

**Observatorio Medioambiental**

ISSN: 1139-1987

<http://dx.doi.org/10.5209/OBMD.62652>EDICIONES  
COMPLUTENSE

## Terremotos y animales: oportunidades y prospectiva

Diosey Ramón Lugo-Morin<sup>1</sup>; Teresa Magal-Royo<sup>2</sup>

Recibido: 31 de mayo del 2018 / Enviado a evaluar: 5 de junio del 2018 / Aceptado: 5 de noviembre del 2018

**Resumen.** Iberoamérica en el curso de la historia ha sido parte de los mayores terremotos que han tenido lugar en el planeta. Basta con mencionar por el lado de la península, el terremoto de Lisboa ocurrido en el año de 1755. Por el lado de Latinoamérica, el terremoto de Chile ocurrido en el año 2010. Estos eventos telúricos y los ocurridos en el resto del mundo han despertado el interés de la comunidad científica en el contexto de desarrollar modelos de prevención o predicción. Los terremotos de acuerdo con la teoría de la fractura elástica pueden anticiparse, la detección temprana de estos fenómenos es posible debido a la energía interna acumulada que es liberada en forma de ondas sísmicas, percibidas por especies sismo-receptoras como *Lumbricus terrestris* Linnaeus. En esta lógica, se propone valorar el potencial de las especie sismo-receptoras en la detección temprana de terremotos. Metodológicamente, el estudio se valió de una amplia revisión de literatura, lo que permitió un acercamiento al estado del arte sobre el objeto de estudio. Se concluye que efectivamente *L. terrestris* es una especie capaz de anticiparse a los terremotos.

**Palabras clave:** Sismo; Comportamiento animal; *Lumbricus terrestris*; Iberoamérica.

## [en] Earthquakes and animals: opportunities and prospective

**Abstract.** Iberoamerican in the course of history has been part of the largest earthquakes that have occurred on the planet. Just mention on the side of the peninsula, the Lisbon earthquake occurred in the year 1755. On the side of Latin America, the earthquake in Chile occurred in 2010. These events and occurred in the rest of the world have awakened the interest of the scientific community in the context of developing prevention or prediction models. Earthquakes according to the theory of elastic fracture can be anticipated; early detection of these phenomena is possible due to the accumulated internal energy that is released in the form of seismic waves received by earthquake-receptor species as *Lumbricus terrestris* Linnaeus. In this logic, it is proposed to assess the potential of this species earthquake-receptor in early detection of earthquakes. Methodologically, the study used a comprehensive review of literature, which allowed an approach to state of the art the object of study. It is concluded that indeed *L. terrestris* is a species able to anticipate earthquakes.

**Key words:** Seism; Animal behaviour; *Lumbricus terrestris*; Iberoamerican.

<sup>1</sup> Universidad Intercultural del Estado de Puebla (México).  
E-mail: [diosey.ramon@uiep.edu.mx](mailto:diosey.ramon@uiep.edu.mx)

<sup>2</sup> Escuela Politécnica Superior de Ingeniería del Diseño. Universidad Politécnica de Valencia (España).  
E-mail: [tmagal@degi.upv.es](mailto:tmagal@degi.upv.es)

## [fr] Séismes et animaux: opportunités et prospective

**Résumé.** Ibéroamérique au cours de l'histoire a fait partie des plus grands tremblements de terre qui se sont produits sur la planète. Il suffit de mentionner sur le côté de la péninsule, le tremblement de terre de Lisbonne a eu lieu l'année 1755. Du côté de l'Amérique latine, le tremblement de terre au Chili a eu lieu en 2010. Ces événements et les tremblements de terre qui se sont produits dans le reste du monde se sont réveillés l'intérêt de la communauté scientifique dans le contexte du développement de modèles de prévention ou de prédiction. Tremblements de terre selon la théorie peuvent être anticipés, la détection précoce de ces phénomènes est possible de fracture élastique, car l'énergie cumulée est libérée sous forme d'ondes sismiques reçus par des récepteurs sismiques comme *Lumbricus terrestris* espèces Linnaeus. Dans cette logique, il est proposé d'évaluer le potentiel de l'espèce récepteur sismique dans la détection précoce des tremblements de terre. Méthodologiquement, l'étude a utilisé un examen exhaustif de la littérature, ce qui a permis une approche de l'état de l'art sur le sujet. On en conclut qu'en effet *L. terrestris* est une espèce capable d'anticiper les tremblements de terre.

**Mots clés:** Tremblement de terre; Comportement animal; *Lumbricus terrestris*; Ibéroamérique.

**Cómo citar.** Lugo-Morin, D.R. y Magal-Royo, T. (2018): Terremotos y animales: oportunidades y prospectiva. *Observatorio Medioambiental*, 21, 63-78.

**Sumario.** 1. Introducción. 2. Los terremotos en el contexto iberoamericano. 2.1. Andes. 2.1.1 Perú. 2.1.2. Chile. 2.1.3. Ecuador. 2.2. Península Ibérica. 3. Portugal y España. 3.1. Especies sismo-receptoras. 3.1.1. Adaptación en anélidos. 3.1.2. *Lumbricus Terrestris*. 4. Discusión de resultados. 5. Conclusión. 6. Bibliografía.

