

Documentos

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MAPA GEOFISICO PRELIMINAR DE COSTA RICA*

Dr. Jelle de Boer
Wesleyan University
Conn. Estados Unidos de América

Presentación

Tengo el honor de presentar el trabajo del Dr. Jelle de Boer, profesor de Geología Estructural en la Universidad de Wesleyan, Connecticut, quien ha dedicado varios años al estudio de la geología del país, y en particular a sus aspectos estructurales. El autor se ha tomado la tarea de recopilar y procesar toda la información gravimétrica y magnetométrica existente, incluyendo los datos de circulación restringida, facilitados por instituciones del Estado.

Lo anterior, unido al conocimiento geológico del área, ha permitido al Prof. de Boer acotaciones que resultarán sumamente interesantes para la interpretación geológica, tectónica local y regional; así como hipótesis de trabajo para la prospección metalogénica y del petróleo.

De la lectura de su informe y del examen del mapa geofísico preliminar, editado en 1974, se desprende la necesidad de continuar con el levantamiento geofísico del país, labor que desarrolla el Instituto Geográfico Nacional con modestos recursos.

La interpretación de la sismicidad, sobre la base de los epicentros registrados en el período 1960-1972, así como los datos obtenidos después del terremoto de Tilarán en 1973, han permitido al Prof. de Boer, bosquejar las más importantes alineaciones estructurales del país y determinar en un primer ensayo, el comportamiento sísmico del área.

* Mapa geofísico preliminar de Costa Rica. Con anomalías Bouguer de la gravedad y anomalías aeromagnéticas residuales de Guanacaste y cuenca de Limón. Compilación: Dr. Jelle de Boer, Dirección: Ing. Felipe Sandoval y Dr. Franco Maranzana, UNDP. Colaboradores: Dr. Ronald Chaves e Ing. Rodrigo Sáenz. San José, 1974. Fotolitografiado por Instituto Geográfico Nacional. Debido a su gran formato, 1 x 0,80 m no ha podido ser incluido en esta revista. Los interesados en obtenerlo pueden adquirirlo en el Instituto Geográfico Nacional. Apartado Postal 2272.

Representa el trabajo del Prof. de Boer una importante contribución científica, que el lector sabrá apreciar por los alcances en el planteamiento de nuevas hipótesis de trabajo geológico, geofísico y estructural.

Esta investigación fue parcialmente financiada por la American Science Foundation, Fondo Especial de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Gobierno de Costa Rica en 1973.

San José, mayo de 1978.

Ronald Chaves Cárdenas
Escuela de Ciencias Geográficas
Universidad Nacional

Presentation

J'ai l'honneur de présenter le travail du Dr. Jelle de Boer, professeur de Géologie Structurale à l'Université de Wesleyan, Connecticut, et qui a consacré plusieurs années à l'étude de la géologie du pays et en particulier à ses aspects structuraux. L'auteur s'est donné à la tâche de compiler et utiliser toute l'information gravimétrique et magnétométrique existante, en y incluant les données de circulation restreinte, facilitées par des institutions de l'Etat.

Ce que précède, uni à la connaissance géologique de la région, ont permis au Prof. de Boer des annotations qui seront extrêmement intéressantes pour l'interprétation géologique, tectonique locale et régionale, ainsi que comme hypothèse de travail pour la prospection des métaux et pétrole.

Ce travail du Prof. de Boer représente une importante contribution scientifique, que le lecteur saura apprécier par la portée de la présentation de nouvelles hypothèses de travail dans le domaine de la géologie, géophysique et géographie.

Cette recherche fut en partie financée, en 1973, par la American Science Foundation, le Fonds Spécial des Nations Unies pour le Développement et par le Gouvernement de Costa Rica.

Presentation

It is a pleasure for me to introduce this paper, which summarizes a research conducted by Dr. Jelle de Boer. Dr. de Boer is currently professor of Structural Geology at Wesleyan University in Connecticut. He has dedicated several years to the study of the geology of Costa Rica, particularly in the structural aspects, and has taken over the task of compiling and processing all the gravimetric and magnetometric information available, including restricted data from several governmental agencies.

