

**ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN  
COSTA RICA DURANTE EL 2010 Y RESUMEN DE  
LOS EVENTOS SÍSMICOS MÁS IMPORTANTES  
PRESENTADOS EN COSTA RICA DE 1983 – 2012**

ANALYSIS OF SEISMIC ACTIVITY IN COSTA RICA  
DURING 2010 AND SUMMARY OF MAJOR SEISMIC  
EVENTS IN COSTA RICA FROM 1983 TO 2012

*Juan Segura Torres<sup>1</sup>*

*Ronnie Quintero Quintero<sup>2</sup>*

*Billy Burgoa Rosso<sup>3</sup>*

*Walter Jiménez Urrutia<sup>4</sup>*

*Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica*

- 
- 1 Académico, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: jsegura@una.cr
  - 2 Académico, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: rquinter@una.cr
  - 3 Académico visitante. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: billyburgoa@yahoo.com
  - 4 Bachiller en Geografía, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: wjimen@una.cr

Fecha de recepción: 30 de julio de 2013  
Fecha de aceptación: 19 de setiembre de 2013

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar la actividad sísmica registrada por la red sismográfica del OVSICORI-UNA en el año 2010; además de recopilar información de los sismos más importantes sentidos por la población del país desde 1984. Para la localización de los sismos se usaron los arribos de las ondas de P y S; así como los primeros impulsos y las formas de onda para analizar características de la fuente sísmica. A causa del proceso de subducción de la Placa del Coco por debajo de la placa Caribe, se produjeron dos sismos de magnitudes 6.2 y 6.1 MI al suroeste de Puerto Quepos y otro de 5.3 MI en la entrada del Golfo de Nicoya; éstos no generaron daños pero fueron sentidos fuerte por la población. Se localizaron dos enjambres sísmicos corticales; uno en las vecindades del Volcán Irazú, con magnitud máxima de 3.2 MI y el segundo, en agosto de 2010 en Ujarrás y Durika de Buenos Aires, Puntarenas, con magnitudes entre 2.9 y 4.0 MI. Otra zona que estuvo activa sísmicamente fue el punto de unión entre las placas de Nazca, Coco y Bloque de Panamá; en las afueras de Punta Burica. En total 107 sismos fueron sentidos por la población y más de 4000 sismos fueron registrados por la red sísmica de OVSICORI-UNA a lo largo del 2010. Los datos sísmicos históricos muestran que la magnitud máxima alcanzada ha sido de Mw 7.6 e intensidades de IX grados en la escala Mercalli Modificada.

**Palabras clave:** Costa Rica, sismicidad 2010, localización sísmica, placas tectónicas, terremotos

## ABSTRACT

The goal of this work is to analyze the seismic activity recorded by the OVSICORI-UNA seismic network in 2010; we also gathered information of the main events felt since 1984. The earthquake location is made using P- and S- arrivals, and source parameters are characterized using polarities and waveforms. The subduction process of the Cocos tectonic plate beneath the Caribbean one caused two important earthquakes of magnitudes 6.2 and 6.1 MI in the southwest of Puerto Quepos, and another one of magnitude 5.3 MI at the entrance of the Nicoya Gulf. None of earthquakes caused any damage but were felt strongly by the population. In addition, two seismic swarms occurred in 2010. The first one struck the vicinity of the Irazu Volcano in the month of July, with a maximum magnitude of 3.2 MI. The second one hit Ujarras and Durika of Buenos Aires in the province of Puntarenas with magnitudes between 2.9 to 4.0 MI. The triple junction zone among the Nazca, Cocos plate and the Panama block was also a scene of important seismic activity during 2010. In general, the Costa Rican population felt approximately 107 earthquakes while 4000 earthquakes were recorded by the OVSICORI-UNA's seismic network during 2010. The historical records show that the strongest earthquake in Costa Rica reached a magnitude of Mw 7.6 and intensity of IX in the Mercalli Modified Scale.

**Keywords:** Costa Rica, Seismicity in 2010, Earthquake Location, Tectonic Plates, Major Earthquakes

## Introducción

El Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional (OVSICORI-UNA), es un Instituto de Investigación Universitaria dedicado a la investigación de los volcanes, los sismos y otros procesos tectónicos, con el propósito de encontrar aplicaciones útiles a la sociedad que ayuden a mitigar los efectos adversos de esos eventos al

desarrollo económico y social. Una parte importante de su esfuerzo está orientado a observar y documentar la actividad sísmica, volcánica y la deformación cortical que a su vez, retroalimenta a las actividades investigativas del instituto.

En 1984, el OVSICORI-UNA inicia la operación de una red sismográfica, diseñada para dar seguimiento a la actividad sísmica y volcánica en todo el territorio nacional. Actualmente la red sismográfica cuenta con un sistema de registro analógico y otro digital. Este último permite el análisis en línea de las señales sísmicas por medios digitales, lo que hace más expedito el análisis de las señales y su interpretación. También realiza investigación acerca de la deformación tectónica de la corteza terrestre, asociada a la ocurrencia de grandes sismos en Costa Rica. Los estudios de deformación son conducidos por geodestas y sismólogos, utilizando instrumental geodésico convencional como distanciómetros y teodolitos de precisión, o de alta tecnología como es el caso de los sistemas de posicionamiento global con satélite (GPS).

Tras 29 años de trabajo de la red sismográfica, las bases de datos del OVSICORI-UNA, se han constituido en un recurso de mucha utilidad, para realizar estudios de zonificación de la amenaza sísmica, vigilancia volcánica, en trabajos de los planes reguladores que impulsan los gobiernos locales y en el ordenamiento territorial nacional.

Este ente mantiene en operación y en tiempo real una red sísmica nacional, la cual está compuesta de instrumentos de período corto Ranger (SS-1), de banda ancha (BA) del tipo: Guralp (CMG-6TD), Streckeisen (STS2), Nanometrics (Trillum 240 y Trillum compactos), acelerómetros SMA y FBA. Los datos son transmitidos en tiempo real, desde diferentes sitios ubicados en todo el país hasta el instituto, localizado en el campus central de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. En estos momentos, se está modificando la red analógica por una de banda ancha digital, la cual tendrá alrededor de 35 estaciones, con cobertura nacional. Esta red de banda ancha, contiene instrumentos de movimiento fuerte (acelerómetros), débiles (sismómetros) y de desplazamiento en frecuencias bajas por medio de GPS.

El instituto, publicó catálogos sísmicos desde 1984 hasta 1991, que describen la actividad sísmica durante todo el año. En los últimos tiempos se realizan publicaciones de las localizaciones sísmicas en la página web

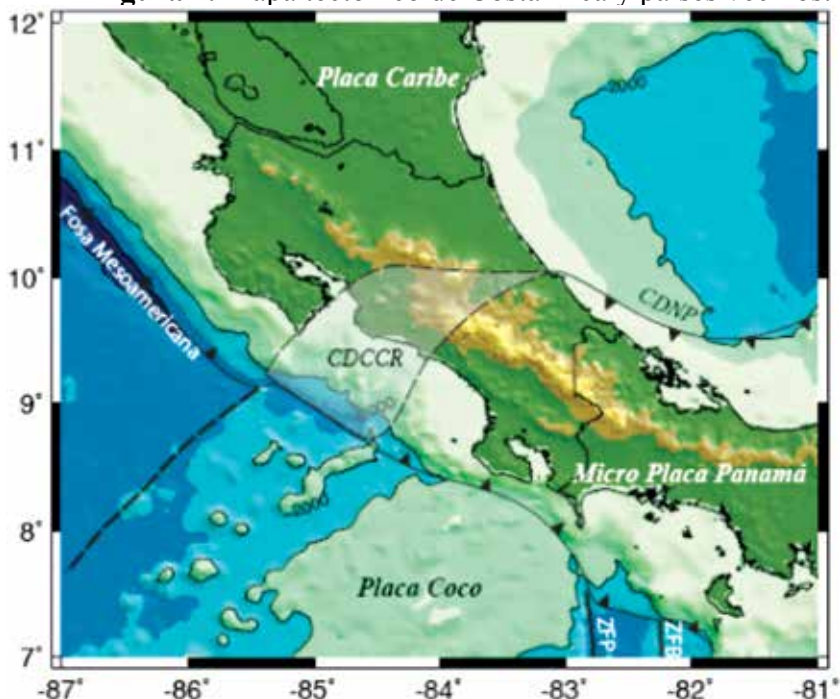
([www.ovsicori.una.ac.cr](http://www.ovsicori.una.ac.cr)). Se reportan los sismos sentidos por la población y que son reportados al personal del observatorio; esta información es enviada a las autoridades gubernamentales nacionales y en especial a la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y atención de Emergencias (CNE). La información es también enviada a todo el personal del OVSI-CORI a través de sus teléfonos celulares y se dividen en grupos de tres o cuatro personas; estos grupos cuentan con un rol de disponibilidad permitiendo el contacto con la CNE en cualquier momento.

Los datos de localización sísmica proveen la información inicial, que es incorporada y ordenada en bases de datos que luego de ser interpretadas, permiten definir las zonas sísmicas del país y las características de las fuentes, así como estudiar las propiedades del medio donde pasan las ondas sísmicas y las propiedades locales donde se ubican las estaciones.