### 1. Introducción

Este estudio tiene como objetivo aproximarnos al estado del arte del potencial de *Lumbricus terrestris* Linnaeus como especie sismo-receptora en el marco de la detección temprana de terremotos. En el mundo más de un millón de terremotos (la mayoría pequeños) ocurren cada año. De la cifra señalada unos 1300 son de magnitud moderada los cuales pueden causar daños menores según el tamaño de la población y sólo un pequeño número (17) de éstos son devastadores con una magnitud que puede superar los 7 Mw. En este contexto, las poblaciones que viven en regiones con alta incidencia de estos fenómenos presentan riesgos significativos (Graham *et al.* 2013). Los terremotos que han ocurrido en los últimos años, particularmente los de Bhuj en la India, la región de Maule en Chile y los más recientes en Nepal y Ecuador, con elevados números de víctimas y pérdidas económicas, son hoy motivo de debate internacional.

El terremoto Bhuj (magnitud 7.7) al final del siglo pasado fue uno de los más devastadores del planeta en términos de muertes (alrededor de 17.000 muertes) y pérdidas económicas (US\$ 4 mil millones). Se le considera el peor desastre natural ocurrido en los últimos 50 años en la India (Vatsa, 2002).

El terremoto de la región de Maule que asoló a Chile en 2010 ocurrió a lo largo de la costa de la Región del Maule el 27 de febrero, alcanzando una magnitud de 8,8 en la escala Mw y tuvo duración aproximada de tres minutos. Es considerado el segundo más fuerte de la historia del país y uno de los cinco más fuertes registrados en el

mundo. Se estima que afectó el 11% de la población total de Chile con grandes pérdidas económicas para el país (CEPAL, 2010).

Entre los más recientes se identifican el terremoto de Nepal (abril 2015) con una magnitud de 7.8 Mw, causó más de 8700 muertes y pérdidas económicas de importancia debido a los niveles de pobreza en el país, mismos que se han acentuado por el desastre natural (OCHA, 2015) y el ocurrido en Ecuador (abril 2016) que causó más de 600 muertes y pérdidas económicas por más de 3 mil millones de dólares americanos.

Los ejemplos previamente descritos apunta a profundizar los estudios sobre el tema, en particular, aquellos orientados a predecir los terremotos. De acuerdo con Hongn y García (2011) han generado preocupación y despertado la curiosidad de la población acerca de las causas y los efectos de los terremotos, y sobre la posibilidad de predecirlos.

De acuerdo con Ismail-Zadeh (2013) en la actualidad se consideran dos métodos de predicción temprana de terremotos. El primero, se basa en el hallazgo y supervisión de un precursor del terremoto (físico, químico o bioseñal que indican que un terremoto se acerca) el comportamiento anómalo del precursor es reportado. El segundo, esta asociados a varias categorías: biológicos (e.g., comportamiento animal anómalo de perros, serpientes, caballos), electromagnético (e.g., cambios en la señal electromagnética), geoquímico (e.g., cambios en la concentración del radón en agua), geodésico (e.g., cambios en la tensión), geoelectrico (e.g., cambios en la conductividad eléctrica de las rocas), hidrológico (e.g., cambios en los niveles del agua perforada). La mayoría de los precursores de detección temprana de terremotos señalados previamente no han sido probados y carecen de estudios para comprobar su efectividad.

Para entender la dinámica sísmica es necesario comprender la tectónica de placas. Según Kleidon (2009); Espindola (2006) y Seyfried *et al.* (1998) la tectónica de placas constituye un movimiento producido por la energía interna del planeta, que se manifiesta en un cambio en la posición relativa de los continentes, separándolos en algunas partes y acercándolos en otros.

Según Bergoing and Protti (2009) cuando dos o más placas tectónicas colisionan de manera continua se genera un proceso subducción. De esta colisión, una placa se subduce bajo la otra produciendo una zona inclinada de sismicidad conocida como zona de Wadati-Benioff, que se sumerge, en algunos casos, hasta 700 km al interior de la Tierra con una inclinación de 40° a 60°, mientras la otra placa asciende dando origen a relieves de tipo cordillera. En el proceso de subducción, cuando la placa alcanza profundidades de 80 a 100 km, los minerales hidratados dejan de ser estables a esas profundidades y temperaturas. Las zonas de subducción son zonas de convergencia, también conocidas como márgenes activas y es donde el vulcanismo y los sismos son los más frecuentes. Estos últimos serán de importancia en el desarrollo de este estudio y un primer acercamiento para entenderlos, es a través de la teoría de la fractura elástica.

La aparición del *Theatrum Orbis Terrarum* en el año 1570 permitió reconocer similitud geométrica de las líneas de costa, similitud verificada por Bullard *et al.*

(1965) y generó las primeras ideas básicas para conformar la disciplina *biogeografía* (Rubdge, 2005). El creador de este mapa fue Abraham Ortelius que logro representar los continentes (Ionescu y Rovithis-Livanious, 2011).

En 1912, Alfred Wegener, describió la deriva continental o movilidad de los continentes como un proceso que habría comenzado hace aproximadamente 200 millones de años y que continuaría en la actualidad (Lavina, 2010). De acuerdo con Wegener (2003) su teoría se sustentaría en: 1) la similitud de fósiles de plantas y animales que se encuentran en diferentes continentes; 2) cadenas montañosas que terminan abruptamente contra el borde de un continente y se continúan con iguales características en otro al juntarlos. Para argumentar esta continuidad, se apoyó en el trabajo de Du-Toit (Rubdge, 2005); 3) la movilidad de masas continentales y iv) rocas del Carbonífero y Pérmico asociadas a glaciares distribuidas en América del Sur, Africa, India, Australia y Antártida.

