humano, pero que componen una armonía perfecta en virtud de las proporciones aritméticas de sus órbitas alrededor de la Tierra. A lo largo de toda la historia de la ciencia, desde Kepler hasta Einstein (excelente violinista; Fig. 1), ha planeado siempre la noción de que la física matemática y la música no son sino dos lenguajes distintos para expresar una misma realidad: el orden oculto de la naturaleza y el Universo.

Hace mucho tiempo que la Astronomía ha descrito y explicado los ciclos astronómicos, y otras ciencias han analizado sus consecuencias en las condiciones atmosféricas y climáticas terrestres, y también en la fisiología o el comportamiento de los seres vivos. Entre esos ciclos se hallan desde los más obvios y cotidianos (día-noche, fases lunares, sucesión de estaciones) hasta otros más complejos: (i) ciclos de variación de la excentricidad de la órbita terrestre, influenciada por interacciones gravitacionales con otros planetas del Sistema Solar (período de larga duración, 410.000 años, y de corta duración, 100.000 años); (ii) variación de la oblicuidad del eje de giro con respecto al plano de la eclíptica (41.000 años), y (iii) movimiento de precesión (giro cónico similar al del eje de una peonza que se completa en unos 26.000 años) (Milankovitch, 1941; Laskar et al., 2004).

En estas variaciones del movimiento terrestre se basó el astrónomo y matemático serbio Milankovitch (1941) para proponer una teoría astronómica de las oscilaciones climáticas que trataba de explicar, entre otros, el fenómeno de las glaciaciones (Huybers y Wunsch, 2005). La moderna Estratigrafía ha mostrado mediante el análisis de la *ciclicidad sedimentaria* cómo existen patrones repetitivos en ciertos atributos de los sedimentos que encajan bien con los mencionados ciclos orbitales (Olsen, 1986; Weedon, 2003; Abels, 2008; Martín-Chivelet et al., 2015), lo que es lógico teniendo en cuenta que el clima constituye uno de los factores condicionantes de la sedimentación.

Desde esta perspectiva, resulta sugerente la idea de convertir en música (de 'sonificar') esos ciclos sedimentarios. Se trataría de ensayar distintos códigos de conversión que traduzcan una sucesión de estratos geológicos a una partitura musical, transformando los distintos tipos de rocas o facies

en notas de una escala, y los espesores de las capas en duración de las mismas. Otros atributos de los sedimentos pueden eventualmente dar lugar a acompañamientos armónicos de la melodía principal. Se puede aplicar a series con diversos grados de ciclicidad, pertenecientes a distintas épocas geológicas, ambientes de formación y lugares geográficos.

Esta *Música de la Tierra* expresará de una forma poética a qué suena nuestro Planeta. Los ciclos de variación orbital dan lugar a ciclos climáticos; estos se manifiestan en variaciones también cíclicas de la sedimentación; los atributos sedimentarios cambiantes son transformados finalmente en música. Hemos cerrado de este modo el círculo, y la antigua formulación de los filósofos pitagóricos adquiere sentido y realidad: podemos crear una música que es expresión de la armonía del Universo; podemos escuchar la *Música de las Esferas*.

CÓMO TRANSFORMAR UNA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA EN PARTITURA MUSICAL

Los códigos de transformación que hemos utilizado para elaborar una partitura musical a partir de una columna estratigráfica son variados y, en principio, arbitrarios, si bien siguen algunas pautas lógicas. Lo esencial es la melodía, basada en la sucesión de capas con unas litologías o facies determinadas. Accesoriamente, determinados elementos de la serie pueden traducirse en acordes o notas de acompañamiento armónicas, y otros en percusión.

Las notas musicales parten de la litología o la facies de cada capa. Podemos disponer en origen de distintos tipos de rocas sedimentarias, distintas granulometrías en rocas detríticas o carbonáticas, o bien distintas facies (interpretadas por los autores de los trabajos originales de los que tomamos la columna). En cualquier caso, hemos seguido dos criterios generales:

- 1) Adaptar la escala musical utilizada al número de litologías o facies disponibles. Cuando este número es bajo (4 ó 5), en ocasiones hemos seleccionado, dentro de una escala diatónica, un grupo de notas que facilite una progresión armónica (por ejemplo, una relación interválica de terceras y quintas). En otros casos hemos tomado notas consecutivas, conscientes de que el resultado iba a ser una música más repetitiva. La tonalidad elegida ha sido en general arbitraria, si bien se ha reflexionado en cada caso sobre la elección de una tonalidad mayor o menor, de acuerdo con evocaciones totalmente subjetivas.
- 2) Elegir el sentido de la escala de notas en función de las condiciones energéticas del medio sedimentario. A los autores nos pareció lógico desde el principio que las notas graves fueran las que designaran eventos sedimentarios más torrenciales o 'turbulentos' (granulometría más gruesa, facies proximales), y que las notas agudas representaran los eventos de calma (granulometría más fina, facies distales).