### **Tectónica Regional**

Costa Rica está localizada en el sur de América Central y forma parte de la placa Caribe y de la Microplaca de Panamá o Bloque de Panamá, es una zona sismotectónica muy activa. Se caracteriza por la interacción de las placas Cocos, Nazca, Caribe y Microplaca de Panamá. La placa del Coco está siendo sumergida con una dirección N25°-30°E bajo la placa Caribe y Bloque de Panamá. La velocidad relativa de convergencia es de 9.3 cm/yr en el sureste de Costa Rica hasta 8.3 cm/yr en el noroeste de Costa Rica (De Mets et al., 1990). Al sureste de Costa Rica la Microplaca de Panamá limita e interactúa con las placas del Coco y Nazca. La región central de Costa Rica se ubica en la zona límite entre la placa Caribe y la Microplaca de Panamá, la zona se conoce como el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (*Fan et al.*, 1993, *Goes et al.*, 1993, *Marshall et al.*, 2000) (ver figura 1).

**Figura 1.** Mapa tectónico de Costa Rica y países vecinos.



CDNP= Cinturón deformado del Norte de Panamá;

ZFP= Zona de fractura de Panamá.

ZFB= Zona de Fractura de Balboa;

CDCCR= Cinturón deformado del Centro de Costa Rica.

Se indica por líneas punteadas la frontera de corteza oceánica formada en la Dorsal del Pacífico y el Centro de Expansión Coco-Nazca (ver Meschede and Barckhausen, 2000).

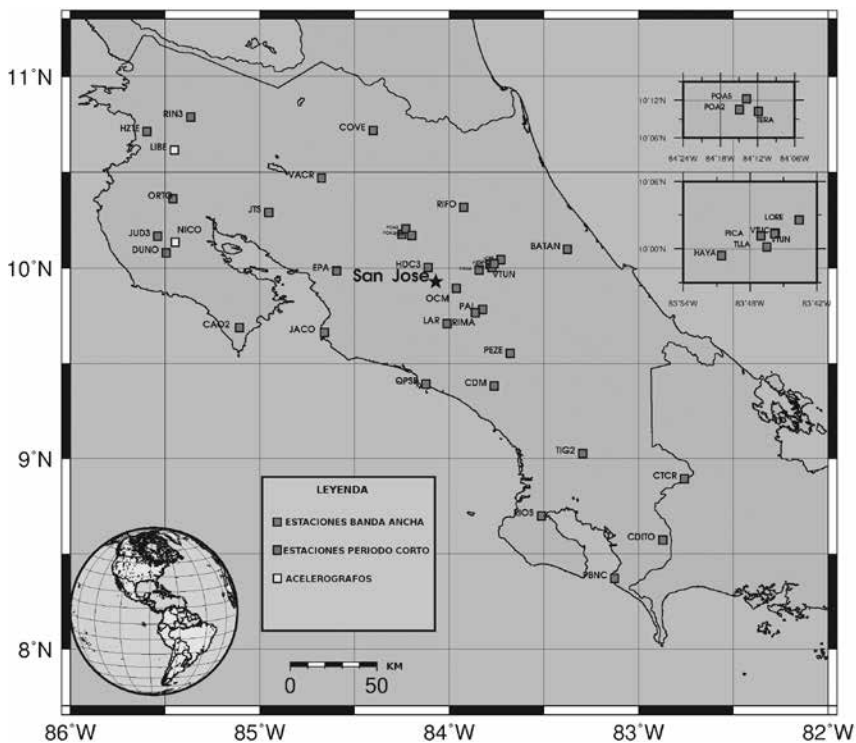
**Fuente:** Pacheco, y otros, 2006.

### **Instrumentación, métodos de adquisición y procesamiento**

El OVSICORI-UNA opera una red sismográfica a nivel nacional y en tiempo real. Empezó su operación en 1984 y en un inicio los instrumentos de la red eran sismómetros verticales RANGER SS-1 de 1 seg. Datos de estos instrumentos son usados en este catálogo y se mantuvieron 20 de ellos en operación durante el 2010, a veces no todos operando al mismo tiempo (ver figura 2 y tabla 1). La red analógica es una red telemétrica que usa frecuencias de radio (VHF-UHF) a 217-220 MHz y de 430 a 440 MHz para la transmisión de los datos. El sistema consiste de sismómetros que producen una señal que es introducida a un preamplificador “VCO”,

la salida del VCO se transmite por medio de un sistema de radio al centro de registro, en el centro de registro se cuenta con una tarjeta digitalizadora que convierte la señal a forma digital y esta señal es introducida al paquete EARTHWORM, el cual es un paquete de programas computacionales para adquirir y administrar los datos sísmicos<sup>5</sup>. Dentro de este paquete EARTHWORM los datos son salvados en forma de disparo y en forma continua. Los sismogramas asociados en eventos se convierten a formato Seisan para su posterior análisis. (Haskov y Ottemoller, 1999)

**Figura 2.** Estaciones sísmicas del OVSICORI-UNA.



Fuente: elaboración propia, usando el software de Wessel y Smith, 1991, 1995.

A partir del 2006 se comenzó con la instalación y renovación de la red sísmica analógica, para el 2010 se contaba con una red de banda ancha que consistía en 11 instrumentos de banda ancha amplia (40 hz a 120 o

5 <http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc>

240 sec), una estación de banda ancha (40 hz a 30 sec) y dos acelerómetros instalados independientemente (ver Tabla 1). La red de banda ancha amplia consiste en un sismómetro (registra movimientos débiles), de un acelerómetro (registra movimientos fuertes) y una estación de GPS para medir desplazamientos y deformación, con excepción de JTS y HDC3.

Las estaciones digitales utilizan para la transmisión de datos desde el campo al centro de registro ubicado en la Universidad Nacional (Heredia), tecnologías como: comunicación satelital (VSAT), línea telefónica dedicada, radios modems de espectro disperso e internet.

**Tabla 1.** Lista de Estaciones Sísmicas del OVSICORI-UNA que operaron durante el 2010.

Código de la estación	Latitud	Longitud	Altura (km)	Instrumento	Lugar
<b>BAIR</b>	9.0678	-83.3309	0.378	Trillium Compact, 120 s, 749 V/m/s-Taurus, 40 Vpp	Buenos Aires, Puntarenas Estación temporal 08272010-10142010
<b>BATAN</b>	10.0978	-83.3761	0.054	Streckeisen STS-2 G3/Quanterra 330 Linear Phase Be Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330 Linea	BATAN, Limón.
<b>CANG</b>	9.8010	-84.362	0.294	CMG6TD	Cangreja, San José Estación temporal
<b>CAO</b>	9.6992	-85.1005	0.23	Ranger SS1	Cóbano, Puntarenas
<b>CAO2</b>	9.6880	-85.107	0.179	Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin Streckeisen STS-2 G3/Quanterra 330HR Linear Phase	Cóbano, Guanacaste
<b>CAR</b>	9.8640	-85.4805	0.052	Trillium Compact, 120 s, 749 V/m/s-Taurus, 40 Vpp	Carrillo, Guanacaste Estación temporal 09082012-06252013
<b>CDITO</b>	8.5732	-82.8727	0.118	Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330 Linea Streckeisen STS-2 G3/Quanterra 330 Linear Phase Be	COLORADITO, Corredores, Puntarenas

<b>Código de la estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altura (km)</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Lugar</b>
<b>CDM</b>	9.5537	-83.7637	3.494	Nanometrics Trillium 240 Sec Response sn 400 and a Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin	CERRO DE LA MUERTE, San José
<b>COVE</b>	10.7194	-84.4002	0.102	Nanometrics Trillium 240 Sec Response sn 400 and a Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin	COOPE VEGA, San Carlos, Alajuela
<b>CPAN</b>	9.8710	-83.8660	2.198	Trillium Compact, 120 s, 749 V/m/s-Taurus, 40 Vpp	Paso Ancho, Oreamuno, Cartago. Estación temporal 05222013
<b>CTCR</b>	8.8961	-82.7593	1.62	Ranger SS1	Cotón, Coto Brus, Puntarenas
<b>DUNO</b>	10.079	-85.4936	0.174	Nanometrics Trillium 240 Sec Response sn 400 and a Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin	DULCE NOMBRE, Nicoya, Guanacaste
<b>EPA</b>	9.9863	-84.595	0.31	Ranger SS1/ Trillium Compact, 120 s, 749 V/m/s-Taurus, 40 Vpp	Esparza, Puntarenas De forma temporal estuvo el TC 120
<b>HAYA</b>	9.9801	-83.8428	3.245	Ranger SS1	Volcán Irazú, Cartago
<b>HDC3</b>	10.0021	-84.1114	1.175	Streckeisen STS-2 G2/Quanterra 330HR Linear Phase Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin	HEREDIA, Heredia
<b>HZTE</b>	10.7137	-85.5954	0.194	Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330 Linea Streckeisen STS-2 G3/Quanterra 330 Linear Phase Be	Estación Forestal HORIZONTES, Nacascolo, Guanacaste
<b>JACO</b>	9.6624	-84.6595	0.085	Streckeisen STS-2 G3/Quanterra 330HR Linear Phase Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin	Jacó, Garabito, Puntarenas