De acuerdo con estos argumentos, Wegener propuso que en el Carbonífero-Pérmico los continentes habrían formado una única masa continental a la que denominó Pangea (toda la Tierra en una sola masa), supercontinente que incluía a los actuales América (norte y sur), Eurasia (Europa y Asia), Africa, India, Australia y Antártida. Pangea primero se habría separado en dos grandes masas (Laurasia y Gondwana) que habrían continuado fragmentándose y derivando hasta alcanzar sus configuración y posiciones actuales (Hongn y García, 2011; Rabassa, 2010).

La teoría de la fractura elástica es la que mejor explica el proceso de desarrollo de un sismo (Reid, 1911). Según Heck (1942) en esta teoría la tensión va aumentando en la corteza terrestre hasta que vence la resistencia de la masa de la roca, que entonces se quiebra, es decir, las rocas están sometidas a esfuerzos que pueden sufrir deformaciones elásticas, y que pueden acumular esas deformaciones durante decenas de años. Cuando esta deformación supera la resistencia del material, se rompe y se emite de forma instantánea toda la energía acumulada durante esos años, produciendo un terremoto.

## **2. Los terremotos en el contexto iberoamericano**

La península Ibérica y América Latina han demostrado ser susceptibles a la vulnerabilidad sísmica a través de la historia. Para el caso específico de la península mencionaremos tanto a Portugal como España y en el caso de América Latina, los Andes.

### **2.1. Andes**

Con 189 millones de personas que viven en la pobreza y la tasa más alta de la desigualdad en el mundo, está aumentando la vulnerabilidad a los desastres en América Latina. La pobreza obliga a las personas a mudarse a zonas más expuestas a riesgos. Urbanización de áreas no aptas, degradación ambiental y migración irregular

se juntan para crear un coctel mortal de riesgos. En este sentido, es importante resalta la importancia de los Andes.

Los Andes son el producto de la subducción de la placa de Nazca, que se mueve hacia el este por debajo de la placa sudamericana, proceso que se inició durante el periodo Jurásico, produciendo una extrema inestabilidad en forma de intensa actividad sísmica, así como la presencia de una serie de volcanes activos a lo largo de la costa y la sierra andina (Oliver-Smith, 1997). Lo anterior crea un cuadro altamente vulnerable en términos sísmicos para los países que son parte de la región andina como Perú, Chile y Ecuador.

### **2.1.1 Perú**

Perú se fundó en un ambiente definido por tres características fundamentales que interactúan geológica y climatológicamente: el Océano Pacífico, el desierto costero y las cordilleras andinas.

La costa y la sierra peruana, regiones íntimamente ligadas geológica y climatológicamente, se caracterizan entonces por una serie de fuerzas y fenómenos naturales con una potencialidad considerable para la destrucción, siempre y cuando se combinen con poblaciones humanas en condiciones vulnerables. Como ha sido un lugar de habitación humana por más de diez mil años, así como de civilizaciones muy complejas en los últimos cuatro mil años, las formas de adaptación cultural a este dinámico e inestable ambiente, constituyen un asunto fundamental. Aunque estas fuerzas medio ambientales han jugado papeles importantes en el cambio cultural a gran escala en el Perú, el registro arqueológico y etnohistórico revela que los pueblos precolombinos habían desarrollado una serie de adaptaciones relativamente efectivas a las amenazas de la naturaleza, partiendo de que el crecimiento demográfico y la complejidad cultural constituyen medidas de éxito. La capital de Perú, Lima, así como otras provincias han sufrido incontables eventos sísmicos, se tienen registros de eventos sísmicos desde la época de la conquista (Oliver-Smith, 1997).

### **2.1.2. Chile**

Chile es uno de los países más sísmicos de la tierra, en promedio, en los últimos cinco siglos un terremoto destructor de magnitud superior a 8 se ha producido cada 10 años en alguna parte del territorio chileno (Madariaga, 1998).

La actividad sísmica dominante es una consecuencia directa de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Si se excluye la sismicidad superficial de Argentina y Bolivia y de ciertas zonas aisladas en el Centro de Chile prácticamente todos los sismos de Chile se producen ya sea en la zona de acoplamiento entre las placas o en el interior de la placa de Nazca. Se identifican así cuatro diferentes tipos de sismicidad: de la zona exterior a la fosa, de la zona de contacto entre las placas, de extensión en el interior de la placa de Nazca y a más de 40 km de profundidad. Los

sismos más peligrosos del punto de vista del riesgo son naturalmente los grandes terremotos de subducción que alcanzan magnitudes de hasta 9 en diversos puntos del país. Algo menos peligrosos son los terremotos de profundidad intermedia en el interior de la placa de Nazca aunque en Chillán en 1939 o en el Norte de Chile en 1950 sobrepasaron la magnitud 8. Gracias a diversos datos locales y de las redes mundiales se ha podido reconstituir de manera bastante precisa el proceso de ruptura de los dos más grandes terremotos recientes: el del 3 de marzo de 1985 en La Ligua y el del 30 de julio de 1995 en Antofagasta (Madariaga, 1998).

Chile es uno de los países más sísmicos del mundo, donde han ocurrido grandes terremotos en el pasado y con toda seguridad, ocurrirán grandes terremotos en el futuro debido a su ubicación en el “cinturón de fuego del pacífico”. Esta larga experiencia en terremotos cuyas consecuencias afectan la vida de las personas, la infraestructura y los servicios básicos son de importancia debido a que las autoridades competentes sobre el tema están obligados a mejorar continuamente su estrategia de prevención y respuesta con el objeto de mitigar el impacto de estos desastres naturales en la población general y, particularmente, en la más vulnerable (López y Santana, 2011).

