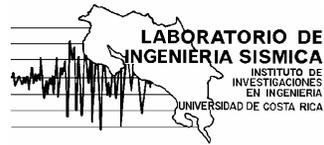


Universidad de Costa Rica
Instituto de Investigaciones en Ingeniería
Laboratorio de Ingeniería Sísmica



INTENSIDADES DEL SISMO DE BIJAGUA DE UPALA
($M_w = 5,4$), 27 DE ENERO DEL 2002

Autor:

Géol. Lepolt Linkimer A.

Marzo, 2002

INTRODUCCIÓN

Costa Rica se ubica en una zona de alta sismicidad. Desde tiempos históricos existen evidencias de una alta actividad sísmica en todo el territorio nacional, entre ellas los relatos de importantes terremotos en la época de la colonia y durante los últimos años la ocurrencia de varios terremotos con saldos significativos en pérdidas económicas y humanas.

En el contexto tectónico en el que se ubica Costa Rica, sobresale la fosa Mesoamericana, que se ubica a lo largo de la costa pacífica. En esta zona, la placa de Coco se sumerge bajo la placa Caribe. Bajo la región de Guanacaste y la zona norte la subducción alcanza profundidades de entre 100 y 200 km. Sobre esta misma zona, en la corteza, se han identificado una serie de fallas responsables de sismos históricos importantes, como los de Bagaces (1939 y 1941), Guatuso (1911), entre otros.

A partir de enero del 2002, la actividad sísmica en la zona de Upala se incrementó significativamente. El domingo 27 de enero, un fuerte sismo ($5,4 M_W$; $5,3 M_C$; $4,9 M_L$) sacudió la zona de Bijagua de Upala, provocando la alarma de la población y algunos daños menores en casas de madera de mala calidad. Las intensidades máximas generadas fueron de VI (escala Mercali Modificada).

Este informe pretende describir los efectos del evento principal de la secuencia sísmica que sacudió la zona de Upala durante el mes de enero del 2002. Se presentan además los resultados de la visita a la zona epicentral durante los tres días siguientes a la ocurrencia del sismo principal.

CARACTERÍSTICAS Y EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA

La zona de Bijagua de Upala ha presentado sismicidad baja en los últimos años. Sin embargo, a partir del año 2001 comenzó a ocurrir un promedio de 2 a 3 sismos por mes, con un incremento importante en el mes de setiembre cuando se produjeron 15 eventos.

La actividad de enero se inició el día 11 y alcanzó su máxima actividad el 27 de enero con varios pequeños eventos que se empezaron a registrarse desde las horas de la tarde. A las 8:49 p.m. se produjo el evento principal (Cuadro 1) Posterior a este evento continuaron gran cantidad de réplicas, más de 150 durante las doce horas posteriores al evento principal, con magnitudes inferiores a 4,1.

La mayoría de los eventos sísmicos se distribuyen con una orientación aproximada de NW-SE, desde el flanco nor-noreste del macizo Miravalles hasta el sector de Bijagua de Upala. La profundidad de la mayoría de los eventos es menor a 10 km. El Cuadro 2 muestra las características de los sismos sentidos durante el mes de enero del 2002 en la zona de Bijagua de Upala y alrededores.

Cuadro 1: Características del evento principal de la secuencia sísmica de Bijagua de Upala.

Parámetro	Información de la RSN
Fecha	Domingo 27 de enero del 2002
Hora Local	8:49 p.m. (02:49 del 28-02-2002, GMT)
Magnitud	5,4 M _w ; 5,3 M _c ; 4,9 M _L
Profundidad	4 km
Ubicación	5 km al noreste de Bijagua
Intensidades (Escala Mercalli Modificada, MM)	VI en Bijagua, El Pílon, El Salto; V en Río Naranjo y San Rafael de Guatuso; IV en Bagaces, Guayabo y Tilarán, III en Liberia y II en San José.

