

**INSTITUTO COSTARRICENSE ELECTRICIDAD  
C.S. EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA  
ÁREA AMENAZAS Y AUSCULTACIÓN SISMO-VOLCÁNICA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA**



***TERREMOTO DE DAMAS (QUEPOS)  
DEL 20 DE NOVIEMBRE DEL 2004***



**Diciembre del 2004**

**Editores: Rafael Barquero P.  
Wilfredo Rojas Q.**

**Colaboraron:**

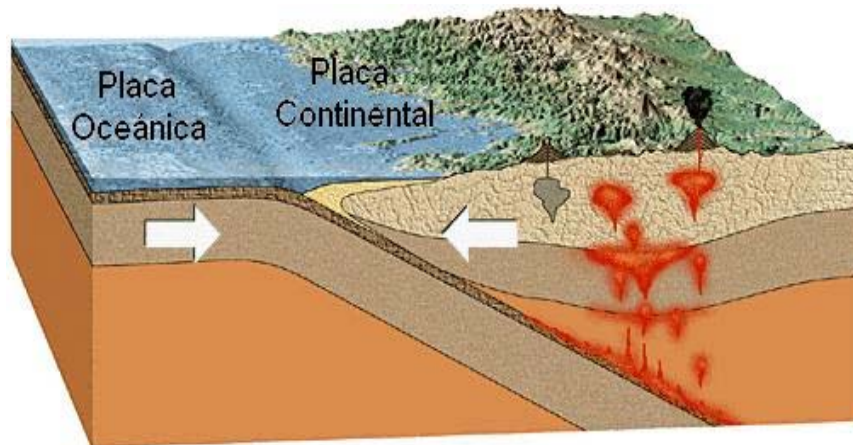
**Wilfredo Rojas (UCR)  
Rafael Barquero P (ICE)  
Mario Fernández (CIGEFI)  
Walter Montero (UCR)  
Ileana Boschini (ICE)  
Mauricio Mora (UCR)  
Geovanni Peraldo (UCR)  
John Laurent (ICE)  
Pablo Ruiz (LIS-UCR)  
Pablo León (UCR)  
Hilmar Bungum (NORSAR)  
Guillermo Alvarado (ICE)  
Magda Taylor (UCR)  
Carlos Redondo (UCR)  
Allan López (ICE)  
Alvaro Climent (ICE)  
Luis F. Sáenz (ICE)  
Marco Barahona (UCR)  
Víctor Schmidt (LIS)  
Comisión Nac. Emergencias (CNE)  
Personal técnico y asistentes de la RSN: ICE-UCR  
Inst. Investigaciones en Ing. (INII-UCR)**

## INTRODUCCIÓN

El día sábado 20 de noviembre de 2004 a las 02:07 a.m. ocurrió un sismo muy fuerte (Mw 6,2) con epicentro en Damas de Quepos, el cual despertó prácticamente a todas las personas que se encontraban cerca de la zona epicentral e incluso en San José, Heredia, Alajuela y Turrialba. En la zona de Parrita, Quepos y en poblaciones de la zona de León Cortés, hubo caída de objetos (televisores, muebles, etc.) y daños importantes a estructuras en mal estado como techos, pisos y paredes de algunas casas. También se reportó el colapso de un comisariato en Pocares de Quepos. En San José fue percibido fuerte y se reporta la caída de objetos inestables en viviendas, ventanas quebradas. Se reportó la muerte de 7 personas principalmente por infartos y otra por accidente de tránsito. Las pérdidas estimadas son del orden de los 2500 millones de colones (CNE) principalmente por daños en viviendas, carreteras, puentes, acueductos y líneas eléctricas.

### Antecedentes

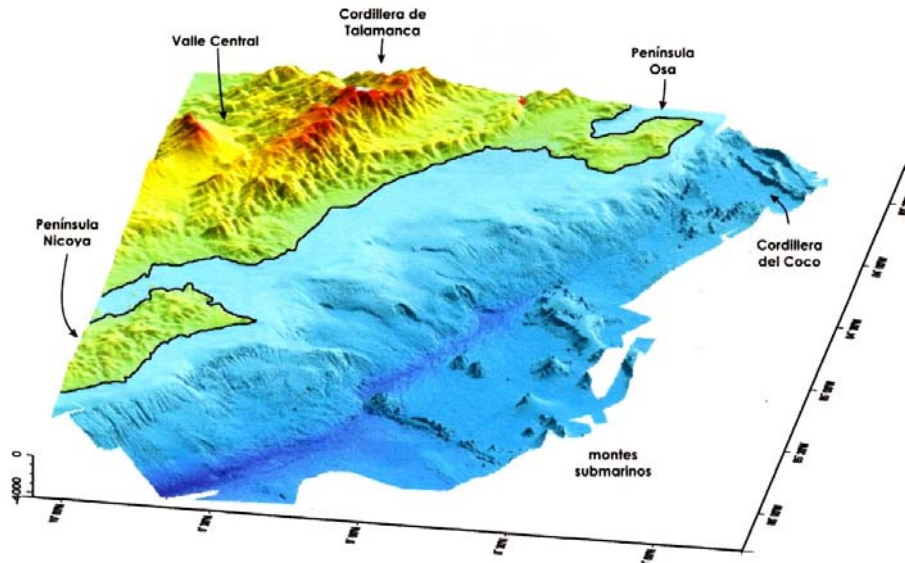
La introducción de la placa del Coco debajo de la Caribe origina una zona de sismicidad que se extiende desde la fosa hacia el interior del país, que se conoce como "zona de Benioff", en la cual se producen los sismos más fuertes que ocurren en Costa Rica, causando daños importantes en las regiones costeras cercanas al epicentro y daños menores hacia el interior del país. Además, la actividad entre estas dos placas genera complejos sistemas de fallas hacia el interior del país (Fig. 1).