These data and the geological study of area have permitted Dr. de Boer to make some remarks which will be very interesting for geological interpretation, local and regional tectonics, as well as work hypotheses for petroleum and metalogenetic prospection.

By reading this paper and studying the preliminary geophysical map, edited on 1974, one is aware of the necessity of continuing the geophysical mapping of the country, task currently taken by the Instituto Geográfico Nacional with very limited resources.

The interpretation of seismicity using as a base the epicenters recorded during the 1960-72 period, as well as the data obtained after Tilaran Earthquake, on 1973, has allowed Dr. de Boer to outline the most important structural lines of the country and to determine, in a first approach, the seismic behavior of the area.

This paper represents a very significant scientific contribution which the reader can appreciate considering the help it can give work hypotheses concerning relevant fields of study.

This research was partially funded by the American Science Foundation, the United Nations Special Fund for Development and the Government of Costa Rica.

Introducción

En la última década se ha acumulado una cantidad creciente de información geofísica para Costa Rica. Pareció lógico, pues, integrar los datos existentes en un mapa geofísico preliminar, publicado en 1974 por el Instituto Geográfico Nacional.

Para la preparación de este mapa se usó como base el mapa geográfico, escala 1:500.000 del I.G.C.R. Dado que el tamaño de las máquinas impresoras del I.G.C.R. no es suficiente para imprimir en este tamaño, se optó por publicar en dos secciones.

A pesar de las desventajas de este tipo de formato, se escogió esta escala en lugar de otra más reducida, ya que provee el mejor mapa base para futuros trabajos. Se preparó también un mapa sismo-técnico (fig. 2) recolectando los pocos datos disponibles sobre la actividad sísmica en Costa Rica en el período 1960-1972.

La información disponible se discutirá en tres diferentes capítulos: A) Gravedad; B) Magnetismo; C) sismicidad.

A.- Gravedad

En 1958 un reconocimiento gravimétrico fue efectuado por el Dr. Julio Monges Caldera del Instituto Geo-

físico de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los valores gravimétricos se obtuvieron principalmente en aeropuertos existentes a la fecha, donde la elevación era bien conocida, lo cual tiende a favorecer las áreas más densamente pobladas. Por esta razón la mayoría de las estaciones para la obtención de datos gravimétricos se concentran en el Valle Central y poco se conoce de Talamanca y Cuenca de Limón.

La estación base está localizada en el Aeropuerto El Coco (hoy Juan Santamaría), indicada por una placa de bronce de 8 cm de diámetro. Para la localización exacta véase la primera página de la publicación de Monges Caldera (Reporte especial del I.G.C.R.).

Elevación de la base 920,24 m
Valor de G 977.978,49

Monges Caldera midió la gravedad en aproximadamente 160 localidades diferentes. Por razones desconocidas, los puntos o estaciones 82,125 a 129,159 y 160 no aparecen en la publicación. Las correcciones de Aire-Libre y Bouguer fueron aplicadas a los datos para obtener los valores de las anomalías. Para la anomalía de Bouguer fue usada una densidad de $2,67 \text{ g/cm}^3$.

Información adicional fue proporcionada por el señor José María Díaz Andrade del Instituto Geográfico de Costa Rica (I.G.C.R.). Esta información consiste en datos preliminares

tomados a lo largo de una sección transversal que corta de NE-SW la cordillera de Talamanca y que va de Buenos Aires de Osa en el valle de El General a Amubri en la vertiente del Caribe. Los datos gravimétricos de Monges Caldera y Díaz Andrade fueron combinados y usados para obtener el patrón de Anomalías de Bouguer en este mapa preliminar. Las medidas fueron filtradas (en las áreas donde la información era muy densa) y ajustadas por medio de computadora para obtener las líneas de igual valor Bouguer.

Los rasgos gravimétricos regionales más notables son las anomalías positivas de las penínsulas de Nicoya y Osa y los negativos del valle de El General y el Valle Central. Nosara en la costa Pacífica de la península de Nicoya es el punto con el valor positivo más alto. (+ 109,5 mgal). El espectro total es por consiguiente de sólo 180 mgal y la gradiente es bastante suave en la mayoría de las zonas.