Cuadro 2: Sismos sentidos en la zona de Upala durante enero y febrero del 2002.
Información suministrada por la Red Sismológica Nacional (RSN)

#	Fecha	H. L.	Lat.	Long.	Prof	M	Localización	Intensidades (MM)
1	27-01	15:04	10,800°	85,122°	10,0	4,4	10 km al NW de Bijagua de Upala	V Bijagua, IV-III Bagaces y Upala
2	27-01	15:15	10,937°	85,054°	20,0	3,8	5 km al SW de Canalete, Upala	IV Canalete, Upala III alrededores
3	27-01	20:06	10,723	85,034°	20,0	3,6	S de Upala	II-III Upala
4	27-01	20:49	10,769°	85,026°	12,0	5,4	5 km al NE de Bijagua de Upala	Ver Cuadro 3.
5	27-01	20:58	10,778°	85,114°	11,7	3,3	S de Upala	II-III Upala
6	27-01	21:41	10,805°	85,109°	11,0	3,7	S de Upala	II-III Upala
7	27-01	23:13	10,758°	85,052°	20,3	3,3	S de Upala	II-III Upala
8	27-01	23:46	10,718°	85,159°	20,0	3,2	S de Upala	II-III Upala
9	27-01	22:00	10,711°	85,045°	8,4	3,4	S de Upala	II-III Upala
10	27-01	20:54	10,790°	85,100°	10,0	4,1	7 km al NW de Bijagua de Upala	IV-III Bijagua, III Upala
11	28-01	02:34	10,873°	84,958°	63,3	3,1	S de Upala	II-III Upala
12	28-01	02:53	10,780°	85,082°	13,3	3,5	S de Upala	II-III Upala
13	28-01	04:24	10,709°	85,190°	7,8	3,4	S de Upala	II-III Upala
14	28-01	05:22	10,746°	85,091°	11,0	3,7	4 km al NW de Bijagua de Upala	II-III Upala
15	28-01	07:55	10,753°	85,076°	11,0	3,7	3 km al NW de Bijagua de Upala	II-III Upala
16	28-01	17:26	10,765°	85,080°	22,6	3,8	S de Upala	II-III Upala
17	28-01	17:31	10,771°	85,066°	10,0	3,8	8 km al N de Upala	III Upala
18	28-01	17:58	10,770°	85,041°	11,2	3,6	14 km al S de Upala	III Upala
19	28-01	22:38	10,746°	85,066°	12,1	3,4	14 km al S de Upala	III Upala
20	30-01	01:02	10,708°	85,013°	15,0	4,3	6 km al SE de Bijagua de Upala	IV-III Bijagua
21	31-01	14:40	10,780°	85,087°	10,0	4,0	6 km al NW de Bijagua de Upala	IV Canalete y Bijagua de Upala
22	04-02	15:10	10,791°	85,103°	5,0	4,1	8 km al NW de Bijagua de Upala	IV Bijagua, III en Upala

Notas: # Número de evento; H.L. hora local; Prof. Profundidad (en km); M. Magnitud local, MM: Escala Mercalli Modificada.

ORIGEN DE LA ACTIVIDAD

La secuencia sísmica de la zona de Bijagua parece ser originada en la falla Caño Negro. Esta falla se extiende con un rumbo noroeste–surteste por unos 20 km en el flanco norte del volcán Miravalles. Al parecer es una falla normal asociada con esfuerzos tensionales en la zona. Sin embargo, el mecanismo focal de algunos eventos de la zona es de tipo inverso, por lo que es necesario un estudio detallado para poder determinar el tipo de falla que ha generado estos eventos.

EFFECTOS CAUSADOS POR EL SISMO

Durante la secuencia sísmica se reportaron un total de 22 sismos sentidos, de los cuales seis fueron percibidos con una intensidad (MM) igual o superior que IV (Cuadro 2). El primer evento sentido sucedió a las 3:04 p.m. del 27 de enero y fue percibido con una intensidad de V en la zona de Bijagua de Upala. No hay reportes de daños asociados con este temblor, solamente provocó la alarma de la población.

El evento principal ocurrió a las 8:49 p.m. del 27 de enero. Este sismo (5,4 M_w) fue sentido fuerte en gran parte del norte de Costa Rica y en forma leve en la península de Nicoya y otras poblaciones del centro y Caribe del país. El Cuadro 3 muestra la intensidad en la escala Mercalli Modificada (MM) asignada a cada una de las poblaciones investigadas.

En la figura 1 se muestra el mapa de isosistas del evento principal. La máxima intensidad fue de VI en las comunidades de El Pilón y Bijagua de Upala. En la población de El Pilón tres casas de madera fueron severamente afectadas, ya que sus bases por estar muy deterioradas y no poseer ariostes en forma de equis, se inclinaron y desestabilizaron toda la estructura (Figura 2). Además, ocurrieron pequeños deslizamientos, caída de rocas y pequeñas grietas producidas por el asentamiento diferencial de algunos tramos del camino hacia El Pilón (Figura 3).