**Fig. 1: Modelo de la subducción de la placa del Coco bajo la Placa Caribe**

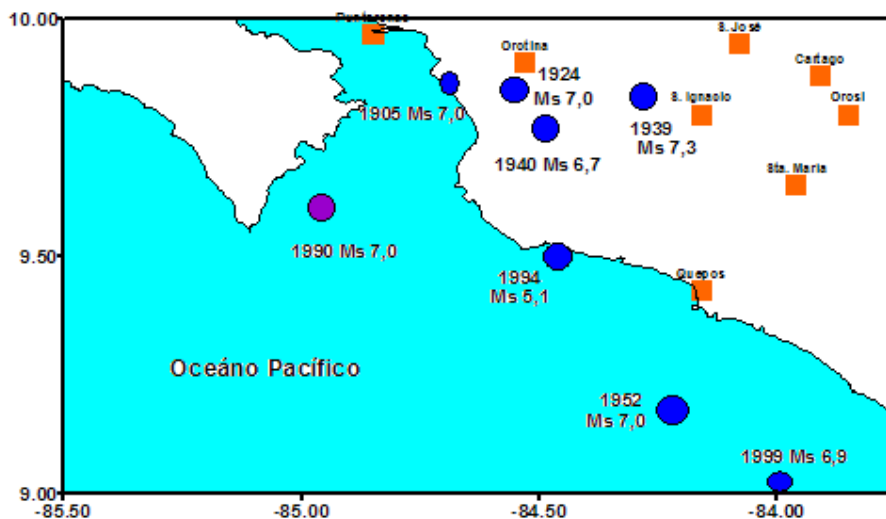
El margen convergente del Pacífico de Costa Rica ha sido dividido, con base en sus características sismológicas y tectónicas en varios segmentos (Morales, 1985). El de la región central que nos interesa, se extiende desde el borde este del Golfo de Nicoya hasta el borde occidental de la península de Osa y ha sido denominado por Montero (1986) como "Zona Sísmica de Quepos" (ZSQ). Este segmento presenta una orientación de compresión SO-NE y un ángulo de buzamiento entre 30° y 45° hacia el NE. Los sismos alcanzan profundidades máximas del orden de los 100 km. Además, la subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe, se ve complicada por la presencia de la "dorsal del Coco" la cual presenta una topografía irregular. El mapa batimétrico muestra numerosos montes y cordilleras submarinas volcánicas cruzando la placa

subducida. También se muestran rasgos morfológicos causados por la subducción de los montes como arrugas lineales, áreas en forma de domo levantadas y hundimientos de diferentes dimensiones. Estos rasgos morfológicos interpretados como las huellas del arrastre de los montes marinos en diferentes estados de subducción (Fig. 2, von Huene et al., 1995).



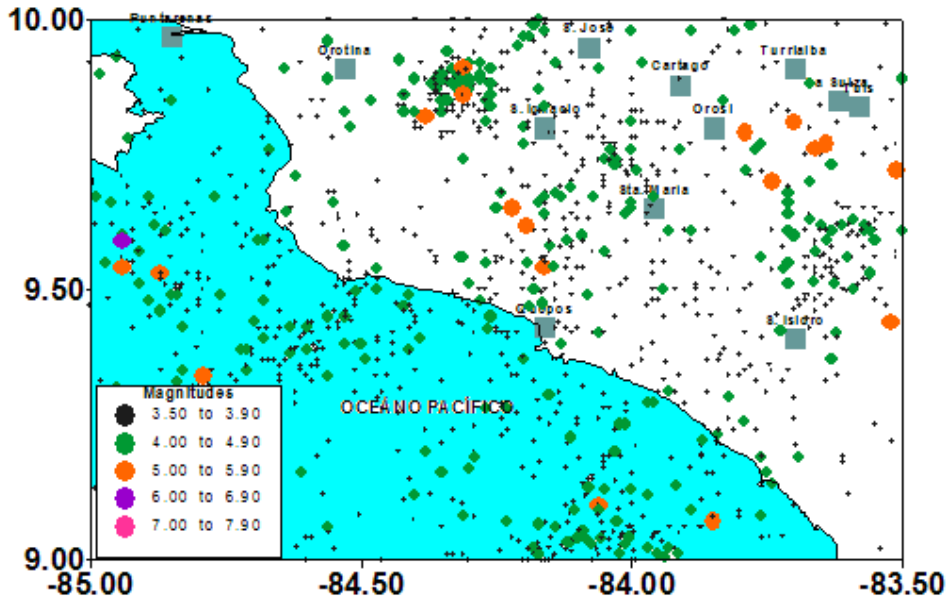
**Fig. 2: Morfología del fondo oceánico del Pacífico Central de Costa Rica**

Esta zona presenta esfuerzos tectónicos compresivos con orientación N30°-40°E (Montero, 1986; López, 1999) y tiene capacidad de generar eventos importantes, como el del 9 de setiembre de 1952, de magnitud 7,0 el cual provocó daños en el Valle Central (Montero y Climent, 1990). El 20 de agosto de 1999 a las 4:02 a.m. ocurrió también un sismo de magnitud 6,9 Ms; 6,9 Mw en la zona de Quepos (Rojas et al., 1999) (Fig. 3).



**Fig. 3: Sismicidad histórica en la región del Pacífico central**

La sismicidad registrada por la Red Sismológica Nacional (RSN) en la zona del Pacífico Central de Costa Rica en el período 1985 al 2000, se muestra en el cuadro 1 (Fig. 4) con los eventos con magnitud mayor o igual a 3,5 clasificados por orden de magnitud.



**Fig. 4: Sismicidad del Pacífico Central, RSN (1985-2000)**

En el Cuadro 1 la estadística tanto de número de sismos por rango de magnitud como por profundidad. De la Fig. 4 y el Cuadro 1 se puede notar la ocurrencia de una buena cantidad de eventos cuyas magnitudes son menores a 4, teniéndose un porcentaje de 74%, mientras que los mayores de 5 son apenas un 2%.

**Cuadro 1: Sismicidad instrumental (1985-2000)**

Magnitud (MI)	Sismos	%
3,0 a 3,9	3725	74
4,0 a 4,9	1244	24
5,0 a 5,9	67	2
6,0 a 7,5	0	0,04

En la región pacífica central la RSN reportó en el periodo un total de 132 sismos sentidos con magnitudes entre los 3,5 y 5,5, siendo casi todos ellos asociados con el proceso de subducción.