La duración de las notas musicales ha sido fijada de forma bastante estricta a partir del espesor de cada estrato. Dicho esto, resulta lógico discretizar esos valores de espesor para que el resultado tenga una coherencia musical. Así, se ha tendido a tomar como duración de negra el valor de espesor más frecuente en la serie, asignando las duraciones de blanca y redonda, por un lado, y de corchea y semicorchea, por otro, a los múltiplos y divisores de ese valor (siempre con un rango de tolerancia por encima y por debajo). Por cuestiones de simplicidad, consideramos conveniente no utilizar duraciones inferiores a la semicorchea.

Los silencios están muy restringidos dentro de la partitura. Siendo rigurosos, podríamos haber considerado la necesidad de asignar silencios a los lapsos de tiempo supuestamente carentes de registro sedimentario. Sin embargo, si llegásemos a conocer su duración, esta probablemente representaría una fracción de tiempo superior al de las propias notas musicales. Por ello, nuestra referencia de tiempo musical es casi exclusivamente el espesor de los estratos. Los silencios se introducen sólo en dos supuestos: (a) cuando existen evidencias de un hiato sedimentario, y (b) cuando el refinamiento o adaptación de la partitura bruta, para generar la partitura final ejecutable, aconseja incluir silencios adicionales que permitan regularizar la división de los compases.

Se han elaborado algunos acompañamientos en forma de acordes o notas armónicas a partir de atributos de la serie estratigráfica. En algún caso se ha utilizado el aspecto general de la serie (patrones de repetición de facies o espesores, tramos litológicos) para elegir dos o tres acordes sencillos adaptados a la tonalidad y variaciones de la melodía. En otros, una sucesión de dos o tres términos litológicos ha dado lugar a notas (graves) acompañantes, mientras la melodía discurría a partir de variaciones granulométricas o de facies que permitían una gama melódica más amplia.

Los elementos de percusión se han establecido teniendo en cuenta la base rítmica que sugiere el propio espesor de los estratos, ya que de ellos se obtiene el patrón métrico. Los matices y variaciones se han introducido teniendo en cuenta cambios del propio ambiente sedimentario y características sedimentológicas repetitivas, como la presencia de *ripples*, bases erosivas o bioturbación. De esta manera se logra remarcar el *tempo* y la acentuación en las piezas musicales.

La figura 2 muestra un ejemplo de partitura creada por este procedimiento a partir de la sucesión aluvial distal y lacustre de Cascante del Río, correspondiente al Mioceno superior de la cuenca de Teruel (Cordillera Ibérica). Este perfil estratigráfico fue estudiado por Abels (2008) con el objetivo de establecer la periodicidad y ciclicidad sedimentarias en relación con cambios astronómicos de largo periodo.

Siguiendo el mismo procedimiento, hemos elaborado un total de diez partituras basadas en series estratigráficas cuya edad va desde el Carbonífero al Mioceno, y que se distribuyen por áreas del Pirineo (Jaca-Sabiñánigo, Aragüés-Hecho), Cuenca Vasco-Cantábrica (Lastres, Zumaiá) y Cordillera Ibérica