Los valores Bouguer positivos de la península de Nicoya son mayores a lo largo de la costa del Pacífico y decrecen gradualmente hacia la depresión del Tempisque. Estos valores bajan de + 109 hasta cerca de 0 en Liberia, al este de la fosa interna del Tempisque.

La pendiente NE de las anomalías positivas sugiere una gradual inmersión NE del complejo oceánico de Nicoya bajo el arco volcánico de la sierra de Guanacaste. Una variación

gravimétrica similar pero menos pronunciada ocurre en la península de Osa.

Al este de Golfito, sin embargo, la gradiente es muy pronunciada y puede explicarse únicamente por medio de un afallamiento abrupto que dejó como bloque hundido el complejo oceánico de Nicoya a lo largo de una zona de fallas que corre NW-SE: la depresión resultante de este fenómeno es llamada Fosa de Terraba (valle de El General). El afallamiento diferencial dio como resultado una inclinación al NE del bloque cortical hundido. La cuenca restante se colmató con una gruesa cuña de sedimentos cenozoicos, la presencia de los cuales es indicada por valores Bouguer negativos que varían de -20 en la fila costera a -70 en el centro del valle de El General.

Una cuenca tectónica similar con una secuencia volcánico-sedimentaria relativamente gruesa parece existir en una estrecha zona comprendida entre la sierra de Tilarán y la faja volcánica de la cordillera Central. Esta fosa con tendencia NW-SE está limitada al sur por una discontinuidad importante con dirección EW (alineamiento de Escazú) representada por una gradiente gravimétrica pronunciada. Una discontinuidad similar a la anterior coincide con la bien conocida zona de falla de Candelaria y separa el bloque cortical de Escazú del bloque de Talamanca.

A pesar de su gran elevación y un promedio de densidad aparente tan

baja, la cordillera de Talamanca tiene anomalías Bouguer negativas que generalmente caen en el rango de -35 ± 5 mgal. (El modelo de computadora sugiere que anomalías de -20 mgal existen en las zonas indicadas en el mapa, pero aún no se tiene información de estas áreas).

Estos valores han sido calculados con una densidad de 2.67. Se tomaron también otras dos densidades equivalentes a 2.73 y 2.79. Al aumentar la densidad, la anomalía negativa se hace más negativa. Se puede apreciar además, que la corrección topográfica puede influir notablemente, particularmente en este tipo de terreno. Estos valores negativos relativamente pequeños sugieren que un rápido levantamiento pueda haber compensado la mayoría del desbalance original de la masa que existió en esta cadena montañosa. Esta hipótesis se apoya sobre la presencia de sedimentos marinos del Mioceno Superior en el Valle Central, a una cota de más o menos 1.500 m, sugiriendo así un levantamiento con una velocidad de aproximadamente 1 cm/siglo.

De interés es también la diferencia de estructuras de la corteza existente bajo la sierra de Guanacaste y bajo la sierra Volcánica Central. Los volcanes de la primera se encuentran en una región con anomalías positivas (+ 20 a + 30 mgal), los de la última en una región con anomalías negativas (-40 a -50 mgal). Este hecho avala la hipótesis de que los volcanes de la sierra Central son más viejos y que

gruesas secuencias de materiales volcánicos se han acumulado en sus bases.

B.- Magnetismo

Levantamientos aeromagnéticos se han efectuado en tres regiones de Costa Rica.

1.- Cuenca de Limón (1952)
(Union Oil)

2.- Penínsulas de Nicoya y Santa Elena (1974)
(ALCOA).

De estos levantamientos sólo los dos primeros pueden ser consultados. La zona cubierta por la ALCOA es posible se haga disponible en el futuro.

Juntos, los levantamientos abarcan un 40% del territorio de Costa Rica, lo que en vista del alto costo de este tipo de trabajo es una área de gran importancia.

1.- Cuenca de Limón

En 1952 Aero Service Corporation hizo para la Union Oil de California, un levantamiento aeromagnético que cubre en su totalidad el área costera caribeña. La información cubre una región de aproximadamente 200 por 40 km, que se extiende desde el límite con Panamá hasta el de Nicaragua.