La zona que presenta una actividad mayor es la ubicada en el flanco sureste (Dominical), es más uniforme en el tiempo, y únicamente no se reporta actividad sentida en los años 86 y 89. El área noroeste que se observa en el mapa de la Fig. 4 (Jacó) es la que presenta menor actividad y no es tan uniforme en el tiempo. La actividad en el área central (Quepos-Parrita) aunque no es tan uniforme como la de Dominical en todo el período, se presenta muy activa desde el año 1991. En el año 1990 hay un incremento en la actividad de todas las zonas, relacionado posiblemente con la ocurrencia del terremoto

de Cóbano de ese mismo año. En el caso de la zona central también se presenta una actividad importante en el año 1987 y 1996 en la cual el evento principal tuvo una magnitud local de 5,0 y 5,5 respectivamente.

Resulta evidente que la región Pacífica Central, es bastante activa, con la ocurrencia en promedio de al menos cuatro eventos sísmicos reportados como sentidos por año, y cuyas magnitudes varían entre los 3,5 y 5,5 grados de magnitud. La carencia de grandes temblores, en la zona, podría obedecer al hecho de que la presencia de montes marinos no favorecen la acumulación de grandes esfuerzos (por el desacople entre las placas) que culminen con la ocurrencia de grandes temblores. Por lo tanto se podría esperar que la liberación de energía en este sector del país se de a través de sismos de magnitud moderada.

Como se ha comentado anteriormente, la zona pacífica central presenta sismicidad importante aunque no de magnitudes altas. De especial interés es la actividad del mes de julio de 1987, durante el cual ocurrieron tres eventos sísmicos importantes. El evento principal ocurrió el día 15 de julio y tuvo una magnitud de 5,0. La intensidad máxima reportada fue de V (MM) en los alrededores de Quepos y Parrita. La solución del mecanismo focal fue de un fallamiento inverso de rumbo NW-SE que concuerda con una ruptura por subducción entre las placas Coco y Caribe.

Otra actividad importante se presentó durante el mes de diciembre de 1994. El día 28 de diciembre se registró un temblor de regular magnitud (Md 4,1). Este sismo fue sentido en la región central de Costa Rica con una intensidad de grado IV (MM). Posteriormente, una hora y veinticuatro minutos después, se sintió otro temblor de mayor magnitud (Md 5,1) que fue sentido en la mayor parte del país y el oeste de Panamá, el cual fue localizado cerca de las poblaciones de La Julieta y Parrita. La máxima intensidad fue de VI+ en esta última localidad, en donde fueron reportados algunos daños menores en construcciones. Continuó una actividad de réplicas de las cuales la de mayor magnitud (Md 4,5) se registró a las 22:00:01 (GMT). A finales de agosto y setiembre de 1996 la región del Pacífico Central mantuvo un nivel alto de actividad sísmica. Dos eventos de magnitudes 5,3 y 5,5 fueron registrados y fueron sentidos en casi todo el territorio nacional, ambos eventos fueron localizados a 18 y 19 km al suroeste de Quepos; estos sismos produjeron intensidades máximas de VI (MM) en Quepos y Parrita donde se reportaron daños leves. Posterior a los eventos principales se registraron réplicas de las cuales muy pocas fueron reportados como sentidos.

#### **Características del Terremoto de Damas (20-11-2004)**

Hora local : 2:07 a. m.

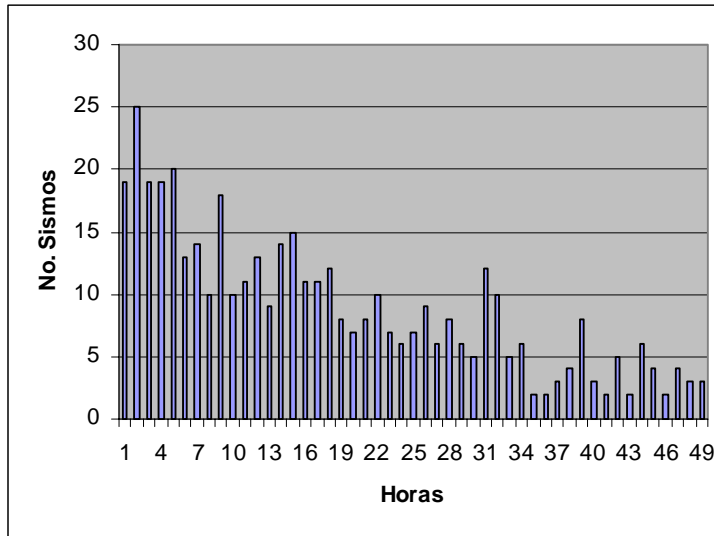
Magnitud: 6,2 Mw

Localización: 9 km al noroeste de Quepos, en territorio continental.

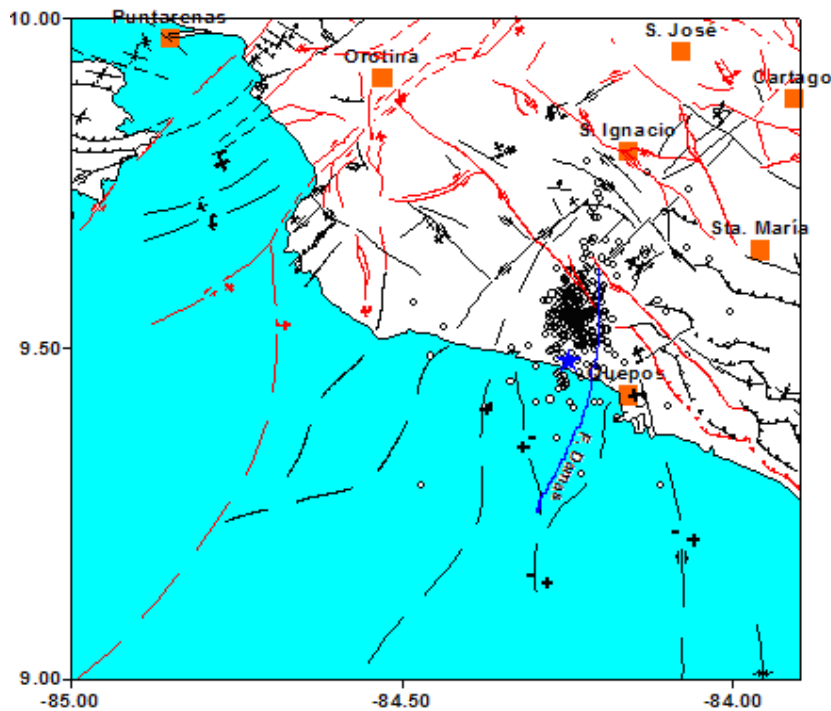
Profundidad: 25 km

En la primera hora posterior a la ocurrencia del sismo principal se registraron al menos 20 réplicas. A las 5 a.m. continuaban siendo registradas réplicas de muy variada intensidad en los sismógrafos de la Red Sismológica Nacional instalados en todo el país, lo cual es normal luego de un sismo de magnitud considerable (Fig. 5).