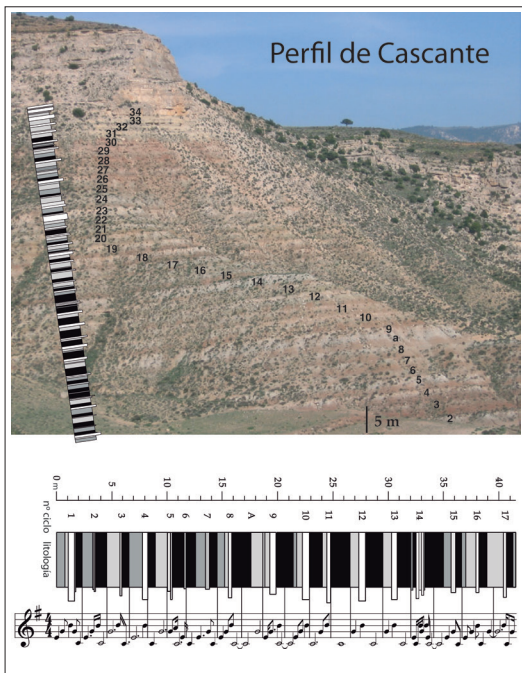
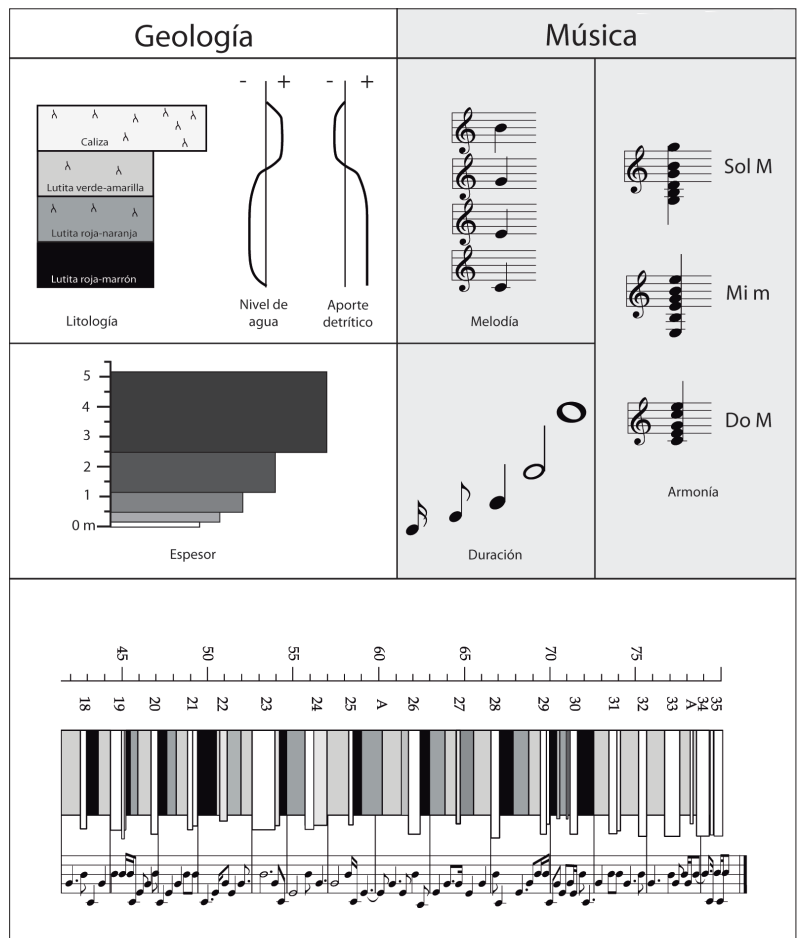


Fig. 2. Códigos para la elaboración de la partitura base a partir del Mioceno de Cascante del Río (Cuenca de Teruel), estudiado por Abels (2008). Las litologías tienen una equivalencia en notas, y los espesores, en duración de las mismas (negra ff 0,65 m).



(Munilla, Villanueva de Huerva, Miravete, Cascante del Río, Villastar y Poblá Torреса). En el siguiente enlace web: <http://www.geologianuevaculturadela-tierra.blogspot.com.es/> puede encontrarse toda la información al respecto (fichas técnicas, partituras y archivos de audio generados por ordenador).

COMPARANDO CON OTROS EXPERIMENTOS SIMILARES

A lo largo de la historia de la música, muchos compositores se han inspirado en motivos externos, tanto propiamente sonoros (e.g. canto de los pájaros en *Gli uccelli*, de O. Respighi, en *Le Réveil des Oiseaux*, de O. Messiaen, o en *Histoires naturelles*, de M. Ravel; sonidos de olas y viento en *La mer*, de C. Debussy) como paisajísticos o ambientales (e.g. *Sexta Sinfonía* de L.V. Beethoven; *Eine Alpensinfonie*, de R. Strauss; *Grand Canyon Suite*, de F. Gófré).

Menos común es la creación de música a partir de patrones automáticos basados en repeticiones de objetos o eventos naturales. Cabe citar el sistema de composición algorítmica propuesto por Beltrán *et al.* (2000) a partir de la ornamentación del arte mudéjar, o el basado en la secuencia del genoma humano (*Genoma Music* de Sánchez Sousa, 2015). Sin embargo, estas propuestas parten de repeticiones de motivos sólo espaciales, y no incorporan de forma natural una variable que sí es inherente tanto a la música como a la Geología: el tiempo.