<b>Código de la estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altura (km)</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Lugar</b>
<b>JTS</b>	10.2908	-84.9525	0.34	Streckeisen STS-1/ VBB Seismometer with Metrozet E300 Streckeisen STS-2 Seismometer Kinematics Episensor ES-T/Quanterra 330HR Linear Phase	Las Juntas de Abangares, Costa Rica
<b>JUD3</b>	10.1686	-85.5388	0.665	Ranger SS1	Juan Diaz, Guanacaste
<b>LAR</b>	9.7085	-84.0123	2.04	Ranger SS1	La Roca, San José
<b>LIBE</b>	10.6168	-85.4186	0.14	Refraction Tech. 131A 400 Hz 3.5g 2.4 Volt per g/R	LIBERIA, Guanacaste
<b>LORE</b>	10.0432	-83.7269	2.430	Ranger SS1	La Lorena, Cartago
<b>NICO</b>	10.1345	-85.4470	1.480	Refraction Tech. 131A 400 Hz 3.5g 2.4 Volt per g/R	Nicoya, Campus UNA, Guanacaste
<b>OCM</b>	9.8941	-83.9623	1.607	Ranger SS1/Guralp CMG6TD Sensor and Datalogger	Ochomogo, Cartago
<b>ORTG</b>	10.3623	-85.459	0.76	Streckeisen STS-2 G3/Quanterra 330HR Linear Phase Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin	Ortega, Santa Cruz, Guanacaste
<b>PAL</b>	9.7829	-83.824	1.481	Ranger SS1	Palomo, Cartago
<b>PBNC</b>	8.3714	-83.1271	0.248	Ranger SS1	Punta Banco, Puntarenas
<b>PEZE</b>	9.3826	-83.6775	0.807	Nanometrics Trillium 240 Sec Response sn 400 and a Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin	Peréz Zeledón, Campus UNA, San Jose
<b>PICA</b>	10.0193	-83.7837	2.716	Ranger SS1	Picada, Cartago
<b>PNUA</b>	10.5955	-83.8399	0.049	Trillium Compact, 120 s, 749 V/m/s-Taurus, 40 Vpp	Pueblo Nuevo de la Aldea, Limón. Estación Temporal 10052012- 12142012
<b>POA2</b>	10.1751	-84.2489	2.493	Ranger SS1	Volcán Poás, Alajuela

<b>Código de la estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altura (km)</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Lugar</b>
<b>POA5</b>	10.2044	-84.2297	1.23	Ranger SS1	Crater Von Franzius, Volcan Poás, Alajuela
<b>QPSB</b>	9.3919	-84.1239	0.052	Guralp CMG6TD Sensor and Datalogger	Quepos, Puntarenas
<b>QPSR</b>	9.3919	-84.1239	0.052	Ranger SS1	Quepos, Puntarenas
<b>RIFO</b>	10.3172	-83.9228	0.139	Nanometrics Trillium 240 Sec Response sn 400 and a Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin	Río Frío, Sarapiquí, Heredia
<b>RIMA</b>	9.7666	-83.8636	1.665	Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330HR Lin Streckeisen STS-2 G3/Quanterra 330HR Linear Phase	Río Macho, Cartago
<b>RIN3</b>	10.7883	-85.3652	0.87	Ranger SS1	Volcan Rincón de la Vieja, Guanacaste
<b>RIOS</b>	8.7005	-83.5143	0.081	Streckeisen STS-2 G3/ Quanterra 330 Linear Phase Be Episensor 200 Hz 10 Volt per g/Quanterra 330 Linea	RINCON, Osa, Puntarenas
<b>TAM</b>	10.2932	-85.8484	0.005	Trillium Compact, 120 s, 749 V/m/s-Taurus, 40 Vpp	Tamarindo, Guanacaste Estación temporal 09072012-12112012
<b>TBLN</b>	9.8237	-83.9993	1.596	Trillium Compact, 120 s, 749 V/m/s-Taurus, 40 Vpp	Tablón, Guarco, Cartago Estación temporal 0918-2012
<b>TJAR</b>	9.8504	-83.9302	1.414	Trillium Compact, 120 s, 749 V/m/s-Taurus, 40 Vpp	Tejar del Guarco, Cartago Estación temporal 03202013
<b>TERA</b>	10.1706	-84.198	2.01	Ranger SS1	Volcán Poás, Alajuela
<b>TLLA</b>	10.0027	-83.7752	2.720	Ranger SS1	Tiendilla, Cartago
<b>TIG2</b>	9.0284	-83.2969	0.58	Ranger SS1	Cerro Tigre, Buenos Aires de Puntarenas
<b>VACR</b>	10.472	-84.675	0.37	Ranger SS1	Volcán Arenal, Alajuela

Código de la estación	Latitud	Longitud	Altura (km)	Instrumento	Lugar
VTUC	10.024	-83.762	3.191	Ranger SS1	CRATER, Volcan Turrialba, Cartago
VTUN	10.0226	-83.7635	3.239	Trillium Compact, 120 s, 749 V/m/s-Taurus, 40 Vpp	CRATER CENTRAL, Volcan Turrialba, Cartago

Fuente: elaboración propia

**Nota:** En las estaciones COVE y OCM operaron equipos analógicos y digitales en el mismo sitio durante el 2010. La estación analógica de COVE dejó de funcionar el 17 de Febrero del 2011 y OCM el 8 de Febrero del 2011. El 29 de Abril del 2009 se desinstaló la estación sísmica IRZ2 y se trasladó al sitio llamado como HAYA. En las sedes regionales de Nicoya y Liberia, funcionan NICO y LIBE que son estaciones donde se han ubicado acelerómetros Reftek SMA-130.

En el centro de registro se usa el paquete EARTHWORM y el paquete ANTELOPE <sup>6</sup> para adquirir, administrar y procesar las señales sísmicas. Desde enero hasta el 04 de marzo del 2010, sólo se contaba con EARTHWORM y SEISAN para procesar las señales sísmicas y a partir del 4 de marzo del 2010 se empezó a usar ANTELOPE. Estos paquetes corren paralelamente y por el momento EARTHWORM funciona como un servicio de respaldo. ANTELOPE es un paquete que consiste de módulos computacionales implementados para adquirir, transportar, respaldar, procesar, archivar y distribuir información sísmica, desarrollado por Boulder Real Time Technologies, Inc.<sup>7</sup>

### Análisis de datos

La localización y catalogación de sismos empieza con el registro de sismogramas de diferentes estaciones sísmicas distribuidas en la región de estudio. Los registros se revisan para detectar temblores locales y distinguirlos de arribos de eventos regionales, telesísmicos, volcánicos y ruido. Para los eventos identificados como sismos locales se leen los arribos de ondas P y S. Las lecturas de arribos de ondas detectados en varias estaciones deben agruparse para llevar a cabo una asociación de fases pertenecientes al mismo temblor. Una vez agrupadas se puede llevar a cabo una localización y determinación de magnitud del sismo.

Los registros sísmicos continuos son asociados en eventos sísmicos dentro del sistema de adquisición de datos Earthworm v7.4 (2010)

<sup>6</sup> <http://www.brtt.com/software.html>

<sup>7</sup> [www.brtt.com](http://www.brtt.com)

(desarrollado inicialmente por el United States Geological Survey, y mantenido actualmente por varias instituciones)<sup>8</sup>.

Los sismogramas asociados en eventos se convierten a formato Seisan para su posterior análisis. (Haskov y Ottemoller, 1999).

Los sismogramas de todas las estaciones son leídos para cada evento sísmico. Dentro de la información leída están los tiempos de arribo de las ondas P (primaria longitudinal) y S (secundaria transversal) anotando también la impetuosidad, polaridad y grado de calidad de la lectura. Hasta 1992, la información sísmica fue procesada usando el programa HYPOINVERSE (Klein, 1978), a partir de esa fecha hasta marzo del 2010 se procesó por medio del programa HYPOCENTER (Lienert y Haskov, 1995). A partir del 04 marzo del 2010, se empieza a utilizar el Software ANTELOPE para la adquisición y procesamiento de las señales sísmicas en paralelo con el EARTHWORM. Las asociaciones de sismos y localizaciones iniciales realizadas con ANTELOPE se realiza con el programa de localización LOCSAT de Bratt and Bache (1988), el cual usa el modelo de velocidad IASPEI91. Los analistas revisan todas las localizaciones y asociaciones automáticas en forma interactiva, usando el programa Genloc (Fan et al, 2006) para localizar sismos locales; y el programa LOCSAT para sismos regionales. El programa genloc usa el modelo de velocidad cortical de Quintero and Kissling (2001).

Una vez obtenida la primera ubicación se procede a identificar cualquier error residual de tiempo mayor que 0.5 segundos para las ondas P y S. De existir residuos mayores que este valor, se procede a revisar las lecturas y efectuar las correspondientes correcciones de proceder.

Según Engdahl and Hill (1974) los principales resultados para cada sismo son los siguientes:

- a. Tiempos de origen.
- b. Latitud y longitud epicentral.
- c. Profundidad focal.
- d. Magnitud local, de cuerpo o superficial.
- e. Número de arribos usados en la localización.
- f. Residuos de tiempo.
- g. Valores eje mayor, menor y profundidad de la elipse de error.

<sup>8</sup> <http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc>

- h. Azimut de eje mayor de la elipse de error.
- i. Región geográfica.

Además hay otra serie de parámetros estadísticos que facilitan la evaluación de la calidad de los resultados obtenidos.