### 2.1.3. Ecuador

De acuerdo con Yepes *et al.* (1994) y Rivadeneira *et al.* (2007) Ecuador tiene una larga historia de actividad sísmica que, en los últimos 460 años, ha provocado la destrucción de ciudades enteras como Riobamba en 1797 o Ibarra en 1868 y la muerte de más de 60.000. Más recientemente podemos citar los terremotos ocurridos en Ambato (1949), Esmeralda (1979), Reventador (1987), Macas (1995), Bahía (1998) y Manabí (2016). Todos con graves secuelas sociales, psicológicas y económicas para la población de las regiones más afectadas.

La posición de Ecuador en la costa oriental del océano pacífico lo hace parte del llamado “cinturón de fuego del pacífico”. Zona del planeta que ha tomado esta denominación debido a que es la región más susceptible de experimentar los efectos de terremotos y erupciones volcánicas. Esto se debe a que se presentan cambios continuos en la superficie del planeta por la interacción de las placas tectónicas. A nivel mundial, se estima que en las zonas de subducción se libera la mayor cantidad de energía sísmica (alrededor de un 80%) (Rivadeneira *et al.* 2007).

El estudio de Ortiz (2013) muestra que los principales sistemas de fallas son oblicuos a los Andes ecuatorianos, comenzando en el Golfo de Guayaquil (Falla Pallatanga) y cortando las cordilleras hacia el borde este de la Cordillera Real (Falla Chingual) en el norte de Ecuador. Estas dos principales fallas muestran importantes características cinemáticas y morfología de movimiento de desgarre y probablemente son responsables de los principales terremotos históricos en Ecuador.

## 2.2. Península Ibérica

### 2.2.1 Portugal y España

Actualmente, el estudio de los movimientos de ladera sismo-inducidos en la Península Ibérica ha sido abordado desde múltiples aproximaciones: (1) en el marco de estudios de Tectónica Activa, (2) el análisis de inestabilidades concretas, (3) la elaboración de mapas previsores, y (4) la realización de inventarios asociados a eventos sísmicos concretos (Delgado *et al.* 2013).

Los estudios previos, fueron base de la propuesta de López y Peláez (2002) con un modelo de peligrosidad sísmica para la península Ibérica. Los autores consideran como zona de alta peligrosidad el S y SW de Portugal, incluyendo la zona litoral del Algarve y del Bajo Alentejo, junto con la zona de Setúbal-Lisboa. Zonas de peligrosidad sísmica moderada serían el tercio Central y S de Portugal, la mitad W de la provincia de Badajoz, la Depresión del Guadalquivir y la mayor parte de los Sistemas Béticos, las provincias de Murcia y Alicante, y S de Valencia, prácticamente toda la zona Pirenaica y entorno, así como la zona SW de Galicia.

De acuerdo con López y Peláez (2002) la peligrosidad de la península es derivada del potencial sísmico de la falla Azores-Gibraltar. Esta misma falla probablemente fue responsable del terremoto de Lisboa de 1755.

Sólo en Lisboa acabó con la vida de entre 50.000 y 90.000 habitantes de los 250.000 que tenía la ciudad; pero en España produjo al menos 1.275 muertos y cuantiosos daños. En Sevilla hubo nueve víctimas, dañó el 89% de las viviendas y afectó a la Giralda. El maremoto posterior destruyó numerosas poblaciones del Algarve y afectó gravemente a las costas de Marruecos, Huelva y Cádiz

A manera de síntesis, tenemos que la ocurrencia de un terremoto en una zona sísmica puede o no convertirse en un desastre con pérdidas de vidas humanas, la acción de los seres humanos puede ser factor determinante. Si en una zona de antecedentes sísmicos tuviéramos la certeza de la proximidad de un terremoto, las poblaciones tomarían las previsiones necesarias para evitar tanto pérdidas humanas como materiales. En Iberoamérica las respuestas a los eventos sísmicos por lo general se han enfocado a la atención en las intervenciones post-desastre en situaciones de emergencia y, en particular, en las labores de rehabilitación y reconstrucción de viviendas e infraestructura física. Las respuestas no convencionales son escasas debido a una agenda de investigación mal enfocada lejos de la prevención y la detección temprana de los terremotos. De acuerdo con Buskirk *et al.* (1981); Chen *et al.* (2015) el conocimiento de las capacidades sensoriales de los animales puede sugerir una estrategia fundamental para la detección de precursores de terremotos. En ese sentido, se propone profundizar en el uso de especies sismo-receptoras.

### 3. Especies sismo-receptoras

La teoría de las placas tectónicas sustenta suponer que los terremotos han existido desde hace miles de años, de manera simultánea este fenómeno a co-existido con los primeros animales terrestres, situación que ha generado un lento pero efectivo proceso adaptativo. La adaptación es un término biológico, referido según Bechyne (1980) al ensamble de las modificaciones de los órganos, tanto en su forma como en su función, por los cuales los seres vivos logran armonizar con sus condiciones de existencia.

De acuerdo con Bechyne (1980) en cada ser vivo, existe, por una parte, un estado de adaptación general y, por otra parte, una adaptación orgánica. La primera, consiste en que todo ser vivo, en su ensamblaje, se encuentra forzosamente en un estado de adaptación necesaria y suficiente, cuya realidad aparece en el hecho de que el ser vivo existe: cada ser vivo está adaptado porque está vivo. La segunda, constituye una acción ante las condiciones de vida, que exige la modificación de ciertos órganos o del ensamble de ellos mismos, para cumplir una determinada función que permitirá a los seres vivos existir. Las ideas de Bechyne se ajustan a los postulados de Lamarck (1971), el cual destaca dos mecanismos adaptativos: i) Ley del uso/desuso o especialización funcional. Esta ley sugiere que si se usan más unas partes del cuerpo u órganos, éstos se van a fortalecer, agrandar y perfeccionar; en cambio, lo que no se use, se va a debilitar, atrofiar y a reducir en tamaño y ii) Ley de herencia de caracteres adquiridos. Esta ley es complementaria con la anterior, pues supone que el resultado del uso o del desuso de las partes, es decir, el perfeccionamiento o la reducción, respectivamente, se heredan y si esta tendencia se mantiene por varias generaciones, entonces se generarán nuevas estructuras, quizás con nuevas funciones y se perderán definitivamente otras.