Información básica

Altura de vuelo: 660 m sobre el nivel del mar;

Líneas de vuelo: NE-SW, espaciadas 1,6 km;

Líneas de control: (Crosstie): NW-SE, intervalo 9,6 km.

Los valores totales de la intensidad fueron graficados en 15 mapas (1:40.000), con curvas a intervalos de 10 gamas. Esta información se redujo en dos mapas 1:80.000. Estos últimos se encuentran en los archivos de la Dirección de Geología, Minas y Petróleo.

Aunque no está bien claro en el informe que acompaña este trabajo, parece que los datos de la intensidad total fueron corregidos para el Campo Regional. El mapa por lo tanto, representaría las anomalías del magnetismo residual. Sin embargo, debe tenerse presente que la altura de vuelo se mantuvo constante a pesar de que la topografía asciende rápidamente hacia el Oeste de la región estudiada. Por esta razón es de esperar que la gradiente magnética de las anomalías sea más abrupta en el oeste que en el este.

La mayor parte de la Cuenca de Limón está representada por tierras bajas y planas densamente cubiertas de bosques. Los afloramientos ocurren ocasionalmente en cauces de los ríos. Al norte de Limón estos afloramientos son en primer lugar, materiales clásticos y volcánicos del Cuaternario.

Al sur se encuentra una secuencia de sedimentos plegados del Mioceno. Ninguna de estas dos series de materiales puede ser la responsable del patrón aeromagnético de la zona. Las anomalías anchas y extensas sugieren como fuente de origen un cuerpo magnético a una profundidad de 1 a 3 km. Localmente, el patrón magnético de complejos basálticos intrusivos a poca profundidad se superpone al de estas anomalías. Se podría asumir que estas amplias anomalías magnéticas representan un complejo basal de corteza oceánica, muy similar al que se encuentra expuesto en la península de Nicoya.

A esta hipótesis le da fuerza la tendencia E-W del patrón magnético el cual es también característico para el Complejo de Nicoya. Sin embargo, las perforaciones efectuadas al sureste de Limón revelaron que la secuencia sedimentaria varía en grosor de 5 a 7 km. Obviamente las anomalías magnéticas en esta área tienen una fuente de origen menos profunda y podrían ser relacionadas con unidades volcánicas (coladas basálticas).

En general, sin embargo, parece seguro el asumir que el patrón magnético básico (anomalías amplias, gradiente, baja) sea originado por el Complejo basal de corteza oceánica y que su unidad cortical está intersectada por grabens profundos a lo largo de cuyos márgenes tuvo lugar en forma intermitente un volcanismo máfico. Unidades de origen volcánico relacionadas al volcanismo máfico causan

anomalías (anomalías pequeñas, gradiente abrupta) que se superponen al patrón básico.

Aunque los sedimentos pueden localmente (en depresiones tectónicas) alcanzar grosores de más de 5 km, su espesor promedio parece ser menos de 3 km en la mayoría de las regiones cubiertas por el levantamiento aeromagnético.

2. Penínsulas de Nicoya y Santa Elena.

En 1966 la Lockwood Survey Corporation realizó un levantamiento aeromagnético en la parte norte del margen Pacífico de Costa Rica, financiado por el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (U.N.D.P.). La información obtenida cubre un área de más o menos 200 por 50 km, la cual comprende casi todo Guanacaste y parte de la provincia de Puntarenas.

Información Básica:

Altura de vuelo: 150 m sobre el terreno (300 m sobre el nivel del mar en el área de Puntarenas);
Líneas de vuelo N-S: separación 1 km;
Líneas de control: alrededor del perímetro y E-W;
Intervalo 40 km;
Facilidades extra: scintilómetro.

Los valores totales de la intensidad se transcribieron a 32 mapas 1:50.000; de estos mapas, 7 cubren un área, más adentro frente a Puntarenas,

no incluida en el mapa geofísico preliminar debido a las diferencias en la altura de vuelo. Donde ello fue posible el intervalo de las curvas es de 10 gamas. Además, de los mapas 1:50.000 se preparó otro de anomalías regionales y otro compuesto con la interpretación (1:250.000) que se incluyeron en el informe, disponible en las Naciones Unidas y la Dirección de Geología, Minas y Petróleo.