Otros ‘experimentos’ musicales más vinculados a las Ciencias de la Tierra, y concretamente a la problemática de los cambios climáticos, sí incorporan la variable temporal. Cabe citar *A Song of Our Warming Planet*, una melodía que reproduce la temperatura media anual del planeta registrada desde finales del siglo XIX hasta la actualidad, elaborada e interpretada al violonchelo por Crawford (2013). O también, una partitura (*The Climate Symphony*) basada en el registro paleoclimático obtenido de sondeos perforados en el casquete glaciar de Groenlandia (Quinn, 2001).

En el ámbito estricto de la Geología conocemos un único antecedente, en el que se emplean variaciones en los valores isotópicos (C, O) y en la composición mineralógica de sucesiones estratigráficas de Italia central. La denominada *geofonía* (Rossetti y Montanari; 2004) parte, al igual que nuestra propuesta, del concepto de ciclicidad y de su impronta en las series estratigráficas, pero su medio para obtener la composición musical es un *software* de base estadística. Introducidos unos valores numéricos provenientes de la geología (curvas de variación isotópica), un ajuste de tiempo (relacionado con la duración total de la serie geológica) y, finalmente, una tonalidad (organización de la consonancia sonora), el *software* genera una pieza musical interpretada por sintetizadores.

Nuestra propuesta no es, por tanto, completamente original. Sin embargo, sí es pionera en relación con la geología de la Península Ibérica, y se diferencia de la de Rossetti y Montanari (2004) en que

partimos de datos geológicos no meramente numéricos y no restringidos a materiales carbonáticos, y en que hacemos de ellos un tratamiento manual y creativo que permite la ejecución instrumental de las obras.

DESARROLLO MUSICAL: EL DISCO 'TIERRA. POEMAS Y MÚSICA DE LAS ESFERAS'

La partitura básica construida a partir de los criterios que hemos explicado es susceptible de arreglos y acompañamientos variados que aportan a la obra una componente creativa más personal. En algunos casos se ha añadido una armonía de libre composición, inspirada por una melodía que, en cualquier caso, se mantiene fiel al original.

Una selección de piezas compuestas y arregladas de esta manera ha conformado la parte más sugestiva de un disco-libro de reciente publicación, coordinado por Fraile y Simón (2015) y dedicado a la música y la poesía de la Tierra. El disco-libro "Tierra. Poemas y música de las esferas" es la búsqueda artística de una, cada vez más necesaria, relación cordial y amistosa con el planeta que nos cobija, de una Nueva Cultura de la Tierra que reivindica el equilibrio entre sus 'esferas': geosfera, hidrosfera, atmósfera, biosfera y antroposfera. Es un homenaje de respeto a nuestra *oikos* o casa común, a la vez que una expresión de cariño a la pequeña tierra que cada cual pisa o guarda en su corazón.

Se trata de una obra de creación colectiva en la que participan varias decenas de artistas (poetas, músicos, rapsodas, fotógrafos, pintores). Muchos de ellos son aragoneses, pero hay asimismo artistas de otros confines que muestran la vocación universal del proyecto. La obra tiene un pie en el arte de la música y la palabra; el otro, en la geología. El primero se apoya en la sólida trayectoria del grupo O'Carolan. El segundo se sustenta en la labor realizada por los investigadores del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza autores de este artículo (J.L.S. y L.E) para crear las bases de la *Música de la Tierra*. El disco recoge asimismo la herencia y el espíritu del grupo Monte Solo, contando con poemas de José Antonio Rey del Corral y Emilio Gastón, entre otros. Las colabo-



Fig. 3. Portada del disco "Tierra. Poemas y música de las esferas" (Fraile y Simón, coords., 2015).

raciones de María José Hernández, Joaquín Pardiñilla, el grupo vasco Oreka TX y Joan Manuel Serrat redondean esta antología amigable de 'geomúsica' y 'geopoesía'.

Una vez propuestas estas pautas, se abre una puerta para que cualquier músico pueda por sí mismo utilizar un procedimiento similar para crear infinitas composiciones según su particular forma de ver las sucesiones estratigráficas. Se pueden recrear variaciones en el espacio y en el tiempo geológico, buscar las armonías y los contrastes entre facies similares en distintas regiones y periodos, o entre facies distintas isócronas. Se puede tratar de adaptar las composiciones a una región determinada, jugando incluso con sinergias entre la geología y la música tradicional de la región.