El planteamiento previo sustenta que las especies animales que tienen su habitat en el subsuelo han desarrollado especializaciones funcionales para recibir o emitir vibraciones u ondas sísmicas como canales de comunicación. Mason and Narins (2001) sostiene que la rata topo *Georychus capensis* usa las vibraciones como medio de comunicación a grandes distancias, el abordaje teórico de los autores incluye los temas de comportamiento y anatomía en un intento por explicar la distribución de los mecanismos de la sensibilidad y de la comunicación sísmica entre los mamíferos fosoriales.

Un estudio reciente de una especie del pérmico reveló la posible sensibilidad sísmica del oído medio y una sensibilidad reducida al ruido ambiental (aéreo) (Laaß, 2015). Por otra parte, Nevo *et al.* (1991) and Hill (2001) señalan que la vibración a través del suelo ha sido probablemente de importancia para los animales como un canal de comunicación que data de millones de años.

Otros grupos de vertebrados con hábitats en la superficie utilizan señales vibratorias o sísmicas, los autores identifican entre las especies más destacadas: murciélagos, búhos, aves, serpientes y ranas. Estos animales parecen confiar en la superficie para transmitir señales vibratorias (ondas Rayleigh), el mecanismo para la detección de estas señales reside tanto en el epitelio sensorial del oído interno y en sus



estructuras sensoriales asociados a las ventajas de las propiedades de respuesta multimodales de las células ciliadas sensoriales (Hartline, 1971; Narins, 2001). Otro grupo de interés es el insecta, el trabajo de Coccoft and Rodríguez (2005) muestra los avances en la transmisión de señales vibratorias.

La capacidad de los animales de detectar vibraciones posibilita múltiples aplicaciones, entre ellas, la detección de terremotos. Los mecanismos estructurales y funcionales requeridos para recibir y traducir la información contenida en las vibraciones parecen ser ubicuos por lo menos en vertebrados y artrópodos (Virant-Doberlet and Cokl, 2004; Fletcher, 2007; Hill, 2009). En la actualidad la preocupación por entender nuestro entorno ha crecido de manera importante, la forma en que los animales perciben el ambiente es objeto de interés por sus múltiples aplicaciones científicas (Wingfield, 2015).

### 3.1. Adaptación en anélidos

El phylum anélido es sistemática y ecológicamente importante. Es un phylum animal altamente diverso que incluye más de 15.000 especies descritas y constituye la macrofauna bentónica dominante desde la zona intermareal hasta el mar profundo (Struck *et al.* 2011; Liu *et al.* 2015).

La filogenia de los anélidos actualmente se centra en los orígenes de la segmentación, el celoma y  $\beta$ -chitinous chaetae. Sin embargo, la evolución anélida sigue siendo controvertida. Tradicionalmente se clasifican en dos grandes grupos: Polychaeta y Clitellata. Se estima que el Cámbrico fue un período de considerable diversificación taxonómica entre los anélidos (Riggs, 1991; Liu *et al.* 2015).

De acuerdo a una robusta filogenia anélida, construida por evidencia molecular (Struck *et al.* 2011), el último ancestro común de los anélidos poseía un par de palpos anteriores ranurada (funcionado tanto en la recolección de alimentos y la percepción sensorial), ojos y órganos bicelular nugal como órganos sensoriales (Struck *et al.* 2011).

Asimismo, reconstrucciones ancestrales indican que los anélidos muestran la adaptación en dos subtipos; tanto en los Errantia (Platynereis) como en Sedentaria (Clitellata), estos procesos adaptativos en los rasgos morfológicos (e.g. movimiento peristáltico, parapodios y la percepción sensorial) (Struck *et al.* 2011). En este orden de ideas, Wechsler (1995); Vermeij and Dietl (2006) sugieren que estas estrategias han sido moldeadas por la evolución como adaptaciones a situaciones adversas que se enfrentan los animales en su ambiente natural.

#### 3.1.2. Lumbricus Terrestris

*Lumbricus terrestris* (Fig. 1) fue la primera lombriz de tierra descrita por Carl Linnaeus en su Sistema Natural (1758) (Blakemore, 2013). Las lombrices de tierra se clasifican dentro del phylum Anélida, clase Clitellata, subclase Oligoquetos, orden Opisthophora (Hendrix and Bohlen, 2002). Según Gates (1982); Jamieson (1988);

Righi (1995); Plisko (2013); Csuzdi *et al.* (2015) existen al menos 13 familias en todo el mundo (Tabla I). Para profundizar en los detalles de cada una de las familias expuestas en la Tabla I, consultar (acceso libre: <http://earthworm.uw.hu/>) la base de datos desarrollada por Csuzdi (2012).

Figura 1. Ejemplar de *Lumbricus Terrestris*.