Se reportan todos los sismos locales que han podido ser ubicados aún cuando los errores en la horizontal y la vertical sean mayores que 10 Km, siempre y cuando el RMS sea menor que 0.6 segundos después de una revisión exhaustiva del evento. Se proporcionan todos los eventos regionales o distantes localizados o asociados con localizaciones del NEIC<sup>9</sup>.

En este catálogo las magnitudes de los sismos que ocurrieron de enero al 04 de marzo del 2010 se obtuvieron de la siguiente forma: la magnitud de los eventos sísmicos es obtenida del promedio de las magnitudes parciales calculadas para cada estación según la duración de las trazas en las estaciones de período corto. Estas magnitudes parciales se calculan según la relación obtenida por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) para sismos en Alaska:

$$M_c = -1.16 + 2.01 * \log_{10} T + 0.0035 * \Delta + \Delta M$$

T: duración del sismo.

$\Delta$ : distancia epicentral.

$\Delta M$ : corrección para cada estación.

Se cuenta además con estaciones de banda ancha, con respuesta instrumental bien calibrada, que permite simular la respuesta de un instrumento WOOD-ANDERSON para el cálculo de la magnitud Richter. En este cálculo se utiliza la siguiente relación propuesta por Hutton y Boore (1987):

$$M_L = \log_{10}(A) + 1.11 * \log_{10} (\Delta) + 0.00189 * \Delta - 2.09$$

$\Delta$ : Distancia epicentral.

A: Amplitud pico-pico de la onda.

---

9 <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/>

Después de que se implementó el paquete ANTELOPE se calcula la magnitud Richter para sismos locales usando la metodología y funciones de corrección propuestas por Richter (1935); para sismos regionales y distantes se calcula de ser posible la magnitud Mb y Ms. En el caso de que la razón de señal a ruido sea muy baja no se calcula MI.

Como se mencionó anteriormente, el modelo de corteza utilizado para la localización de eventos sísmicos locales del catálogo del 2010 es el de Quintero and Kissling (2001) (ver tabla 2).

**Tabla 2.** Modelo de velocidad usado en el programa HYPOINVERSE y GENLOC.

Profundidad de la interfaz (km)	Velocidad de la onda P (km/seg)
-4.0	4.45
0.0	5.50
2.0	5.60
4.0	6.00
7.0	6.15
10.0	6.25
17.0	6.50
24.0	6.80
30.0	7.00
40.0	7.30
50.0	7.90
70.0	8.20
100.0	8.30

Fuente: Quintero and Kissling, 2001

El proceso de lectura de las señales sísmicas se lleva a cabo diariamente para mantener al día la lectura de sismogramas y los datos generados durante el año se evalúan estadísticamente para encontrar errores en las lecturas y determinación de hipocentros y magnitudes antes de compilarse en un catálogo.

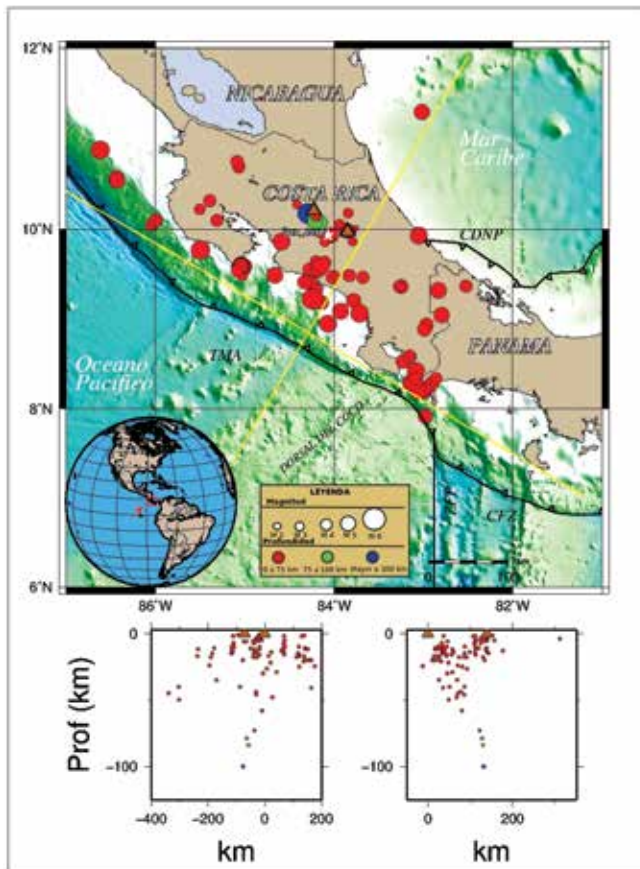
Para el 2010 la red del OVSICORI-UNA localizó más de 4,000 sismos en Costa Rica. La red sísmica del OVSICORI-UNA no solo registra los sismos ocurridos en el país, sino también sismos regionales, con

magnitudes mayores a cuatro y telesismos (sismos que tienen su origen a muy largas distancias de Costa Rica); la red sismográfica registró 746 sismos regionales y telesismos en el 2010.

### Sismos reportados como “sentidos” en el 2010

El OVSICORI-UNA localizó durante el 2010, un total de 107 sismos “sentidos”; originados principalmente en fallas locales o por el acople de la zona de subducción entre las placas Coco – Caribe, Coco-Bloque Deformado de Panamá y por el acople Coco-Nazca (ver figura 3).

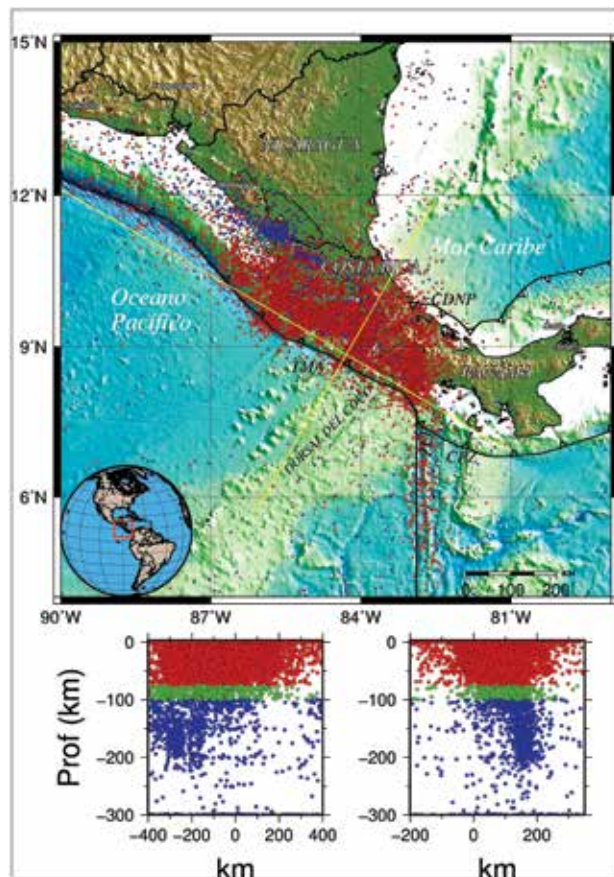
**Figura 3.** Mapa de sismos sentidos, registrados y localizados durante el 2010 por la Red Sismográfica del OVSICORI-UNA.



**Fuente:** elaboración propia, generado usando el software de Wessel y Smith, 1991, 1995.

Del total de eventos sísmicos “sentidos” por la población, 15 de ellos presentaron magnitudes que oscilaron entre los 5 y 6.2 grados en la escala de Richter y profundidades entre los 11 y 46 kilómetros; con excepción del sismo de las 21:54 del 8 de octubre, que ocurrió a 9 km de Zarcero y con profundidad de 100 km; este sismo se originó debido a la deformación interna de la placa del Coco y fue sentido en el Valle Central y zonas aledañas al epicentro. En el 2010 se registraron cuatro sismos con profundidades mayores a los 70 km, ninguno de ellos causó daños (ver figura 4)

**Figura 4.** Sismicidad local y regional, localizada por la red sísmica del OVSICORI-UNA desde marzo hasta octubre del 2010-2012.



**Fuente:** elaboración propia, usando el software de Wessel y Smith, 1991, 1995.

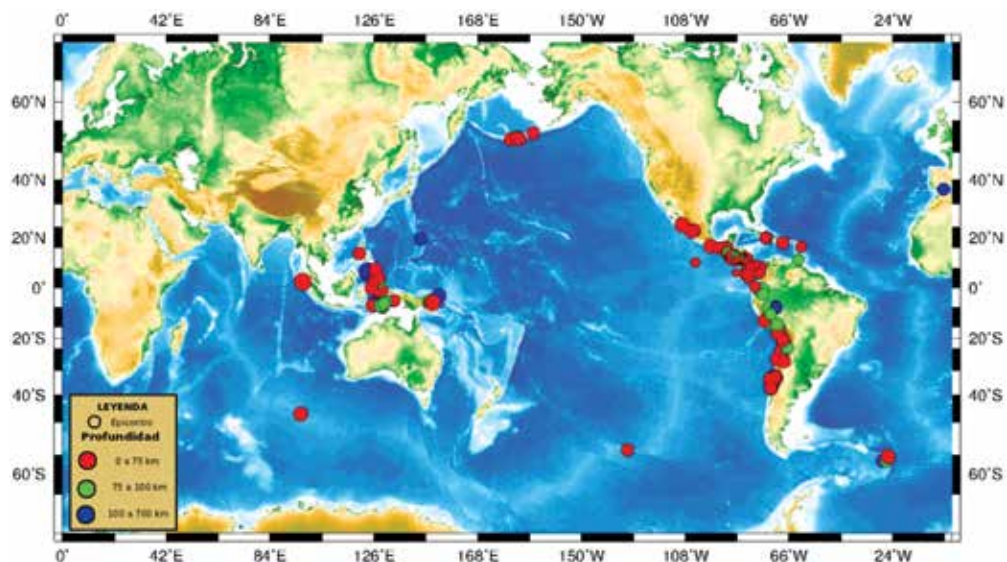
Los epicentros están denotados por círculos rellenos en color rojo, verde y azul; dependiendo de la profundidad y en la parte inferior del mapa 2 perfiles denotados en el mapa con líneas color amarillo.