Después del evento principal y hasta las 10:24 a.m. del día 20 de noviembre se registraban unas 200 réplicas con magnitudes entre los 2 y los 4,2 grados. Varias de estas fueron sentidas y reportadas por la población. La actividad de réplicas continuó durante las siguientes horas con tendencia a la disminución a partir del día lunes 22 de noviembre, cuando ya que se registraron muy pocos eventos y de muy baja magnitud (Gráfico 1).



**Gráfico 1: Sismos registrados por hora después del sismo principal**



**Fig. 5: Mapa del sismo principal (estrella azul) y réplicas en la zona de Parrita y Quepos.**



## **REPORTES DE DAÑOS**

El Terremoto de Damas del 20 de noviembre del 2004 provocó gran cantidad de daños, principalmente en la región del Pacífico central y en la zona del sur del Valle Central en poblaciones como: Parrita, Quepos, Llano Bonito y La Trinidad de León Cortés. En Isla Damas de Quepos, se reportaron 80 viviendas con daños severos. En San José el sismo causó alarma general. En los hospitales San Juan de Dios, México y Nacional de Niños se reportaron pacientes con fracturas, golpes y cortaduras. Edificios como los del Banco Nacional, y ascensores de edificio del ICE, Hospital México y Racsca quedaron atorados. En la carretera Braulio Carrillo se identificaron varios deslizamientos que interrumpieron el paso hacia Limón por varias horas. La Compañía de Fuerza y Luz informó de interrupciones del servicio eléctrico en 131 sectores como San José centro, Tibás, Moravia, Guadalupe, Coronado y Desamparados; estas fallas se debieron a cables reventados y transformadores quemados. El ICE informó también de la suspensión del servicio eléctrico en Quepos y Parrita, en donde inclusive cayeron algunos postes, pero el servicio fue restablecido varias horas después. Acueductos y Alcantarillados informó de daños en el servicio en Isla Damas, Parrita y Quepos por daños en las tuberías de abastecimiento. La Clínica de la CCSS en Parrita sufrió daños severos que obligaron a su clausura. En la carretera principal que comunica Parrita con Quepos y en lugares como isla Damas que produjeron profundos agrietamientos de varias decenas de metros de longitud, así como fenómenos de licuefacción y volcancitos de arena, generados por el comportamiento de suelos arenosos saturados de agua en capas confinadas, que con fuertes sacudidas sísmicas se ven sometidos a cambios de presión hidrostática.

En Palo Seco de Parrita unos tanques de aceite de palma colapsaron por falla de sus estructuras de soporte. En muchos de los negocios de Quepos, Parrita e incluso en San José, ocurrieron pérdidas cuantiosas por la caída de mercadería de los estantes. Se estiman las pérdidas por este sismo en unos 2.500 millones de colones equivalentes a unos 7 millones de dólares (fuente CNE) debidas a la destrucción parcial o total de más de 500 viviendas, unos 27 puentes y varias carreteras con daños.

Desde la primera hora posterior al sismo la CNE declaró alerta amarilla y desplazó personal y ayuda para los damnificados. El día martes 23 de noviembre el Gobierno de la República decretó como zona de emergencia las poblaciones afectadas por el terremoto, con lo cual se agilizarán las labores de asistencia y restablecimiento de los servicios.

En el anexo 1 se presentan las localidades donde fue reportado el sismo como sentido y su grado de intensidad en escala Mercalli (MM).

### **Efectos en el suelo**

#### **Fracturamiento del terreno**

Una gran cantidad de fisuras, la mayoría abiertas con desplazamientos verticales menores a 0,5 m se produjeron como efectos indirectos, producto del comportamiento de los suelos formados por rellenos aluviales, que ante fuertes sacudidas sísmicas sufren asentamientos diferenciales o licuefacción, como fueron observadas en Palo Seco, Isla



de Damas y entre Pocares y Parrita. La tabla 1 muestra los detalles de las mediciones de fisuras en los sitios visitados.

### **Licuefacción**

Fueron visitadas algunas áreas afectadas por licuefacción, moderada. Las áreas afectadas corresponden con el sector de la Clínica del Seguro Social y Estadio y antiguo aeropuerto de de Parrita. La Clínica de Parrita se localiza en un terreno relleno para efectos de construcción, por lo que el efecto de licuefacción en los alrededores de la estructura de la clínica pudo generar falla de fundación o asentamiento en sus cimientos, de hecho el edificio presenta al frente un hundimiento de aproximadamente 2 a 3 cm.

En Palo Seco en el centro poblacional, justo a la entrada de la población en las coordenadas  $09^{\circ} 29,625'$  –  $84^{\circ} 19,597'$  y en el sector norte de Palo Seco, en las coordenadas  $09^{\circ} 29,598'$  –  $84^{\circ} 19,914'$  se produjeron efectos de licuefacción. En Isla Damas en las coordenadas  $09^{\circ} 27,480'$  –  $84^{\circ} 12,291'$  fueron observados volcancitos de arena de aproximadamente 2 m de diámetro. Esta información es importante para posteriores investigaciones que en el lugar se realicen sobre Ordenamiento Territorial.