Las poblaciones de *L. Terrestris* son dinámicas y sus individuos poseen una alta diversidad genética (Richter, 2009), permitiéndoles posicionarse en la mayoría de los ecosistemas terrestres del planeta (Crumsey *et al.* 2014; Szederjesi, 2015; Ransom and Billak, 2015; Carnovale *et al.* 2015). En la actualidad el empleo de técnicas novedosas de monitoreo permite constatar la amplia distribución de *L. Terrestris* aspecto que facilitará su uso y aplicación en el futuro (Thomsen and Willerslev, 2015).

Tabla 1. Principales familias de *Oligochaeta* y sus regiones de origen.

<b>Familia</b>	<b>Region de origen</b>
Ocneroдрilidae	Suramérica, Centroamérica, Africa, Asia, Madagascar
Eudrilidae	Africa
Kynotidae	Madagascar
Komarekionidae	Norteamérica
Ailoscolecidae	Europa
Microchaetidae	Africa
Hormogastridae	Mediterráneo
Glossoscolecidae	Suramérica, Centroamérica
Lumbricidae	Norteamérica, Europa
Megascolecidae	Norteamérica, Suramérica, Centroamérica, Oceania, Asia, Africa, Madagascar
Tumakidae	Suramérica
Tritogeniidae	Africa
Acanthodrilidae	Africa

Fuente: Gate (1982); Jamieson (1988); Righi (1995); Plisko (2013); Csuzdi *et al.* (2015)

Un estudio realizado por Mitra *et al.* (2009) registro las vibraciones que se transmiten a través del suelo usando lombrices de tierra. El trabajo discute la hipótesis que explica el significado adaptativo de las lombrices que emergen en respuesta a las vibraciones.

Las respuestas de las lombrices a vibraciones o técnicas similares no se han examinado experimentalmente. Las vibraciones no han sido registradas, y la relación entre las vibraciones y la aparición de lombrices no se ha documentado. En la hipótesis de trabajo señalada previamente, se realizaron experimentos en los bosques del Parque Nacional de Apalachicola en el Condado Libertad, Florida, EE.UU., en el terreno los autores generaron vibraciones a una profundidad de 30 cm golpeando una estaca de madera en sinergia con metal (las frecuencias generadas fueron menores a 500 Hz). Lugares específicos dentro de cada sitio fueron evaluados para determinar la presencia o ausencia de las lombrices de tierra, y si se observaron las lombrices de tierra en la superficie (El tamaño de las lombrices osciló entre 7 y 30 cm de

longitud). La inspección visual de la zona de ensayo antes de las vibraciones inducidas indicó que no habían lombrices visibles en la superficie del suelo (Mitra *et al.* 2009).

Las lombrices de tierra, por razones que no pueden comprenderse, emergen de la tierra y entran en pánico cuando las vibraciones inundan su entorno. La tortuga de madera (*Clemmys insculpta*) aparentemente ha aprendido a sacar provecho de esta debilidad de las lombrices. También lo han hecho algunas gaviotas y chorlos. De hecho, algunos humanos se ganan la vida con esta técnica de captura de las lombrices de tierra (Kaufmann, 1989). Por otra parte, el testimonio de una habitante de la ciudad de Pereira, comenta lo siguiente: “El 22 de febrero de 2010 observe con extrañeza que en el lombricultivo que poseo, cerca de la ciudad colombiana de Pereira, Risaralda miles de lombrices salieron desesperadas al sol, cosa que nunca lo había visto, me parece un comportamiento extraño, quisiera saber que pasa y si es posible que pueda presentarse un sismo en los días siguientes, quisiera estar preparada y preparar a las personas de lo que pueda suceder. Días después de lo señalado por Fernanda ocurre el terremoto de Chile el 27 de febrero” (Fernanda, Pereira, febrero de 2010).

#### 4. Discusión de resultados

Los hallazgos derivados del análisis de la revisión realizada sugieren que la percepción de las vibraciones sísmicas son atributos de ciertos animales producto de procesos adaptativos como resultado de miles de años de evolución. Estos animales fueron desarrollando especializaciones funcionales que les permitieron adaptarse a su entorno, en este particular, se encuentran las *L. terrestris* que desde largos periodos de supervivencia han podido adaptarse en el subsuelo y a sus complejas interacciones.

El estudio de Mitra *et al.* (2009) mostró que las lombrices de tierra responden a las vibraciones sísmicas inducidas, existiendo una correlación entre intensidad/Nº de lombrices que emergen. Lo anterior, sustenta decir que las *L. terrestris* son sensibles a las ondas sísmicas que se transmiten en el subsuelo y que de acuerdo a la intensidad de dichas ondas, el comportamiento puede variar.

Los estudios sobre la temática y los testimonios documentados previamente, posibilitan que los atributos de sensibilidad que despliegan las *L. terrestris* ante situaciones adversas, amenazas o de estrés ambiental son innegables, sin embargo, la comprensión de esta estrategia adaptativa está aún en debate y se precisa de más estudios que permitan un mejor entendimiento del fenómeno.

#### 5. Conclusión

Los terremotos de acuerdo con la teoría de la fractura elástica parecen generarse con cierta anticipación, la detección temprana de estos fenómenos es posible debido a la energía interna acumulada que es liberada en forma de ondas sísmicas. Son estas

ondas, las que ciertos animales debido a sus especializaciones funcionales adquiridas por adaptación reciben y son interpretada como información de alerta, en este particular, destaca *L. terrestris* especie con una amplia distribución y diversidad genética, que responde a las ondas sísmicas con anticipación.

A pesar de que los atributos *L. terrestris* han sido reportados en investigaciones y testimonios los resultados no han sido debidamente aplicados en el campo. Cada año cientos de terremotos ocurren generando incontables víctimas y pérdida materiales, situación que se podría evitar si pudiésemos detectarlos con anticipación. El uso de la estrategia adaptativa de *L. terrestris* es una opción real debido a que es posible la construcción de un biodispositivo prototipo que permita la detección temprana de los terremotos.