Durante el mes de mayo del 2010 se registraron y localizaron dos sismos sentidos con magnitudes superiores a los 6 grados en la escala Richter. El primero de estos sismos se registró el 20 de mayo a las cuatro y dieciséis minutos de la tarde con una magnitud de 6.1 grados, con una profundidad de 20 kilómetros, localizado 30 kilómetros al sur oeste de Puerto Quepos, Costa Rica; cuyo origen fue por subducción de la placa del Coco por debajo de la micro placa de Panamá. Asimismo, el 31 de mayo al ser las nueve y veintiséis minutos de la noche se presentó un temblor de 6.2 grados, a una profundidad de 25 kilómetros, localizado a 25 kilómetros al sur oeste de Quepos, cuyo origen fue el mismo del evento del 20 de mayo. Estos sismos fueron sentidos en la mayor parte del país sin que se presentaran reportes de daños.

En el 2010, se localizaron 3903 sismos en Costa Rica y en las regiones aledañas y 746 sismos regionales y distantes (ver figura 5).

**Figura 5.** Sismos distantes registrados por la Red Sismográfica del OVSICORI-UNA durante el 2010.



**Fuente:** elaboración propia, generado usando el software de Wessel y Smith, 1991, 1995.

### **Fuentes sísmicas más activas durante el 2010**

*Fuente sísmica de la fractura de Panamá y la zona de subducción de la placa del Coco bajo el Bloque de Panamá en el Pacífico sureste de Costa Rica.*

Esta zona se caracteriza por la interacción de las placas Coco, Nazca y Bloque de Panamá; se ubica entre la Península de Osa y Burica, a lo largo de la costa Pacífica en el sureste de Costa Rica y hacia el mar desde la Península Burica en la frontera entre Panamá y Costa Rica. Aquí la sismicidad está asociada a la subducción de la placa Coco bajo el Bloque de Panamá. Fuera de las costas desde la península de Burica, la placa del Coco se encuentra con la placa Nazca. La sismicidad a lo largo de la interface Coco-Nazca es conocida como la zona de fractura de Panamá (ZFP), la cual es una falla de transformada lateral derecha con una dirección norte. La ZFP separa la placa Coco de la placa Nazca, formando una confluencia triple con el Bloque de Panamá. El mes de enero fue el que presentó más actividad sísmica en esta zona.

*Fuente sísmica frente a Quepos*

Los sismos que ocurrieron en el 2010 en esa zona fueron los de mayor magnitud y están asociados a la subducción de la placa del Coco bajo el Bloque de Panamá.

*Enjambre sísmico en las vecindades del volcán Irazú*

Con más de 170 sismos registrados durante julio del 2010. No obstante, la mayoría de estos movimientos no fueron percibidos por la población, pues presentaron magnitudes muy pequeñas, el sismo de mayor magnitud fue de 3.2 ML, se registró el 22 de julio a las 05:51 a.m, hora local, y se ubicó 7 km al SE del cráter del Volcán Irazú.

*Enjambre sísmico durante Agosto del 2010 en Ujarrás y Durika de Buenos Aires de Puntarenas*

Estos sismos ocurrieron en las faldas de la Cordillera de Talamanca dentro del Bloque de Panamá a profundidades superficiales y con magnitudes entre los 2.9 y 4.0 en la escala Richter.

En Setiembre del 2010 se activa una *f fuente sísmica a la entrada del Golfo de Nicoya*, específicamente unos 20 km al SE de Cóbano de

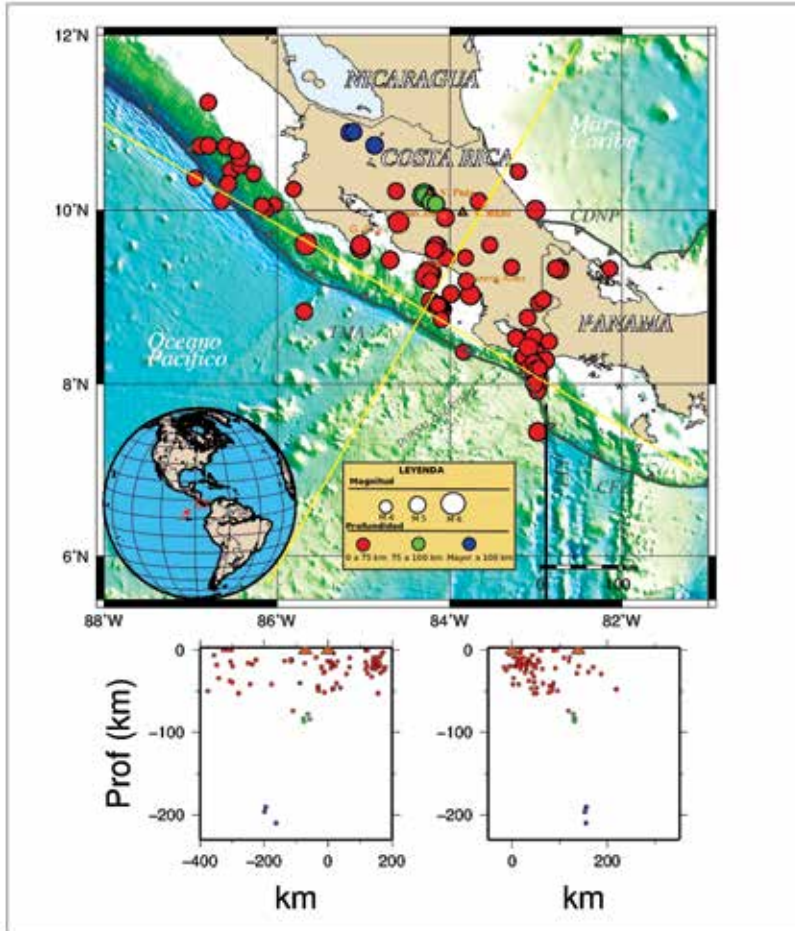
Puntarenas y con profundidades alrededor de 20 km. Algunos de los sismos están asociados a la subducción de la placa del Coco por debajo de la Placa Caribe y otros están ligados a fallamiento local dentro de la Placa Caribe. El sismo de mayor magnitud registrado en esta fuente sísmica tuvo una magnitud de 5.3 Ml.

*Fuente sísmica intraplaca del Coco a profundidades intermedias de 90 a 100 km*

En esta fuente sísmica los sismos que se presentan, son producto de la deformación interna de la placa del Coco y la mayoría fueron ubicados debajo del macizo del Volcán Poás.

A continuación se presenta mapa (figura 6) con los eventos sísmicos registrados en el 2010 con magnitudes superiores a los 4 grados de magnitud y en el mismo se trazan 2 líneas en color amarillo transversal y longitudinalmente, que indican 2 perfiles realizados y ubicados en la parte inferior del mapa. Ellos indican los sismos con magnitud mayor a 4 grados y la profundidad en que se dieron.

**Figura 6.** Mapa de sismos con magnitud  $M_l > 4.0$ , registrados y localizados durante el 2010 por el OVSICORI-UNA.



**Fuente:** Elaboración propia, usando el software de Wessel y Smith, (1991, 1995)  
Los colores denotan diferentes profundidades. Con un triángulo en color café se muestra el Volcán Poás.

### Los sismos más relevantes ocurridos en Costa Rica (1983-2012)

Costa Rica ha sufrido daños importantes en tiempos históricos y modernos como consecuencia directa de los terremotos. Daños ocurridos después de 1984 han sido documentados por la red sismográfica del OVSICORI-UNA (ver figura 7). En la página web de este instituto<sup>10</sup>, se puede

<sup>10</sup> [www.ovsicori.una.ac.cr](http://www.ovsicori.una.ac.cr)

consultar algunos de los sismos de mayor magnitud localizados en este país. Seguidamente se presentan los sismos más importantes que han causado mayores daños en el país. La magnitud Mw se refiere a la magnitud de momento (Global CMT Catalog, 2010), Ml a magnitud local Richter:

*Terremoto de Golfito del 2 de abril de 1983, Mw 7.4, hora local: 20:50, Lat 8.717, Long -83.083, Profundidad 25 km.* Localizado en el Golfo Dulce con una magnitud de 7.4. El sismo causó daños en Golfito, Zona Sur y Valle Central; reporte de un fallecido. Sismo asociado a la subducción de la placa del Coco con respecto al Bloque de Panamá.