### **Efectos de rotación de las estructuras y objetos**

Un aspecto que llamó la atención fue la rotación de estructuras, por ejemplo, en la empresa MARTEC de Quepos, un tanque para almacenamiento de agua potable, se corrió y giro sus soportes de un centímetro.

En las coordenadas  $09^{\circ} 32,143'$  –  $84^{\circ} 17,157'$  tanques para el almacenamiento de aceite vegetal fueron derribados por los efectos del sismo. Uno de ellos fue lanzado a 6 m de distancia de sus bases y lo interesante es que los soportes de acero de éstos quedaron retorcidos, lo que indica un efecto rotacional en el sitio. Este es el efecto rotacional más importante que hasta el momento se pudo observar en el área afectada.

En Isla Damas una vivienda de la finca de la familia Arrea se corrió hacia el Este unos cuatro centímetros y presentó un giro de aproximadamente 1 cm hacia el NE.

En Palo Seco se nos confirmó el movimiento rotacional de unos roperos, al igual que cámaras de refrigeración. Sin embargo, no aclaró exactamente la dirección en que rotaron dicho mobiliario.

### **Efectos en el mar**

Debido a la información respecto a alteraciones en el oleaje, era de interés preguntar a pobladores de Quepos, Parrita, Isla Damas y Palo Seco respecto a efectos en el océano y no confirmaron nada anormal en cuanto al comportamiento de las mareas o del oleaje, lo que permite descartar que la ruptura en la falla haya afectado en superficie. De todos modos el tipo de fallamiento formado no hubiese permitido un efecto de esta naturaleza.

Frente a las coordenadas  $09^{\circ} 29,598'$  –  $84^{\circ} 19,914'$  se observó una línea de burbujas paralela a costa en el momento que se producía una réplica. Este efecto se originó 300 m

de distancia de la línea de costa (Andrés Sibaja, surfista y vecino de Palo Seco, referencia primaria). El observador indicó que justo en el momento de la salida de burbujas sintió un calentamiento leve en el agua. Este efecto puede ser explicado en función de una perturbación en el sedimento (corrimiento lateral de bancos de sedimento) y liberación de gases orgánicos, tal como metano entre otros, ya que el área se encuentra dentro de la zona de influencia del río Parrita, que deposita sedimento con materia orgánica.

### **Efectos locales en la pista de aterrizaje**

En la pista del aeropuerto de Isla Damas se observaron las losas de cemento sobrecorridas en una distancia de 15 cm. Esto puede tener una explicación en función de la respuesta del material de la pista de aterrizaje, ante las ondas sísmicas superficiales, no obstante, donde además se observaron algunas evidencias de asentamiento diferencial por debajo de las losas de la pista.

### **Otras observaciones**

Un vecino y una familia de Isla Damas manifestaron que inmediatamente al inicio del sismo, sintieron un efecto que describen como “un bajonazo”. Esto podría indicar el efecto gravitacional predominante de la fuente que originó este terremoto.

En Palo Seco se produjo un interesante efecto en un pozo excavado que tiene una profundidad de 4 m, en éste, el agua se rebalsó y el pozo quedó con gran cantidad de arena, posiblemente debido a la licuefacción.

### **Análisis de intensidades**

Con base en los reportes de cómo fue sentido el terremoto en las diversas poblaciones se elaboró el mapa de isosistas (intensidades MM, anexo 1) para Costa Rica (Fig. 6) y también otro considerando las intensidades en países vecinos (Fig. 7). Se estimó que la intensidad máxima para este evento de VII (MM), ya que aunque se presentaron muchos daños en la zona epicentral, la mayoría de ellos se debió a construcciones en mal estado o medio soportante de muy baja calidad (suelos arenosos por su ubicación en la zona del delta o desembocadura del río Parrita) o laderas inestables.