El análisis realizado es preliminar debido a que faltan interrogantes por responder: tiempo de anticipación a un terremoto o frecuencias de detección. Lo anterior sugiere articular una agenda de investigación que permita avanzar en la temática abordada.

## 6. Bibliografía

- Bechyne, J. 1980. El jeannelismo y la evolución: concepto de las leyes orgánicas sin excepción. Maracay: Ed. Grafindustrial Aragua.
- Blakemore, R. 2013. Restoration of london type of first earthworm –*lumbricus terrestris* linnaeus, 1758 (annelida: oligochaeta: lumbricidae), and setting aside of a ‘neo-neotype’, *Opuscula Zoologica* 44 (2): 211-212.
- Bullard, E.; Everett, J. & Smith G. 1965. The fit of the continents around the atlantic. *Philosophical transactions of the royal Society of London. Series a, Mathematical and Physical* 258 (1088): 41-51.
- Buskirk, R.; Frohlich, C. & Latham, G. 1981. Unusual animal behavior before earthquakes: a review of possible sensory mechanisms. *Reviews of Geophysics and Space Physics.* 19 (2): 247-270
- Carnovale, D.; Bak G.; Bissett A. & Thrall, P. 2015. Earthworm composition, diversity and biomass under three land use systems in south-eastern australia, *Applied Soil Ecology* 90: 18-25.
- CEPAL (2010). Terremoto en chile. Documento de trabajo. Santiago: CEPAL.
- Chen, D.; Hsiao, N.; & Wu, Y. 2015. The Earthworm Based Earthquake Alarm Reporting System in Taiwan. *Bulletin of the Seismological Society of America* 105: 1-12.
- Cocroft, R. & Rodríguez, R. 2005. The behavioral ecology of insect vibrational communication. *Bioscience* 55 (4): 323-334.
- Crumsey, J.; Le Moine j.; Vogel C. & Knute N. 2014. Historical pattern of exotic earthworm distributions inform contemporary associations with soil physical and chemical factors across a northern temperate forest, *Soil Biology and Biochemical* 68: 503-514.
- Csuzdi, C. 2012. Earthworm species, a searchable database. *Opuscula Zoologica* 43 (1): 97-99.

- Csuzdi, C.; Sherlock, E.; Talla Kouete, M. & Doherty-Bone, T. 2015. Four new earthworm species from the highlands of cameroon with description of a new genus *okudrilus* gen. N. (oligochaeta: eudrilidae & acanthodrilidae). *African Invertebrates* 56 (1): 25-38.
- Delgado, J.; Fonseca, F. & Vaz, T. 2013. Movimientos de ladera inducidos por terremotos en España y Portugal. *Cuaternario y Geomorfología*, 27 (3-4): 5-32
- Espíndola, J. 2006. *Tectónica de placas*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fletcher, L. 2007. Vibrational signals in gregarious sawfly larva (*perga affinis*): group coordination or competitive signaling? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61 (12): 1809-1821.
- Gate, G. 1982. Farewell to north america megadriles. *Megadrilologica* 4 (1-2): 12-77.
- Graham, L.; Gregg C. & Johnston, D. 2013. Early warning systems. *Encyclopedia of Natural Hazards*, 207-208.
- Hartline, P. 1971. Physiological basis for detection of sound and vibration in snakes. *Journal of Experimental Biology* 54: 394-371.
- Heck, N. 1942. Problemas sismológicos de la américa del sur. *Revista Geográfica* 4/5/6: 5-16.
- Hendrix, P. & Bohlen, P. 2002. Exotic earthworm invasions in north america: ecological and policy implications. *Bioscience* 52 (9): 801-811.
- Hill, P. 2001. Vibration and animal communication: a review. *American Zoologist* 41 (5): 1135-1142.
- Hill, P. 2009. How do animals use substrate-borne vibrations as an information source. *Naturwissenschaften* 96: 1355-1371.
- Hongn, F. & García V. 2011. Tectónica de placas. Teoría integradora de las ciencias de la tierra. *Temas BGNoa* 1 (1): 21-31.
- Ionescu, D. & Rovithis-Livanious, E. 2011. The map of dacia by Abraham Ortelius. *Romanian Astronomical Journal* 21 (2): 1-8.
- Ismail-Zadeh, A. 2013. Earthquake prediction and forecasting. *Encyclopedia of Natural Hazards*, 225-231.
- Jamieson, B. 1988. On the phylogeny and higher classification of the oligochaeta. *Cladistic* 4 (4): 367-401.
- Kaufmann, J. 1989. The wood turtle stomp, *Natural History* 8:8-11
- Kleidon, A. 2009. Nonequilibrium thermodynamics and maximum entropy production in the earth system. *Naturwissenschaften* 96: 653-677.
- Laaß, M. 2015. Bone-conduction hearing and seismic sensitivity of the late permian anomodont *kawingasaurus fossilis*. *Journal of Morphology* 276 (2): 121-143.
- Lamarck, J-B. 1971. 1809. *Filosofía zoológica*. Barcelona: Mateu
- Lavina, E. 2010. Alfred Wegener e a revolução copernicana da geología. *Revista Brasileira de Geociências* 40(2): 286-299.
- Liu, J.; Ou, Q.; Jian H.; Jinshu L.; Yichen W.; Guoxiang J. & Tongjiang H. 2015. Lower cambrian polychaete from china sheds light on early annelid evolution. *Naturwissenschaften* 102: 1-7.
- López, C. & Peláez, J.A. 2002. Peligrosidad sísmica en la Península Ibérica. *Revista Española de Física*, 16 (4): 29-32.