Fue un sismo que produjo mucho pánico en la población nacional, porque se presentó un sábado santo en horas de la noche cuando se celebraba en la mayor parte de los templos católicos actividades concernientes a esta festividad, sin embargo, no hubo reportes de muchos heridos ni muertos.

*Terremoto de San Isidro del General del 03 de julio de 1983, hora local 11:14, Mw 6,3, Lat 9.61, Long -83.70.* Este evento sísmico, es considerado de intraplaca, presentó una profundidad somera (menos de 10 km), su origen fue producto de rupturas a lo largo de fallas superficiales en la Cordillera de Talamanca, dentro de lo que hoy día se conoce como Bloque de Panamá. Este tipo de eventos sísmicos por lo general son muy dañinos y este en particular provocó muchos daños en San Isidro de Pérez Zeledón y en el Valle Central de nuestro país, además el evento sísmico provocó una cantidad importante de deslizamientos en las cercanías de la zona epicentral y el cierre total de la carretera interamericana sur. El mecanismo focal para este terremoto, indica un fallamiento normal presentado en la cordillera de Talamanca.

*Sismo de los Altos del Aguacate del 26 de febrero de 1989, hora local 06:21 (GMT 12:21) Ml 4.4 grados, Lat. 9.665, Long. -84.183.* La secuencia sísmica generada en el lugar denominado Los Altos del Aguacate, ubicado a unos 35 km al sur de San José, y dentro de la denominada Zona de los Santos, se manifestó a partir del día 26 de febrero de 1989, al ser las 06:21 minutos hora local (GMT 12:21), se percibe por los pobladores del Valle Central un fuerte sismo que alarmó a muchos. El evento principal de magnitud 4.4 grados en la Escala Richter, fue ubicado a 19.5 km al oeste

de San Marcos de Tarrazú, a una profundidad de 21 km. Este sismo fue seguido por una serie de réplicas de las cuales se logró ubicar un total de 71 con magnitudes superior a 1.9 grados Richter. Este evento ocurre en la parte superior de la cuenca del Río Parrita (denominado Pirris en esta localidad). El mecanismo focal compuesto (hemisferio inferior) para el evento principal y las réplicas más importantes, muestra que la ruptura se produce a lo largo de un fallamiento normal con componente transcurrente. Los posibles planos de falla, se orientan uno en dirección Noroeste-Sureste (lateral izquierdo) y el otro en dirección noroeste – sureste (lateral derecho). El plano con mayor resolución es el correspondiente a la dirección N28°W, buzando 70 grados hacia el sur-oeste.

El patrón de intensidades recopilado para el evento principal, muestra que en la región epicentral se alcanzó un máximo de VI grados en la escala Mercalli Modificada. Un valor de V grados fue estimado para la región de San José y Cartago, disminuyendo gradualmente, hasta no ser percibido por la población de las regiones norte y sur del país.

*Terremoto de Cóbano del 25 de marzo de 1990, hora local 07:23, Mw 7.3, Lat 9.648, Long -84.913, Profundidad 20 km.* Sismo de subducción, localizado en la entrada al Golfo de Nicoya, con una magnitud de momento de 7.3 y a una profundidad de 20 km. Causó daños en la Península de Nicoya, Puntarenas y Valle Central, dejando un muerto. Sismo causado por la ruptura de una montaña submarina. Para esta fecha ocurrieron dos sismos reportados por el NEIC<sup>11</sup>, el primero a las 7 horas 16 minutos el cual alcanzó una magnitud mb= 5.8, el segundo ocurre a las 7 horas 22 minutos, con una magnitud Ms= 7.0. El evento generó intensidades máximas VIII en la zona epicentral, en lugares como Cóbano y Puntarenas e intensidades de VI-VII en el Valle Central del país. Se documentó efectos de licuefacción en las zonas litorales próximas al epicentro.

*Enjambre sísmico en la zona de Puriscal, mayo-junio de 1990, ML 4.5/5.0.* En mayo de 1990 se presenta un enjambre sísmico en la zona de Puriscal, con sismos de magnitud entre 4.5 y 5.0. El enjambre causó daños en Santiago de Puriscal y deslizamientos en Fila de Picagres. El sismo ocurrido el 30 de junio a las 8 horas 51 minutos (hora local), Ml =5.0, Lat.

11 <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic>

9.858 Long. -84.391 y profundidad de 8 km; es el evento sísmico de mayor magnitud de este enjambre sísmico. El epicentro se ubicó 8 km al oeste de Santiago de Puriscal y estuvo precedido por un repentino incremento en el número de sismos registrados y sentidos por los vecinos de la zona epicentral. Los barrios más afectados por el enjambre sísmico fueron: Los Angeles, Piedades, Carit, Jazaral, El Carmen, Calle Aserradero y el sector central de Santiago de Puriscal.

*Terremoto de Puriscal del 22 de diciembre de 1990, hora local 11:27, Mw 5.9, Lat 9.870, Long -84.336, profundidad 14 km.* Este sismo se ubicó a 3.5 km. al noroeste de Santiago de Puriscal y causó daños en el Valle Central, especialmente en el sector oeste (Alajuela, La Guácima, Atenas, Ciudad Colón, Turrucare, Puriscal); reporte de dos muertos. También las ciudades de Heredia y San José, sufrieron considerables daños en edificios y viviendas, principalmente viviendas de adobe y bahareque. El sismo fue superficial, localizado a 14 km de profundidad y el mecanismo focal indica una falla de corrimiento lateral izquierdo.

*Sismo de Limón del 22 de abril de 1991, hora local 15:57, Mw 7.6, Lat 9.620, Long -83.149, Profundidad 17 km.* Daños en todo el litoral atlántico, desde Bocas del Toro, Panamá, hasta Batán y Turrialba, deslizamientos en la Cordillera de Talamanca, daños menores en el Valle Central y costa Pacífica. Se ubicó 40 km al sur de Puerto Limón a una profundidad de 17 km. Las intensidades máximas documentadas por el OVSICORI-UNA, establecen IX MM para la costa del Caribe de Costa Rica, donde los efectos de licuefacción en suelos arenosos, el nivel freático es muy alto y comúnmente asociado a estos efectos, grietas, emanación de chorros de agua con arena. La mayoría de los daños se deben a este fenómeno que se observaron concretamente en estructuras (edificios) salidos de su fundación, carreteras fracturadas, puentes caídos o seriamente dañados. Se produjeron grandes deslizamientos como consecuencia de la sacudida sísmica, en zonas de grandes pendientes, causando trastornos hidrológicos.

En el Valle Central los efectos del sismo no fueron graves aunque causó daños en viviendas, edificios, grietas, reventadura de ventanales, etc., se asigna una intensidad de VI MM, mientras que las intensidades decaen hacia el noroeste del epicentro en la zona de Guanacaste, donde las

intensidades fueron de III MM. Produjo un total de 48 muertes en Costa Rica. El sismo activó otras fuentes sísmicas al interior del Valle Central de Costa Rica, como por ejemplo: Algunas fuentes sísmicas activadas después del terremoto del Valle de la Estrella, eran ya conocidas (San Isidro del General, sur de Cartago, Volcán Irazú, suroeste de Puriscal), pero también otras fuentes desconocidas, siendo la más importante de ellas la de Moravia de Chirripó. Estudios de deformación de la costa Caribe en zonas cercanas al epicentro indican un levantamiento máximo en Puerto Limón de 1.53 m. que disminuye rápidamente hacia el noroeste y sureste de la ciudad. El levantamiento es cero cerca de la frontera con Panamá al sureste del Río Sixaola.

*Sismo de Naranjo de Alajuela del 06 de marzo de 1992, hora local 19:53 (hora GMT 01:53).* El OVSICORI-UNA, registra un evento sísmico ubicado a 1.5 km al sureste de Naranjo, Alajuela, con una magnitud de 6.0 grados en la Escala de Richter y una profundidad de 71 km. El sismo se ubica hipocentralmente en el acople elástico entre las placas Coco-Caribe, que es donde históricamente se han producido sismos con magnitudes importantes.

El sismo fue reportado como sentido muy fuerte en el Valle Central, sin embargo, no se reportan víctimas, ni daños significativos en las estructuras de viviendas, ni en vías de comunicación; solamente la caída de objetos en diferentes sitios del Valle Central.

*El Sismo de Pejibaye de Turrialba del 10 de julio de 1993, hora local 14:41 (GMT 20:41), Lat. 9.761, Long. -83.701.* La secuencia sísmica generada en la región de Pejibaye de Turrialba en el mes de julio de 1993, se manifestó a partir del día 08 de julio de 1989 a las 17:19 hora local (GMT 23:19), con un evento sísmico de MI. 4.4 grados Escala Richter y al ser las 14:41 minutos hora local (GMT 20:41), se registró en la Red Sismográfica del OVSICORI-UNA el evento principal de MI 5.0 grados en la Escala Richter, fue ubicado a 12 km al sur de Turrialba, cercano al poblado de Pejibaye de Turrialba, a una profundidad de 16 km. Este sismo fue seguido por una serie de réplicas de las cuales se lograron ubicar más de 50 con magnitudes superiores a 2.5 grados Richter.