En Bijagua hubo daños en los locales comerciales por caída de mercancías y objetos de los estantes. En el centro de salud y en algunas casas se agrietaron los repellos de paredes y pisos. Además, se interrumpió el fluido eléctrico y en gran parte de la comunidad se suspendió el servicio de agua, debido a daños en algunos tramos de las tuberías provenientes de las tomas de agua.

De inmediato, los sismos despertaron rumores sobre una posible actividad eruptiva de los volcanes Tenorio y Miravalles, ubicados muy cerca de las poblaciones afectadas. Esta situación, junto con la gran cantidad de réplicas sentidas luego del evento principal, desató el pánico en la población, especialmente en muchos residentes de Bijagua que decidieron abandonar la comunidad y refugiarse en la ciudad de Cañas en busca de seguridad.

Cuadro 3: Intensidades (MM) generadas por el sismo de Bijagua en algunas localidades del centro y norte de Costa Rica

Num.	Localidad	Intensidad	Dist (km)	Descripción
1	El Pilón	VI	3	Muy fuerte. Pánico general. Se tenía dificultad en caminar establemente. Tres casas viejas de madera (construidas sobre bases podridas) con daños severos, una de ellas inhabitable. Caída de objetos de los estantes. Pequeño estanque de tilapias destruido. Deslizamientos pequeños y caída de rocas a lo largo del camino hacia El Pilón. Asentamientos diferenciales en el camino, con grietas de 1-2 cm de ancho. Se reporta el cambio de coloración de las aguas en el sector de los teñideros del río Celeste.
2	Bijagua de Upala	VI	4	Sentido muy fuerte con un movimiento vertical de arriba hacia abajo y precedido por un fuerte ruido. Pánico general, mucha gente abandonó Bijagua y se dirigió hacia Cañas en busca de refugio. No se podía caminar establemente. Caída de objetos de los estantes, incluyendo televisores y otros artículos pesados. Los muebles fueron desplazados de su lugar. Grietas en repellos de paredes y en pisos. Se interrumpió el fluido eléctrico y el agua en una parte de la comunidad.
3	Las Flores de Upala	V	1,5	Sentido muy fuerte.
4	Zapote	V	5	Sentido muy fuerte. Caída de objetos livianos. Corte del suministro eléctrico. Algunos se dirigieron a Cañas luego del sismo.
5	Pueblo Nuevo	V	6	Sentido muy fuerte. No hubo caída de objetos
6	Buena Vista	V	7	Sentido muy fuerte, con un movimiento de arriba hacia abajo. Caída de objetos livianos de los estantes. Se escuchó un retumbo antes del sismo.
7	El Higuerón de Upala	V	8	Sentido muy fuerte. Caída de objetos livianos de los estantes
8	Canalete de Upala	V	10	Sentido muy fuerte. Caída de objetos livianos.
9	Río Naranjo	V	10	Sentido muy fuerte. Caída de objetos livianos de los estantes. Se escuchó ruido subterráneo justo antes del evento sísmico.
10	San Isidro	V	18	Sentido muy fuerte y corto. Caída de objetos
11	Cuipilapa de Bagaces	V	21	Sentido muy fuerte. Pánico general. Sillas y muebles se mecían
12	Upala centro	IV	17	Sentido fuerte por toda la población. La gente salió a la calle. Se produjeron sonidos de las estructuras. No hay caída de objetos.
13	Aguas Claras de Bagaces	IV	19	Sentido fuerte. No hubo caída de objetos
14	Guayabo de Bagaces	IV	22	Sentido fuerte. No hubo caída de objetos.
15	San Rafael de Guatuso	IV	23	Se reporta fuerte. Vibraron ventanas. Despertó a personas que dormían
16	San José de Upala	IV	26	Sentido fuerte. No hubo caída de objetos