La música compuesta de esta forma presenta un aliciente añadido como banda sonora de documentales o audiovisuales divulgativos producidos para geoparques o itinerarios geológicos. También, como música ambiental para museos o centros de interpretación. El visitante puede tener una predisposición para concentrarse más en aquello que se expone sabiendo que el fondo musical expresa de alguna manera procesos geológicos, cambios climáticos y paleogeográficos, y constituye, en definitiva, una forma de *memoria de la Tierra*.

En el campo didáctico, esta *Música de la Tierra* puede utilizarse como elemento motivador en el aprendizaje de las Ciencias de la Tierra. Para ello, bastaría con utilizarla como soporte sonoro de cualquier actividad o material audiovisual dirigido hacia objetivos que sintonicen con el mensaje de la Nueva Cultura de la Tierra. En ese sentido, no sólo puede ser eficaz la propia música, sino también los poemas que la acompañan. Bien por sí misma o como parte de otros desarrollos en el campo artístico (danza, teatro) y psico-físico (bio-danza, yoga, relajación, musicoterapia...), la *Música de las Esferas* es un medio con gran potencial para contribuir a la formación integral y al equilibrio interior de la persona.

BIBLIOGRAFÍA

- Abels, H.A. (2008). *Long-period orbital climate forcing*. Utrecht University, Geological Ultraiectina, 297, Utrecht, 178 pp.
- Alcalá, L., Carcavilla, L., Crespo-Blanc, A. y Simón, J.L. (2012). Geología: origen, presente y futuro. *Enseñanza de Ciencias de la Tierra*, 19, 74-80.
- Beltrán, J.R., Varona, M.A. y Lasuén, S. (2000). Sistema de sonificación del arte mudéjar mediante composición automática basada en la simetría en el plano. En: *Mudéjar. El legado andalusí en la cultura española*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 393-407.
- Crawford, D. (2013). *A Song of Our Warming Planet*. <https://vimeo.com/69122809>
- Fraile, M.A. y Simón, J.L., coords. (2015). *Tierra. Poemas y música de las esferas*. Delicias Musicales, Laboratorio Audiovisual de Zaragoza, Zaragoza, 32 pp. + CD.
- Huybers, P., Wunsch (2005). Obliquity pacing of the late Pleistocene glacial terminations. *Nature*, 434, 491-494.
- Laskar, J., P. Robutel, F. Joutel, M. Gastineau, A.C.M. Correia, B. Levrard (2004). A long term numerical solution

for the insolation quantities of the Earth. *Astronomy and Astrophysics*, 428, 261-285.

Martín-Chivelet et al. (2015). Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 23.2.

Milankovitch, M. (1941). *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. Royal Serbian Academy of Sciences Spec. Publ., 133, 633 p.

Olsen, P.E. (1986). A 40-Million-Year lake record of early Mesozoic orbital climate forcing. *Science*, 234, 842-848.

Quinn (2001). Research set to music: The Climate Symphony and other sonifications of ice core, radar, DNA, seismic and solar wind data. En: Hiipakka, J., Zacharov, N., Takala, T. (eds.), *7th International Conference on Auditory Display (ICAD2001)*. <https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/50634/Quinn2001.pdf>

Rossetti, G. y Montanari, A. (2004). *Dances with the Earth: Geophonic Music from the Stratigraphic Record of Central Italy*. École des Mines de Paris, Paris, 87 pp + CD.

Sánchez Sousa, A. (2015). *Genoma Music*. <http://www.genomamusic.com/genoma/esp/inicio.html>

Simón, J.L. (2015). Geología: convivencia inteligente y amistosa con nuestro planeta. *Quercus*, 354, 86-87.

Simón, J.L., Catana, M.M. y Poch, J. (2012). La enseñanza de la Geología en el campo: un compromiso de los geoparques reconocidos por la UNESCO. *Enseñanza de Ciencias de la Tierra*, 19, 95-103.

Villarroya, F., Simón, J.L., Pérez-Cueva, A., Beltrán, F., Escorihuela, J., Inigo, I.A. y Martínez-Gil, J. (2012). Geología para una Nueva Cultura de la Tierra. *Enseñanza de Ciencias de la Tierra*, 20, 303-305.

Weedon, G.P., 2003. *Time-series analysis and cyclostratigraphy – examining stratigraphic records of environmental cycles*. Cambridge University Press, Cambridge, 259 pp. ■

Este artículo fue recibido el día 6 de septiembre y aceptado definitivamente para su publicación el 20 de octubre de 2015.