El evento principal del 10 de julio, generó daños en viviendas en las localidades de Pejibaye, Taus y El Humo de Turrialba; la mayoría de ellas con algún grado de afectación producido por el terremoto de Limón del 22 de abril de 1991. También se produjeron daños moderados, por deslizamientos en algunas pendientes montañosas de la región, evidenciados con algunos desprendimientos pequeños en los cortes de las vías de comunicación de la zona epicentral.

*Sismo del sur de Quepos del 20 de agosto de 1999, hora local 04:02, Mw 6.9, Lat 9.28, Long -84.10, Profundidad 25 km.* El sismo se localizó 33 km al sur de Quepos a una profundidad de 25 km, asociado a la subducción de la placa del Coco con respecto al Bloque de Panamá. Tuvo una intensidad máxima Mercalli Modificada de VI en la zona de Dominical y Tinamaste y V grados en Quepos.

La región se caracteriza por presentar actividad sísmica con magnitud moderada ( $mb \leq mb \leq 5.8$ ). Esta actividad sísmica se presenta a manera de secuencias en las cuales generalmente ocurren dos eventos relevantes con sus patrones de réplicas respectivos. La característica más importante de estas secuencias sísmicas, tal como lo propusieron Güendel y McNally (1981), son los períodos de quietud inter-sísmica, de entre 2 y 4 años, que anteceden y preceden dicha actividad.

*Sismo de Bijagua de Upala del 27 de enero del 2002, hora local 20:49. Mw 5.4, Lat. 10.77, Long. -85.024, profundidad 15 km.* Localizado 5 km, al sureste de Bijagua de Upala, el origen del sismo es tectónico por fallamiento local, posiblemente asociado al sistema de falla Caño Negro. La actividad comienza en los primeros días de enero, con sismos de magnitudes pequeñas y culmina con el evento principal el día 27 de enero. Aunque este evento sísmico fue sentido muy fuerte por los pobladores de Bijagua y pueblos vecinos, los daños que provocó no fueron muy significativos. Algunas casitas viejas en la localidad de Pilón sufrieron daños y se observaron pequeños deslizamientos en los cortes de la calle que lleva al lugar. En el pueblo de Bijagua se observan agrietamientos en paredes de casas y edificios de cemento, se reportó la caída de objetos en comercios y la interrupción de los servicios de agua y electricidad; daños menores se apreciaron en la localidad de Naranjo, ubicada a pocos km de Bijagua.

*Sismo de Burica del 30 de julio del 2002, hora local 18:16, Mw 6.5, Lat 7.672, Long -82.929, profundidad 9 km.* Localizado 111 km al sureste de Golfito, un sismo tectónico asociado a la zona de fractura de Panamá. Reportado sentido en: Zona Sur, Valle Central, Zona Atlántica y leve en Zona Norte. Algunas casas de madera y en mal estado colapsaron en Laurel de Corredores, Puntarenas; hubo seis personas heridas. Intensidad máxima de VII en Puerto Armuelles, Panamá y de VI en Laurel, Costa Rica.

*Sismo de Puerto Armuelles del 25 de diciembre del 2003, hora local 01:11, Mw 6.5, Lat 8.217, Long -82.814, Profundidad 41 km.* Localizado 9 km al sureste de Puerto Armuelles, Panamá con una magnitud Mw 6.5. Fue un sismo asociado a la fractura de Panamá. Se sintió con una intensidad de VII en Puerto Armuelles, Panamá, VI en Naranjo, Laurel, Ciudad Neilly del lado Costarricense y de V en Golfito. Este sismo causó colapsos de casas, liquefacción local y fracturas en calles, en la localidad de Naranjo de Corredores, Puntarenas; donde se observó una ruptura que atravesó el pueblo y se extendió por varios km.

*Sismo de Damas del 20 de noviembre del 2004, hora local 02:07, Mw 6.4, Lat 9.524, Long -84.222, Profundidad 24 km.* El sismo tuvo una magnitud Mw=6.4 y fue localizado en el Pacífico Central de Costa Rica, a una profundidad de 24 km. Ocurrió en la parte más profunda de la corteza y con réplicas distribuidas hacia la superficie. La falla delimitada por la secuencia sísmica es parte de un sistema de fallas que marcan el límite oeste entre la placa Caribe y el Bloque de Panamá. El evento fue sentido fuertemente en la zona epicentral, causando rupturas superficiales, licuefacción local y daños en casas en mal estado. El evento tuvo una intensidad en la escala Modificada de Mercalli de VII en Parrita y Damas, V-VI en Jacó y Quepos, IV-V en Puntarenas y el Valle Central del país. La mayoría de los daños ocurrieron en Parrita y Damas. También hubo reportes de daños en la zona de los Santos, ubicada a 30 km NE de la zona epicentral.

*Sismo de Cinchona del 8 de enero del 2009, hora local 13:21, Mw 6.1, Lat 10.20, Long -84.197, profundidad 7 km.* El día 8 de enero de 2009 a la 13:21 hora local ocurrió un sismo en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, cuyo epicentro se ubicó 6 km al este del Volcán Poás, con

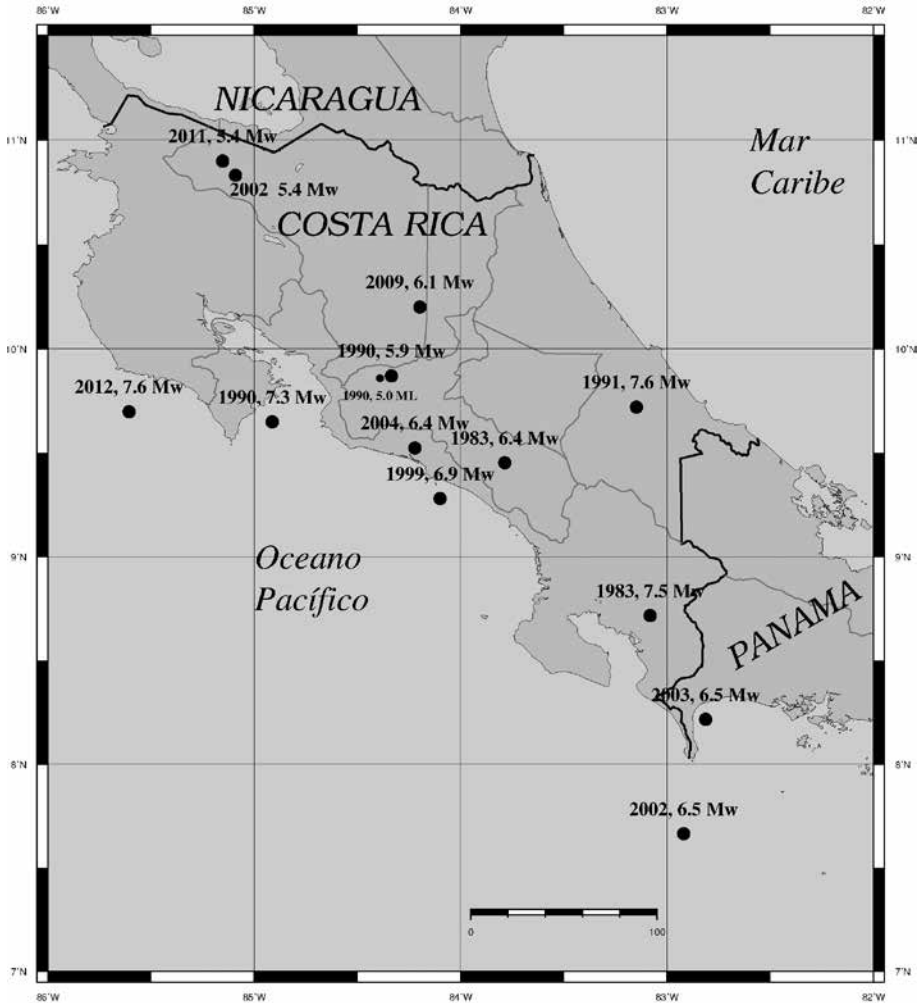
una profundidad de 7 km. Este sismo está asociado a fallamiento tectónico local en una falla de corrimiento de rumbo lateral derecho con orientación noroeste-sureste. Producto de los sismos del 7 y 8 de enero se observó inestabilidad de paredes en el Volcán Poás. Hay un reporte de un aumento en el tamaño de las fumarolas del cráter principal, justo después del evento del día 7 de enero 2009, a las 10:00 a.m. El sismo principal causó deslizamientos en la zona epicentral con caída de objetos, casas colapsadas sobre todo en terrenos quebrados o en laderas, un puente en construcción colapsado y vías de acceso cerradas por deslizamientos. Con el nivel de daños evaluado, se registró una intensidad máxima de VIII en la escala de Mercalli Modificada en la zona epicentral (región de Varablanca – Cariblanco). El sismo que ocurrió el 7 de enero a las 10:00 am se considera un sismo premonitor del sismo principal del 8 de enero a la 13:21. Los daños reportados asociados al terremoto del 8 de enero del 2009, fueron considerables; 23 personas fallecidas, siete desaparecidas, 4500 personas desplazadas de sus hogares, cerca de 400 casas destruidas, 23 centros educativos con daños considerables y daños en el edificio Municipal de la ciudad Alajuela. En total se calcularon pérdidas por más de 100 millones de dólares en infraestructura carretera y otros. Se calculan que más de 500 km<sup>2</sup> de bosques fueron afectados por la cantidad de derrumbes generados por el movimiento fuerte y los daños en la producción y pérdidas en turismo en más de 1800 millones de dólares.