No se corrigió la intensidad total para el efecto del campo regional; sin embargo, esta corrección fue aplicada por el autor a la información que se muestra en el mapa geofísico preliminar. El patrón en el mapa refleja, por tanto, las anomalías del magnetismo residual.

Medidas detalladas del campo magnético fueron efectuadas en la ciudad de Liberia en 1964, seis meses antes del levantamiento aeromagnético. Los siguientes datos para una estación base fueron suministrados por el Instituto Geográfico Nacional de Guatemala (Observaciones Magnéticas en la Región Centroamericana).

Ciudad: Liberia, Guanacaste

Dirección del campo: Declinación $5^{\circ} 32' E$

Inclinación $+ 38^{\circ}$

Intensidad 39.300 gamas

Variación anual - 62 gamas

El patrón aeromagnético de las penínsulas Santa Elena y Nicoya es el resultado de las propiedades magnéticas del complejo basal. La cubierta

relativamente delgada de sedimentos que yace sobre el complejo localmente es magnéticamente transparente. Una ventaja que existe en la península de Nicoya, es que en esta región pueden colectarse muestras de las diferentes unidades magnéticas y en ellas puede medirse la susceptibilidad, el valor Q de Koenigsberger, así como la dirección del magnetismo remanente natural (M.R.N.).

La susceptibilidad magnética de este complejo oceánico es alta como también son altos el Q y la intensidad del M.R.N. La susceptibilidad varía desde valores bajos como 0.0011 emu/cc (Complejo de Santa Elena) hasta 0.0136 emu/cc (Complejo de San Antonio). El valor medio de Q es 3.04.

El patrón magnético refleja las propiedades magnéticas del complejo oceánico de Nicoya en el sentido amplio de la denominación. Se ve en forma clara que hay dos tendencias estructurales dominantes: una vieja tendencia con dirección E-W y una más joven con dirección NW-SE. La primera es del Mesozoico Superior, la última de inicios del Cenozoico (Eoceno). El patrón magnético se presenta bastante detallado y muchos alineamientos tectónicos pueden ser reconocidos. El principal patrón de afallamiento consiste en una serie de fracturas en echelón con dirección WSW-ENE. El movimiento vertical en estas fracturas fue importante (Bloque N levantado).

Además ocurrió un movimiento de cizalla en el sentido sinistral, produciendo una dislocación importante en las unidades del Complejo de San Antonio y materiales más viejos.

El movimiento vertical ha hecho posible reconocer más detalladamente la estratigrafía del basamento ya que las unidades más viejas (más profundas) se encuentran expuestas en el bloque de falla del lado norte y las más jóvenes en el sur. Por medio de las propiedades magnéticas y las relaciones estructurales es posible determinar para el complejo basal la siguiente estratigrafía:

Capa F. "Lutitas silíceas densas, calizas, graywacas (Formación Sabana Grande);

Capa E. Secuencia relativamente delgada de basaltos almohadillados y brechas volcánicas (tipos Playa Panamá y Montezuma); y Capa D. Complejo linear de intrusivos gabroicos y dioríticos (Complejo de Culebra) Lineación WNW.

Los intrusivos de la capa D están localizados primordialmente en la Capa B.

Discordancia

Capa C: Liditas rojas (lodo de radiolarios) (Formación Sardinal);

Capa B: Secuencia masiva de basaltos almohadillados masivos y sills (Complejo de Nicoya sensu-stricto);

Capa A: Periodotitas (serpentinizadas localmente). (Complejo de Santa Elena). Lineación E-W.

Varias anomalías grandes con tendencia NW-SE aparecen en el valle del Tempisque. Estos son el resultado de grandes unidades máficas (Complejo de San Antonio) que fueron emplazadas a lo largo de sistemas importantes de fracturas que delimitan la fosa del Tempisque. La intrusión de estas unidades tuvo lugar a finales del Paleoceno y en el Eoceno.

C.- Sismicidad

Los datos sísmicos disponibles hoy día son insuficientes. Sin embargo, vale la pena mencionar lo que se conoce hasta ahora, para poder determinar qué debe hacerse en el futuro.