- López, E. & Nazarit, P. S. 2011. El terremoto de 2010 en Chile: respuesta del sistema de salud y de la cooperación internacional. *Revista Panam Salud Publica*, 30 (2): 160–6
- Madariaga, R. 1998. Sismicidad en Chile. *Física de la Tierra*, 10: 221-258.
- Mason, M. & Narins, P. 2001. Seismic signal use by fossorial mammals. *American Zoologist* 41: 1171-1184.
- Mitra, O.; Callahan M.; Smith M. & Yack, J. 2009. Gruting for worms: seismic vibrations cause diplocardia earthworms to emerge from the soil, *Biology Letter* 5: 16-19.
- Narins, P. 2001. Vibration communication in vertebrates. In: *ecology of sensing*. Barth Friedrich & Axel Schmid (eds.), pp. 127-148. California: Springer Berlin Heidelberg.
- Nevo, E.; Heth G. & Pratt, H. 1991. Seismic communication in a blind subterranean mammal: a major somatosensory mechanism in adaptive evolution underground. *Proceeding of the National of Sciences of the United States of America* 88: 1256-1260.
- OCHA 2015. Nepal: earthquake 2015. Situation report n° 20. Nepal: OCHA.
- Oliver-Smith, A. 1997. El terremoto de 1746 de lima: el modelo colonial, el desarrollo urbano y los peligros naturales. 102-124. En *Historia y desastres en América Latina*. García Virginia (Coord.). Vol. II. Ciudad de Panamá: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina-CIESAS.
- Ortiz, O. C. 2013. Sismotectónica y peligrosidad sísmica en Ecuador. Tesis de Master. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Plisko, J. 2013. A new family Tritogeniidae for the genera Triogenia and Michalakus earlier accredited to the composite Microchaetidae (annelida: oligochaeta). *African Invertebrates* 54 (1): 69-92.
- Rabassa, J. 2010. Gondwana paleolandscapes: long-term landscape evolution, genesis, distribution and age. *Geociencias* 29 (4): 541-570.
- Ransom, T. & Billak, B. 2015. Differences in soil characteristics between field and forest may influence the distribution of an invasive earthworm, *Invertebrate Biology* 134 (1): 78-87.
- Reid, H. F. 1911. The elastic-rebound theory of earthquakes. *Bulletin of the Department of Geology* 6 (19): 413-444.
- Richter, K. 2009. Genetic structure in european populations of the earthworm lumbricus terrestris. Kassel: Kassel University Press GmbH.
- Riggs, A. 1991. Aspects of the origin and evolution of non-vertebrate hemoglobins. *American Zoologist* 31 (3): 535-545.
- Righi, G. 1995. Columbian earthworms. In *studies in tropical andean ecosystems*, pp. 484-607. Hammen, T. and Santos, A. (eds.). Berlin: J. Cramer.
- Rivadeneira, F.; Segovia, M.; Alvarado A.; Egred J.; Troncoso L.; Vaca S. & Yepes H. 2007. Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador. Quito: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional-Corporación Editora Nacional.
- Rubidge, B. 2005. 27th du toit memorial lecture: re-uniting lost continents-fossil reptiles from the ancient karoo and their wanderlust. *South African Journal of Geology* 108 (1): 135-172.
- Seyfried, H.; Worrier, G.; Uhlig, D.; Kohler, I. & Calvo, C. 1998. Introducción a la geología y morfología de los andes en el norte de Chile. *Chungará* 30 (1): 7-39.
- Struck, T.; Paul C.; Hill N.; Hartmann S.; Hösel C.; Kube M.; Lieb B.; Meyer A.; Tiedemann R.; Purschke G. & Bleidorn C. 2011. Phylogenomic analyses unravel annelid evolution. *Nature* 471:95–98.

- Szederjesi, T. 2015. New earthworm records from various parts of Greece (oligochaeta: lumbricidae, acanthodrilidae, megascolecidae, ocnodrilidae), *Opuscula Zoologica* 46 (1): 143-152.
- Thomsen, P. & Willerslev, E. 2015. Environmental DNA: an emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation* 183: 4-18.
- Vatsa, K. 2002. Reducing earthquake losses: towards a national perspective. *Economic and Political Weekly* 37 (16): 1503-1507.
- Vermeij, G. & Dietl, G. 2006. Majority rule: adaptation and the long-term dynamics of species, *Paleobiology* 32 (2): 173-178.
- Virant-Doberlet, M. & Cokl, A. 2004. Vibrational communication in insects. *Neotropical Entomology* 33 (2): 121-134.
- Wechsler, B. 1995. Coping and coping strategies: a behavioural view, *Applied Animal Behaviour Science* 43 (2): 123-134.
- Wegener, A. 2003. The origins of continents. *Geologische Rundschau* 3: 276-292.
- Wingfield, J. 2015. Coping with change: a framework for environmental signals and how neuroendocrine pathways might respond. *Frontiers in Neuroendocrinology* 37: 89-96.
- Yepes, H.; Chatelain, J. & Bertrand G. 1994. Estudio del riesgo sísmico en el Ecuador. Conference Paper. pp.: 161-164. Consultado: 2 Noviembre 2015. Disponible:[http://www.researchgate.net/publication/236143718\\_Estudio\\_del\\_riesgo\\_sismico\\_en\\_el\\_Ecuador](http://www.researchgate.net/publication/236143718_Estudio_del_riesgo_sismico_en_el_Ecuador).