*Sismo de Upala del 12 de julio de 2011, hora local 14:11, Mw 5.3, Lat. 10.766, Long. -85.086.* El sismo ocurrió el 12 de julio, 14 km al suroeste de Upala en la comunidad de Guacalito de Upala, con una magnitud de 5,3 en la escala Richter, a una profundidad de 10 km. El sismo fue sentido fuerte en la zona epicentral Guacalito y Armenias de Upala y leve en el Valle Central, su origen es tectónico por fallamiento local. Este sismo presentó réplicas que fueron sentidas por la población local y se localizaron cerca del Volcán Miravalles. El sismo principal ocasionó la caída de objetos, daños en algunas viviendas y deslizamientos en algunos sectores del Volcán Miravalles. Posterior a este sismo se contabilizaron más de 100 réplicas imperceptibles por la población debido a su pequeña magnitud.

*El Terremoto de Nicoya del 05 de setiembre del 2012, hora local 08:42, Mw 7.6, Lat 9.696, Long -85.49, Profundidad 35 km.* Al ser las 8:42 hora local (14:42 GMT) del día 05 de setiembre de 2012, se produjo un evento sísmico ubicado en la Península de Nicoya, con magnitud de  $M_w=7.6$  grados (GCMT); ocurrió en una porción de la zona de acople entre la Placa del Coco y la del Caribe que convergen por debajo de la Península de Nicoya. Fue sentido en todo el territorio nacional y parte de Nicaragua; si , el evento sísmico fue muy fuerte, se puede rescatar la existencia de muy pocos derrumbes y la ausencia de edificios colapsados, a pesar de que los medios de comunicación colectiva informaron sobre la existencia de daños menores en edificios y estructuras, como por ejemplo el hospital de Puntarenas (Monseñor Sanabria Jiménez), que presenta daños muy evidentes en las paredes construidas con ladrillos.

Es importante señalar que se presentaron con este evento sísmico, daños que afectaron sitios bastante lejanos a la zona epicentral, como Grecia, Zarcero y vecindades del Volcán Arenal, donde se dio el colapso de viviendas, agrietamiento de los suelos y deslizamientos de los mismos. Esto podría ser debido a condiciones en la calidad de construcción en las viviendas, condiciones topográficas y de suelos volcánicos no consolidados, lo cual requiere de estudios más detallados sobre lo ocurrido en esos sitios específicos.

**Figura 7.** Sismos localizados en Costa Rica después de 1983-2012 y que han causado daños en el país. OVSICORI-UNA.



**Fuente:** Elaboración propia, generado usando el software de Wessel y Smith, 1991, 1995.  
La localización del sismo de 1983 están acorde al Catálogo EHB, a partir de 1984 se usan las localizaciones de la red sísmica OVSICORI-UNA

### Conclusión

Los terremotos relacionados con fallamiento superficial, han sido los más destructivos en Costa Rica, como es el caso del último sismo de Cinchona del 08 de enero de 2009, el terremoto de Puriscal 1990, el sismo

de San Isidro del General del 03 de julio de 1983 y el sismo de Tilarán de 1973. Los sismos de mayor magnitud, registrados y localizados por la red del OVSICORI-UNA ocurrieron el 22 de Abril de 1991 en Valle de la Estrella, Limón; zona Caribe del país magnitud Mw 7.7, el cual ocurrió a una profundidad alrededor a 20 km y recientemente el de Nicoya de Mw 7.6, ocurrido el 05 de setiembre de 2012.

En el 2010 se observó que la sismicidad de profundidad intermedia de más de 50 km, se presentó bajo las cercanías de Zarcero, Volcán Poás y Ciudad Quesada.

Una característica importante observada a lo largo de la historia sísmica reciente del país con eventos grandes de subducción (Golfito 1983, Cóbano 1990, Valle de la Estrella, Limón 1991 y Nicoya 2012), es que estos se convierten en un elemento que dispara importantes cambios en los patrones de esfuerzos regionales, generando principalmente al interior del país sismicidad de carácter superficial; la cual se presentó luego del sismo del 05 de setiembre del 2012 en el Valle Central, en la zona norte, en las cordilleras volcánica Central y Guanacaste, así como en el Caribe específicamente al suroeste de los Canales de Tortuguero. En el Valle Central las áreas con más cantidad de sismos registrados como consecuencia de este sismo, se ubicaron en Cartago y alrededores, Desamparados, Coronado y Escazú.

En el 2010 se observó que la sismicidad profunda de más de 50 km, se presentó en las cercanías de Zarcero, Volcán Poás y Ciudad Quesada.

El monitoreo diario realizado en tiempo real, por la Red Sismográfica del OVSICORI-UNA, ha permitido también el registro y la documentación ordenada de todos los eventos sísmicos ocurridos en Costa Rica y el análisis del comportamiento constante de la sismicidad en nuestro país, ha permitido un avance significativo en el conocimiento de las condiciones sismo-tectónicas que existen y que en el pasado se desconocían debido a la falta de un buen monitoreo sísmico y bases de datos sísmicos confiables.

### Referencias bibliográficas

- Boulder Real Time Technologies. (2010). Recuperado de: [www.brtt.com](http://www.brtt.com)
- Bratt, S. and Bache, T. (1988). Location Estimation Using Regional Array Data. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 78, pp780-798.
- De Mets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F. and Stein, S. (1990). Current plate motions. *Geophysical Journal International*, 1(2), 425-478. .doi:10.1111/j.1365-246X.1990.tb06579.x
- Engdahl, E. A. and Hill, A.R. (1974). Seismic and Geographical regionalization. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 64, 771-793.
- Fan, G.W., Beck, S.L. and Wallace, T.C. (1993). The seismic source parameters of the 1991 Costa ; Evidence for a transcurrent plate boundary. *J. Geophys. Res.*, 98, pp. 15759 - 15778.
- Fan, C., G. L. Pavlis, and Tuncay, K. (2006). GCLGRID: A three-dimensional geographical curvilinear grid library for computational seismology, *Computers in Geosciences*, 32, pp. 371-381.
- Geology Department at the University of Bristol. (2013). Global CMT Catalog. Recuperado de: <http://www.globalcmt.org/>
- Goes, S. D., Velasco, A. A., Schwartz, S.Y. & Lay, T. (1993). The April 22, 1991, Valle de la Estrella, Costa Rica (Mw = 7.7) earthquake and its tectonic implications: A broadband seismic study. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 98, pp.8127-8142.
- Güendel, F. and K. C. MacNally, 1981. Application of the Seismic Gap Method to the Seismicity of Costa Rica, Central América (Aplicación del método de la brecha sísmica a la sismicidad de Costa Rica) *EOS Trans.*, AGU, 62, p. 948.
- Havskov, J. and Ottemöller, L. (1999). Seisan earthquake analysis software. *Seismological Research Letters* 70, 532–534.
- Hutton, K. L., Boore, D. M. (1987). The ML scale in southern California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 77, 2074-2094.
- Klein, F. W. (1984). User's guide to Hypoinverse, a program for Vax and Pc350 computers to solve for earthquake locations, U. S. Geological Survey, Open File Report 84-000.

- Lienert, B. R. and Haskov, J. (1995). A computer program for locating earthquakes both locally and globally. *Seismological Research Letter*, 66, 26–36.
- Meschede, M. and Barckhausen, U. (2000). Plate tectonic evolution of the Cocos-Nazca spreading center. In Silver, E.A., Kimura, G., and Shipley, T.H. (Eds.), Proc. ODP, Sci. Results, 170: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1–10 [Online]. Available from World Wide Web: <[http://www-odp.tamu.edu/publications/170\\_SR/VOLUME/CHAPTERSSR170\\_07.PDF](http://www-odp.tamu.edu/publications/170_SR/VOLUME/CHAPTERSSR170_07.PDF)>. último acceso 2011-11-25.
- Marshal, J., Fisher, D. and Gardner, T. (2000). Central Costa Rica deformed belt: kinematics of diffuse faulting across the western Panama Block. *Tectonics*, 19, 468-492.
- Pacheco, J., Quintero, R., Vega, F., Segura, J., Jiménez, W., González, V. (2006). The Mw=6.4 Damas, Costa Rica, Earthquake, of November 20, 2004; Aftershocks and Slip Distribution. *Bull. Seismological Society of America*, 96, (4)A, 1332-1343.
- Quintero, R. and Kissling, E. (2001). An improved P-wave velocity reference model for Costa Rica, *Geofísica. Internacional*, 40(1), 3-19.
- Richter, C. (1935). An instrumental earthquake magnitude scale. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 25(1), 1-32.
- Universidad Nacional, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (2010). Recuperado de: <http://www.ovsicori.una.ac.cr>
- U.S. Geological Survey (2011). Global Earthquake Search. Recuperado de: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic>
- U.S. Geological Survey (2011). Latest Earthquake in the world. Recuperado de: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/>
- U.S. Geological Survey (2010) Earthworm Documentation. Recuperado de: <http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc/>.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1991) "Free software helps map and display data", *EOS* 72, 441, 445-446, 1991.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1995) "New version of the Generic Mapping Tools", released, *EOS* 76, 329.