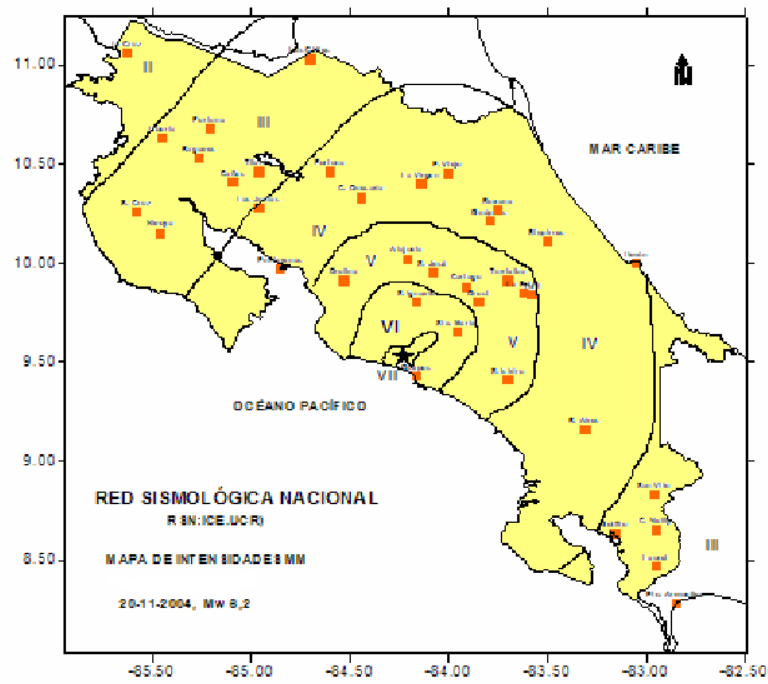


Fig. 6: Mapa de intensidades (MM) del terremoto de Damas del 22 nov. 2004

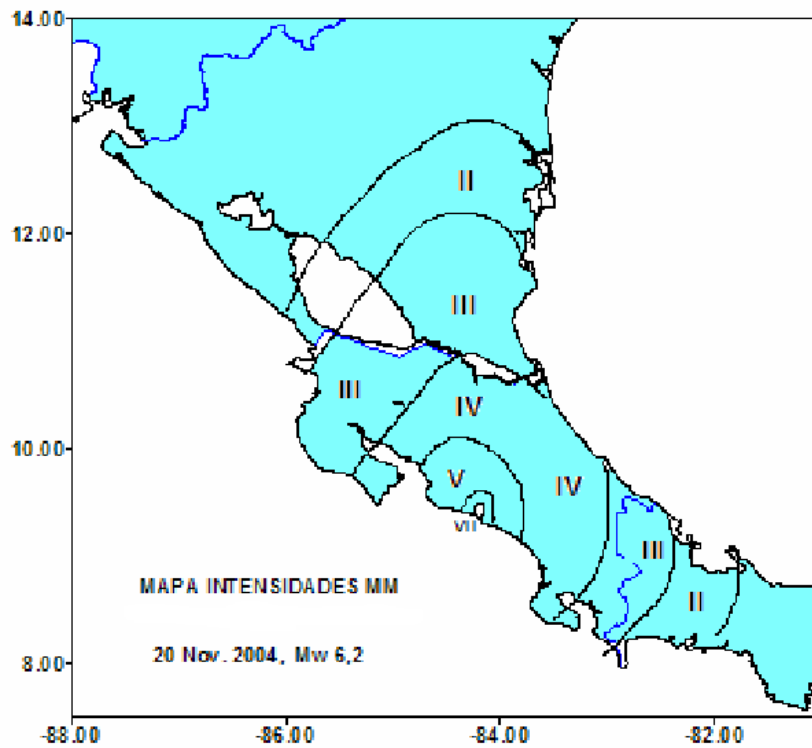
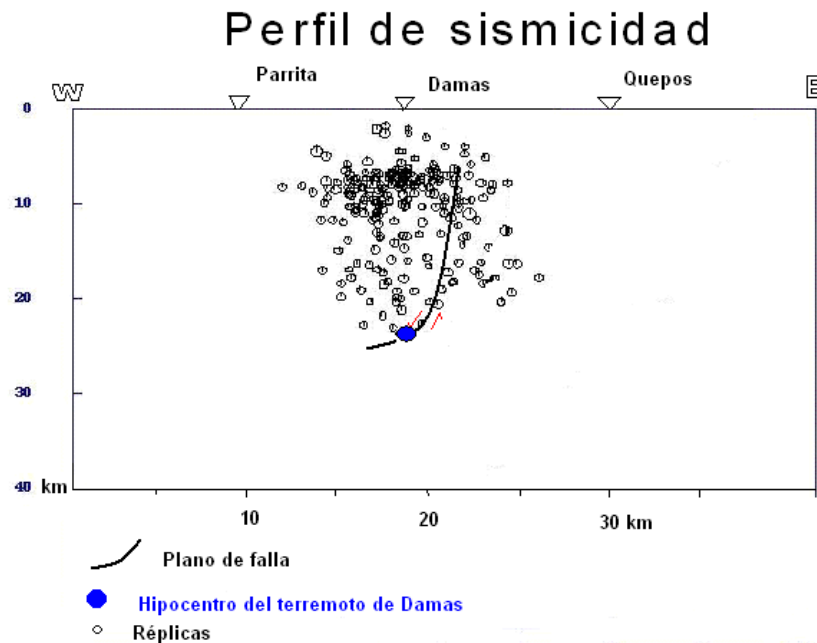


Fig. 7: Mapa de intensidades (MM) del terremoto de Damas para Nicaragua, Costa Rica y Panamá

## DISCUSIÓN

La región del Pacífico Central de Costa Rica es parte del antearco originado por la subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe a lo largo de la “Fosa Mesoamericana” (FMA). A partir de la Península de Nicoya y hasta la península de Burica la subducción en la FMA se hace progresivamente más compleja como respuesta a la batimetría de la placa del Coco y a la indentación de la Dorsal del Coco y cadenas de montes submarinos en la fosa, que se traducen en puntos denominados barreras o asperezas, lo que resulta en una somerización de la subducción, engrosamiento de la corteza superior y generación de fallas (Fig. 4 y 5) (Fisher et al. 2004, López, 1999).

A partir de la distribución de réplicas en profundidad (Fig. 8) y de los análisis de mecanismos focales y la información recaba en el campo, se interpreta que el evento fue originado en una ruptura interna localizada en la parte profunda de la corteza continental que postulamos con el nombre de “*falla Damas*” (Figs. 5 y 8), que se deslizó unos 52 cm a lo largo de un plano de fractura de unos 13 km de longitud, orientada en dirección aproximadamente NNE. Cada cierto tiempo es posible que por efectos de la gravedad, ocurran movimientos principalmente verticales en estas fallas por reacomodo isostático, aunque no se tienen detalles suficientes en el registro sísmológico histórico, para poder determinar periodos de retorno para estas fuentes sísmicas.





**Fig. 8: Perfil E-W de la sismicidad asociada al terremoto de Damas**

Este tipo de fenómeno sismotectónico, se caracteriza, porque, a esa profundidad de más de 25 km, la principal deformación ocurre en forma vertical hacia el interior de las capas visco-plásticas de la corteza, donde por la condición parcialmente caliente de ese ambiente tectónico, la deformación es más fácilmente absorbida, disminuyendo la

amenaza de réplicas mayores y por eso la rápida decaída en el número de réplicas y sus bajas magnitudes. Por lo tanto, es importante aclarar que este evento sísmico no se ubica en el plano de interacción de las placas Coco y Caribe, que esa área se ubica a unos 40 km de profundidad y tampoco es debido a fallamiento local de la superficie del terreno que usualmente es en los primeros 10 a 15 km de profundidad en esa zona. La profundidad del terremoto explica el por qué se llegó a sentir con fuerza en una gran parte del territorio nacional. Por otra parte, se notó un claro direccionamiento en sentido N-S de la energía que liberó este sismo, por lo que en el Valle Central se percibió fuerte mientras que en las regiones Norte y Sur del país fue más débil, como se observa en los mapas de intensidades (Figs. 6 y 7).

El mecanismo focal efectuado en campo cercano por RSN, como el elaborado desde campo lejano por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) para este terremoto (Cuadro 2), presentan una solución de tipo fallamiento normal con una ligera componente de rumbo sinestral, que concuerda con esta interpretación del evento. Además, el número de réplicas se caracterizó por rápida decaída en el tiempo, la mayoría se dieron en las 12 horas posteriores al evento y en las siguientes 48 horas decayeron rápidamente, además han sido de poca magnitud, donde la de mayor tamaño, lo que registra es 4.3 MI.