Costa Rica está colocada sobre la zona de subducción de la placa del Coco (Cocos Plate) (Pacífico) donde esta unidad cortical se sumerge bajo la placa del Caribe (Caribbean Plate). La subducción es compleja debido a que la fosa (Fosa Mesoamericana) parece estar obstruida en la parte suroeste de Costa Rica, por la cordillera del Coco (Cocos Ridge) que se levanta a lo largo de la placa del Coco (Cocos Plate).

Al norte del Valle Central, la actividad sísmica tiene lugar principalmente a lo largo de fallas de tendencia NW (posiblemente fallas normales), esta actividad se produce de costa a costa. En el período 1960-1970 sismos de magnitud relativamente gran-

des ocurrieron en lineamientos tales como el del valle del Tempisque y la sierra Volcánica Central.

Al sur del Valle Central la actividad sísmica parece centrarse en fallas de tendencia NE (posiblemente cizallamientos). Dos áreas de alta actividad pueden reconocerse en el período 1960-1970: la formada por las penínsulas de Osa y Burica y el área que delimita a grandes rasgos los ríos Virilla y Grande de Tárcoles al norte, por el sur el río Parrita, al este la Carretera Interamericana, y al oeste el océano Pacífico.

En el Valle Central y en el de Candelaria los sismos son el resultado de movimiento lateral (corrimiento) a lo largo de fallas grandes principales orientadas E-W. Debido a la proximidad de estas fallas con importantes centros de población requieren mucha atención y deben ser estudiadas detalladamente.

La mayor parte de los sismos ocurridos en Costa Rica entre los años 1954-1962 se originaron a profundidades entre 0 a 10 km, 30 a 50 km y 60 a 70 km. El sismo más profundo registrado en este período tiene su foco a 150 km.

Tabla

Las soluciones de planos focales (Molnar and Sykes, 1969, Bull. Geol. Soc. Am. vol. 80, p. 1939) nos dan la siguiente información:

- No. 150 11.41 N 86.17 W. Profundidad 67 km. Dirección de plano de falla NW, buzamiento 20° NE. Dirección del vector de movimiento (Slipvector) 32° buzamiento 20° (empuje tangencial) inferior (under thrusting) NE.
- No. 151 9.601 N. 84.10 W. Profundidad 35 km. Dirección del plano de falla E-W, buzamiento 10° N. Dirección del vector de movimiento 6°, buzamiento 34° (empuje tangencial inferior N).
- No. 152 8.89 N. 83.43 W. Profundidad 48 km. Dirección del plano de falla E-W, buzamiento 10° N. Dirección del vector de movimiento 30° buzamiento 10° (empuje tangencial inferior NNE).
- No. 156 8.84 N. 83.09 W. Profundidad 40 km. Dirección del plano de falla NW, buzamiento 50° SW. Dirección del vector de movimiento 205°, buzamiento 38° (falla normal).
- No. 164 6.53 N. 84.44 W. Profundidad 0 km. Dirección del plano de fallas N-S, buzamiento 80° W. Dirección del vector de

movimiento 176° , buzamiento 34° desplazamiento dextral.

Debe hacerse énfasis en que la localización de epicentros puede ser incorrecta cuando la información sísmica es recogida por sismógrafos en América del Norte. Para los terremotos de Managua y Tilarán los epicentros instrumentales se colocaron al N y NNW, respectivamente, de los verdaderos epicentros (Plafker Bull. Seism. Soc. Am. vol 63, P. 1847, 1973). Para el sismo ocurrido en Managua el error es de 40 km y para el de Tilarán de 20 km. Se atribuye la mala localización a la presencia de una loza de corteza oceánica sumergida bajo la mayor parte de América Central. Esta corteza provee a las ondas sísmicas de una ventana de alta velocidad a través de la astenosfera que posee una baja velocidad de transmisión de las mismas, hecho que permite tiempos de llegada anormalmente tempranos a estaciones distantes.