Num.	Localidad	Intensidad	Dist (km)	Descripción
17	Cuatro Bocas de Upala	IV	26	Sentido fuerte
18	Tilarán	IV	30	Fuerte. Despertó a la gente que dormía. Lo sintió la gente en la calle
19	Bagaces	IV-V	36	Bastante fuerte. Los sintieron las personas que estaban caminando. Sillones y muebles pesados se movieron de sus lugares.
20	Cañas	III	36	Todas las personas lo sintieron con regular intensidad
21	Los Chiles	III	45	Sentido fuerte por la mayoría de las personas. No provocó alarma
22	Liberia	III	49	Fue sentido por casi todas las personas de la ciudad. Los que estaban en el parque se asustaron un poco.
23	Ciudad Quesada	III	79	Sentido por la mayoría de la gente. Vibración de ventanas y paredes en forma leve
24	Nicoya	III	82	Sentido leve y mecido por la mayoría de las personas.
25	Puntarenas	III	88	Personas en reposo sintieron el sismo.
26	San Carlos de Nicaragua	II	52	No provocó alarma
27	La Cruz	II	78	Sentido leve por las personas
28	Orotina	II	107	El sismo fue sentido leve por las personas en reposo.
29	Atenas	II	110	El sismo fue sentido leve por las personas en reposo.
30	Santiago de Puriscal	II	126	Sentido leve por las personas
31	Jacó	II	130	Sentido leve por las personas sentadas, como una oscilación
32	San José	II	136	Sentido sólo por personas en reposo.
33	Guácimo	II	156	Sentido leve por las personas