Agencia	Planos de falla	Rumbo	Buz	Desliz	Mecanismo
USGS	PN1	209°	34°	-15°	
	PN2	312°	82°	57°	
RSN	PN1	170°	45°	-60°	
	PN2	307°	53°	65°	

**Cuadro 2: Mecanismos focales para el terremoto de Damas**

La mayoría de daños reportados por este terremoto se asocian con viviendas pobremente construidas, sin estructuras adecuadas. Edificaciones antiguas en madera que colapsaron por ruptura de basas de madera.

La Clínica de Parrita afectada severamente por asentamientos de terrenos con mala respuesta a las perturbaciones sísmicas. En Isla Damas se observó que los daños responden a problemas de suelos, arenosos de baja cohesión que presentaron importantes efectos de licuefacción. Los registros de acelerógrafos muestran valores moderados de aceleración del suelo (un 20-25 % de g) en campo cercano (INII-UCR). Todos estos factores nos permiten determinar que el terremoto originó intensidades máximas del orden de VII (Mercalli Mod.) en la zona epicentral.

## Conclusiones

Sismo principal: el 20/11/04 02:07 6.2 Mw  
Profundidad: 25 km al inicio de ruptura con propagación ascendente hasta 12 km  
Mecanismo focal: de tipo normal con una componente de rumbo sinistral.  
Número de réplicas sentidas: 25  
Replica mayor: el 20/11/04 a las 02:14 4.3 MI  
Intensidad máxima (MM): VII  
Aceleración máxima medida: 25% g en acelerógrafo de Quepos  
Fuente sísmica: Falla gravitacional con una componente de rumbo sinistral, ubicada en la parte inferior de la corteza continental, sin ruptura superficial (Falla Damas).  
Dirección de la falla: NS  
Ángulo de inclinación de la falla: 45° al W  
Longitud de la ruptura: 13 km  
Ancho de ruptura inclinada: 12 km  
Desliz. en plano de falla: 52 cm. (principalmente vertical)  
Área de la ruptura: 156 km<sup>2</sup>  
Tiempo de ruptura: posiblemente menos de 2 segundos  
Tiempo de máxima sacudida: 6 segundos, en área mesosísmica.  
Energía sísmica:  $1.47 \times 10^{21}$  ergios = 30.000 Ton. de TNT  
Propagación preferencial de la energía: en dirección S-N  
Caída de esfuerzos:  $4.8 \times 10^{18}$  N/m, rápida disminución del N° réplicas (400 entre 2.0 a 4.3MI en 7 días)  
Efectos: 8 muertes por causas indirectas. Daños concentrados en un área mesosísmica de 25 km de diámetro, colapso de viviendas con estructuras defectuosas, fracturas en terrenos poco consolidados, asentamientos diferenciales y licuación.  
Costo estimado daños: 2500 millones de colones (CNE)

## REFERENCIAS

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE): Informe preliminar sismo 20 de noviembre magnitud 6,2. 3 pp.

Fisher, D.M.; Gardner, T.W.; Sak, P.B.; Sánchez, J.D.; Murphy, K.; Vannucci, P. 2004: Active thrusting in the inner forearc o fan erosive convergent margin, Pacific coast, Costa Rica. *Tectonics*, Vol. 23. 13 pp.

López, A. 1999: Neo and paleostress partitioning in the SW corner of the Caribbean Plate and its fault reactivation potencial. Tesis Ph D, Univ. de Tubingen, Alemania. 293 pp.

Montero, W. 1986: Periodos de recurrencia y tipos de secuencias sísmicas de los temblores interplaca e intraplaca en la región de Costa Rica. *Rev. Geol. Amer. Central*. 5:35-72

Montero, W.; Climent, A. 1990: Los terremotos de Grecia de 1882 y de Quepos de 1952, Costa Rica: distribución de intensidades y origen tectónico. *Rev. Ciencia y Tecnología*, 14 (1-2) 81-105

Rojas, W., Redondo, C. 2002: El temblor de Quepos del 20 de agosto de 1999 (6,9 Mw): fuente sísmica y evolución de la sismicidad. *Rev. Geol. Amer. Central*. 26:65-70.

Von Huene, R., Bialas, J., Fluh, E., Cropp, B., Csernok, T., Fabel, E., Hoffmann, J., Emeis, K., Holler, P., Jeschke, G., Leandro, G., Pérez, I., Chavarría, S., Flores, H., Escobedo, Z., León, R., Barrios, L. 1995: Morphotectonics of the Pacific convergent margin of Costa Rica. En: Mann, P. (ed) *Geologic and tectonic development of the caribbean plate boundary in southern Central America: Colorado-EEUU*, Geological Soc. of Amer. Special paper 295, 249 pp.

Periódicos nacionales consultados: La Nación, Al Día, La Extra.