De las soluciones de plano focal es claro que hay subducción en la parte norte de Costa Rica. La dirección del movimiento (slipmotion), sin embargo, es hacia el NNE y N no hacia el NE como lo es al norte en Nicaragua y Guatemala. Aún más, viejas zonas de fracturas con dirección E-W son usadas para que se efectúe este deslizamiento. Discontinuidades de importancia en dirección E-W ocurren en la zona de Tilarán-Arenal y en el Valle Central y valle de Candelaria. Varias zonas de fracturas E-W bastan-

te viejas aparecen en Talamanca. Sin lugar a dudas las más importantes zonas de fractura son las del valle Central y valle de Candelaria.

Más al sur de estas dos zonas, bloques importantes de la placa del Coco (Cocos Plate) se encuentran desacoplados. En el bloque sur, la subducción ha sido refrenada y su movimiento produce compresiones de gran importancia a lo largo de una faja con tendencia NW-SE (Talamanca), lo que da como resultado un levantamiento regional. El bloque norte se sumerge bajo el istmo en una dirección N a NNE. Combinados estos movimientos resulta en un desplazamiento sinistral a lo largo del rumbo (strike-slip) y en un movimiento en el sentido del buzamiento (dip-slip) (bloque sur hacia arriba) en la zona de fractura E-W que probablemente fueron zonas corticales débiles durante la mayor parte de la historia geológica de Costa Rica.

La tensión es a menudo liberada a lo largo de fracturas que corren al NW. Aquí también el movimiento es una combinación de corrimiento (strike-slip) dextral y hundimiento (dip-slip) (bloque NE abajo). Las fracturas en la placa del Coco (Cocos Plate), mar adentro frente a Costa Rica, tienen dirección NE o N-S. Las fracturas NE, son fallas de cizalla (shear faults) dextrales que separan diferentes unidades corticales de la placa del Coco (Cocos Plate). Ellas pueden haber sido originadas como una serie de fallas de transformación (transform-faults) pertenecientes al sistema de la

cordillera del Pacífico este (East Pacific Rise). Las fallas con dirección N-S se cree sean fallas de transformación (Transform Faults), con polaridad dextral, que están asociadas a la expansión (spreading) de los sistemas de fisuras (rift) de las Galápagos y de Costa Rica. En este momento la más activa es la falla de transformación (Transform Fault) de Panamá que se aproxima al istmo un poco hacia el E de la península Burica.

De esta información se deduce que Costa Rica posee una gran variedad de sistemas de fracturas bastante activas. La profundidad de los focos de la mayoría de los sismos es poca (por lo menos 50% de tensión se libera a profundidades menores de 50 km) y como lo evidencia el sismo de Tilarán, la magnitud de las ondas superficiales

puede ser hasta de 6.5 (Escala Richter). La poca profundidad la sugiere así mismo el hecho de que ocurren microsismos con los cambios de estación.

La combinación de focos poco profundos y magnitudes intermedias representa un severo peligro para regiones densamente pobladas como el Valle Central. Todos los microsismos deben ser analizados para determinar la localización de fallas activas, así como en que proporción se libera la energía acumulada.

Para esto, una red sismográfica básica es el primer requisito. La lección de Managua es clara: sismos relativamente pequeños son capaces de producir daños muy grandes si ellos ocurren a poca profundidad en áreas densamente pobladas.

BIBLIOGRAFIA

DE BOER J. Y MARANZANA F.M. (1973) *Comentario sobre el terremoto de Tilarán y la sismicidad de Costa Rica*. Dir. Geol. Minas y Petrol. 1973.

MONGES C. J. (1961). *Anomalías de la gravedad al aire libre y de Bouguer*. Inf. Sem. I, Inst. Geográfico Nacional, págs. 105-112; mapa y croquis.

MOLNAR P. y SYKES L. R. (1969). *Tectonics of the Caribbean and Middle Americans and Seismicity*. Geol. Soc. Am. Bull. v. 80, págs. 1639-1684.

PLAFKER, G. (1973). *Field Reconnaissance of the Effects of the Earthquake April 13, 1973 near Laguna Arenal, Costa Rica*.

Bull. Sism. Soc. Am. vol. 63, págs. 1847-1973.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad de Wesleyan por el aporte económico para la publicación de este trabajo, así como al Instituto Geográfico Nacional por su desinteresada colaboración.