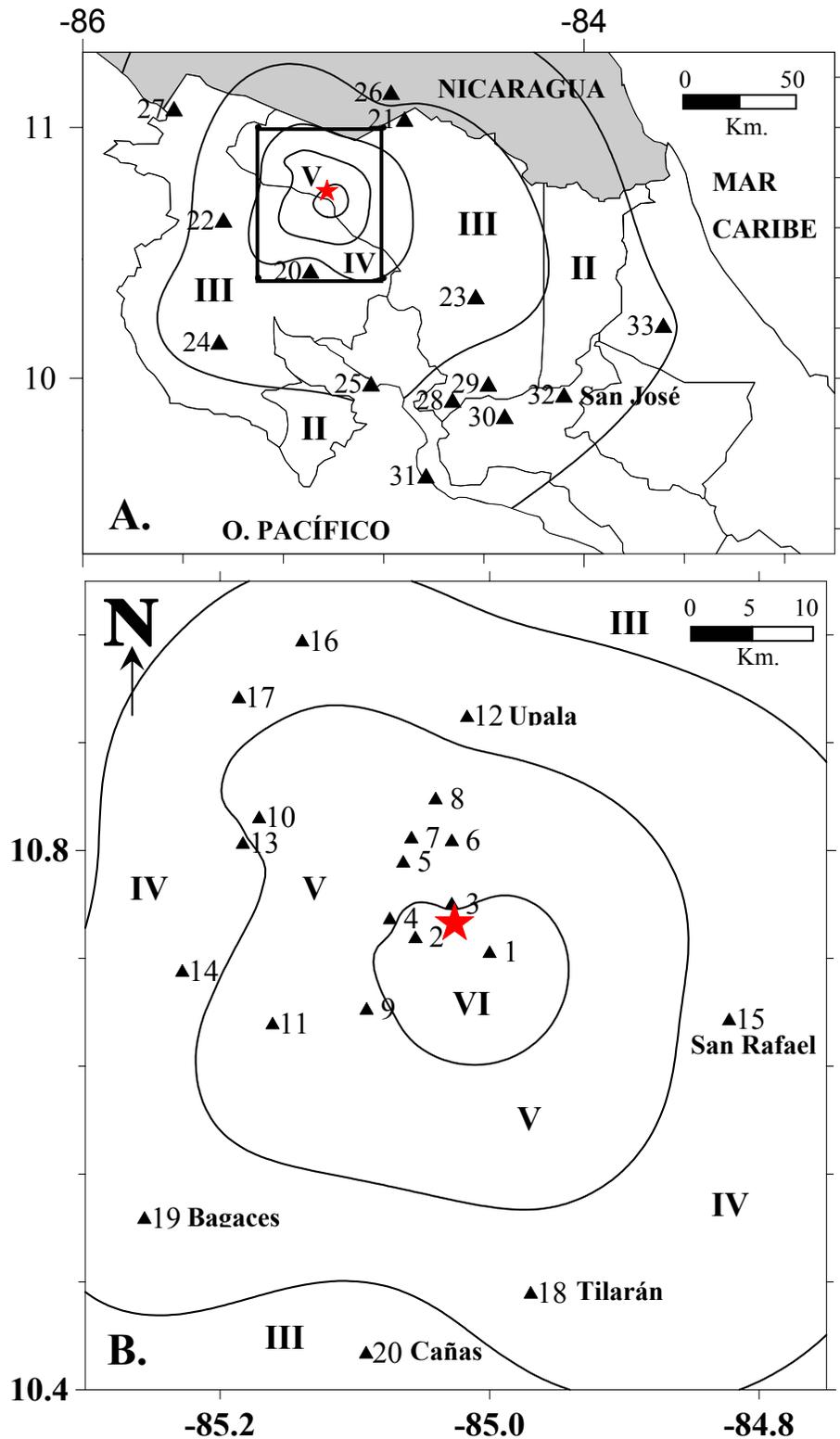


Figura 1: A. Mapa de isositas del sismo de Bijagua del 27 de enero del 2002 (5,4 Mw). B. Detalle de las isositas en la región más afectada por el sismo. Las localidades en las que se estimó la intensidad son indicadas por un triángulo junto al número de localidad referida en el Cuadro 3. La estrella representa el epicentro del sismo.



Figura 2: Daños en estructuras en la zona de El Pilón de Upala. **A)** y **B)** Casas con severos daños en sus bases debido a la ausencia de arriostres (en equis) y al mal estado de la madera. **C)** Casa amarrada con mecates a los árboles como medida implementada por los vecinos para evitar el colapso temporal luego del sismo. **D)** Daños en un estanque de tilapias.



Figura 3: Efectos geológicos debido al sismo de Bijagua en la zona de El Pílon de Upala. **A) y B)** Pequeñas grietas formadas por asentamiento diferencial en el camino de El Pílon. **C).** Deslizamientos en el camino de acceso a El Pílon.

Otro efecto notable luego de los sismos, fue el cambio en la coloración del agua en algunos manantiales celestes existentes en las faldas del volcán Tenorio. Estos cambios son normales y se deben a las perturbaciones en los acuíferos durante sismos importantes.

SEÑALES REGISTRADAS

El LIS posee 36 acelerógrafos distribuidas alrededor del país. El evento principal de la secuencia sísmica de Bijagua, fue registrado únicamente en la estación Taboga (TAB) ubicada aproximadamente a 46 km del epicentro.

La poca cantidad de registros se debe principalmente a que la zona norte del país, por presentar una actividad sísmica tan baja, está completamente desprovista de acelerógrafos. Además, el sismo de Bijagua fue de magnitud moderada y muy superficial, por lo que la energía sísmica se atenúa rápidamente siendo difícil de registrar en otras estaciones ubicadas en las provincias de Guanacaste y Puntarenas, como Liberia (a 49 km), Santa Cruz (76 km), Nicoya (a 82 km) y Puntarenas (88 km).

La estación Taboga se encuentra ubicada en la Hacienda Taboga, localizada cerca de Cañas. La geología de la estación consiste de paquetes aluviales de mucho espesor, depositados por el río Tempisque. Estas condiciones hacen favorable la amplificación de las ondas sísmicas y por lo tanto la posibilidad de haber registrado el sismo principal de la secuencia de Bijagua.

El acelerógrafo de TAB, corresponde con una ETNA epicensor, serie 2128. El aparato fue disparado por el sismo de Bijagua, no obstante los valores de aceleración registrados no son confiables ya que el instrumento se encontraba descalibrado. Es importante mencionar que este aparato es propiedad del Ingenio Taboga S.A. y fue adquirido con fines preventivos para detener el funcionamiento de la maquinaria en caso de la ocurrencia de un sismo fuerte. El LIS administra este instrumento desde julio del 2001 y a raíz del sismo principal de la secuencia de Bijagua, comprobamos que el aparato se encontraba operando incorrectamente. Por esta razón el aparato fue trasladado al laboratorio, fue calibrado comparando muestras de sus registros con otro instrumento de características semejantes, y se hicieron los ajustes necesarios para que finalmente el acelerógrafo funcionara en forma satisfactoria. Actualmente, el aparato se encuentra funcionando en el Ingenio Taboga.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Red Sismológica Nacional (RSN: ICE-UCR) por facilitar la información sísmica de los sismos registrados en la zona de Upala durante enero y febrero del 2002. Igualmente, se agradece a la Escuela Centroamericana de Geología la disposición de un vehículo con el cual se visitó la zona epicentral el mismo día de la ocurrencia del evento principal.