**ANEXO 1: DATOS DE INTENSIDADES TERREMOTO DE DAMAS DEL 20 NOV. 2004, Mw 6,2**

No.	Localidades	Distancia	Int	Descripción
1	Parrita (Damas, Pocares, Palo Seco, Julieta, Ríos, San Rafael Norte, San Antonio)	1-10 km	VII	Pánico en la población. Dificultad en mantenerse en pie. Objetos colgantes se movían violentamente, caída de objetos. Estantería volcadas, Muebles (pesados) se corrieron o volcaron, Algunas ventanas se rompieron. Colapso de viviendas de madera en mal estado. Grietas en repellos de estructuras de mampostería y paredes de concreto de baja calidad colapsadas.. Suspensión prolongada del servicio de agua por rupturas en tuberías y electricidad (postes afectados). Daños en vías (agrietamientos y asentamientos diferenciales) y puentes. Deslizamientos en laderas y algunos casos de licuefacción. Varios heridos. 2 Muertes por causas indirectas
2	La Trinidad, León Cortés		VII	
3	Llano Bonito, León Cortés		VII	
4	San Pablo, León Cortés		VII	
5	Quepos	13 km SE	VI	Sentido por todas las personas. Muchos con pánico. Dificultad en caminar establemente. Grietas pequeñas en repellos de algunas estructuras de mampostería. Objetos colgantes se movieron violentamente. Objetos se corrieron o volcaron (especialmente en tiendas y supermercados). Deslizamientos. Una muerte por causas indirectas.
6	Finca Palma, Parrita	15 km W	VI	
7	Bejuco, Parrita	22 km W	VI	
8	Esterillos, Parrita	25 km W	VI	
9	Paquita; Aguirre	6 km SE	VI	
10	San Marcos Tarrazú	28 km NE	VI	
11	Legua de Naranjo	25 km NNE	VI	
12	San Ignacio, Acosta	33 km N	VI	
13	Santiago Puriscal	40 km N	VI	
14	La Gloria, Puriscal	36 km NW	VI	
15	Alto de Tarbaca	38 km NNE	VI	
26	San José	50 km NE	V	
27	Atenas	55 km NNW	V	
28	Naranjo	68 km NNW	V	
29	Aserrí	42 km NNE	V	
30	Moravia	54 km NE	V	
31	Guadalupe	53 km NE	V	
32	Tibás	53 km NE	V	
33	Desamparados	47 km NE	V	
34	Orosi	52 km NE	V	
35	Hatillo, Quepos	40 km SE	V	
36	Dominical	47 km SE	V	
	Playa Mata Palo	33 km SE	V	
37	Orotina	58 km NW	V	
38	San Isidro P.Z.	56 km ESE	V	
39	Jacó	49 km WNW	V	
40	Bijagual, Turubares	45 km NW	V	
41	Carrizal, Alajuela	67 km N	V	
42	Alajuela	55 km N	V	

No.	Localidades	Dist	Int	Descripción
43	Ciudad Quesada	95km NNW	IV	Sentido por casi todas las personas. Objetos colgantes oscilaban fuertemente. Puertas se tambaleaban.
44	Puerto Viejo, Sarapiquí	105 km NNE	IV	
45	San Miguel, Matina	106 km NE	IV	
46	Puntarenas	87 km NW	IV	
47	Heredia	57 km N	IV	
49	Isla Chira, Puntarenas	122 km NW	IV	
50	Paquera	87 km NW	IV	
51	Miramar	87 km NW	IV	
52	Puerto Cortés	95 km SE	IV	
53	Turrialba	75 NE	IV	
54	Limón	140 km NE	III-IV	
55	Golfito	146 km SW	III-IV	
56	Sámara	150 km NW	III-IV	
57	Sixaola	175 km E	III-IV	
58	Puerto Jiménez	143 km SW	III-IV	
59	Barra del Colorado	155 km NE	III-IV	
60	Nicoya	155 km NW	III-IV	
61	Los Chiles	178 km NW	III	Personas que se encontraban caminando no lo sintieron. Objetos colgantes oscilaban levemente.
62	Puerto Armuelles	197 km SW	III	
63	Cartagena, Guanacaste	175 km NW	III	
64	San Vito	155 km SW	III	
65	San Juan Norte	168 km NE	III	
71	Bluefields	203 km N	II-III	Sentido sólo por aquellos que se encontraban sentados o acostados.
73	La Cruz	233 km NW	II	
74	Flamingo	205 km NW	II	
75	Barú, Panamá	200 km ESE	II	
81	Peñas Blancas		I	No fue sentido
82	Rivas, Nicaragua		I	

## Anexo 2: Fisuras medidas (G. Peraldo y M. Mora, 2004)

No	Coordenadas	Lugar	Rumbo	DH	DV	Comentarios
1		Martec, Quepos	N 40 E			
2	09° 32,186' - 84° 16,946'		E-W	2 mm		Continuidad 1m.
3			E-W	“		“
4			S 70 E	6mm		“
5			E-W	10 mm		“
6			N 80 E	2 mm		Continuidad 10 m.
7			09° 31,497' - 84° 19,221'		S20 E	0,2 m
8	09° 31,572' - 84° 19,242'	Cerca de diques del río Parrita	S 55 W	0,2m	0,7 m	Continuidad 150 m.
9		Diques del río Parrita	W franco			2 m de continuidad
10			S franco	3 cm		
11	09° 31,254' - 84° 19,493'	Parrita, costado W estadio.	N 20 W	1cm		15 m de continuidad
12	09° 27,480' - 84° 12,291'	Isla Damas	N 10 W			
13			N 30 W	3cm		5 m de continuidad
14			S 20 W	3 cm		10 m de continuidad
15			S 70 W	1 cm		1 m de continuidad
16	09° 27,262' - 84° 12,387'	Isla Damas	N 70 W	0,3 m		Juegos de fisuras paralelas a la playa.
17	09° 27,517' - 84° 12,624'	Isla Damas, aeropuerto	N 30 W	1 cm		250 m de continuidad.
18	09° 29,625' - 84° 19,597'	Palo Seco	E-W	8cm		Más de 100 m de continuidad. Produce el hundimiento de una estructura de cemento.
19	09° 29,598' - 84° 19,914'	Palo Seco	S 70 W			Continuidad 30 m
20			N-S	0,9 m	0,15 m	En algunas partes la zona de fisuras es de 2,50 m.
21			NW-SE	6 cm		En un tramo justo en la carretera de acceso a Palo Seco se formó
22	09° 29,447' - 84° 19,045'	Palo Seco	S 70 W	0,15 m		
23		Palo Seco	N 20 W			Debido a esta fisura se hundió una vivienda de dos plantas, en cemento, 11 cm.
24	09° 29,369' - 84° 17,915'	Palo Seco	N-S	1 cm		Continuidad 30 m

**ANEXO 3: Fotos de daños en Parrita (W. Rojas, I. Boschini, 2004)**



**Foto 1: Fracturas en Parrita**



**Foto 2: Casa agrietada en Parrita**



**Foto 3: Fractura en Parrita**



**Foto 4: Colapso de tanques Palmatica**



**Foto 5: Colapso casa en Parrita**



**Foto 6: Colapso casa en Parrita**



**Foto 6: Licuefacción de Damas**



**Foto 7: Desplazamiento de transformador del ICE en Parrita**