

Los conos de deyección del valle de El General, Costa Rica

Jean Pierre Bergoeing*

Abstract

The Talamanca's orogenesis and the two last inter-glacial periods are the main factors that built the vast alluvial fans in the Talamanca's Pacific piedmont and where we discovered at least five correlative deposits.

Key words: *Orogenesis, inter glacial periods, alluvial fans.*

Resumen

La orogénesis de la cordillera de Talamanca y los dos últimos interglaciares son responsables de la construcción de los vastos conos de deyección del piedemonte Pacífico de Talamanca y en donde al menos se cuentan cinco generaciones de depósitos correlativos.

Palabras clave: *Orogénesis, interglaciar, conos de deyección.*

Résumé

L'orogénese de la chaîne de Talamanca et les deux dernières périodes interglaciaires sont responsables de la construction de vastes cônes de déjection du piémont Pacifique de Talamanca, où nous avons retrouvé au moins cinq générations de dépôts corrélatifs.

Mots clés: *Orogénèse, inter-glaciaire, cônes de déjection.*

Introducción

El Valle de El General es una vasta depresión tectónica que se presenta como un sinclinal de orientación WNW-ESE. Algunos geólogos (Denyer *et al.*, 2007) lo consideran como un monoclinal basculado. Ambos fenómenos están ligados al

* Doctor en geografía. Profesor de la Universidad de Costa Rica.

choque de las placas del Coco y del Caribe. La primera subduce bajo la segunda, habiéndola levantando violentamente en los últimos dos millones de años, es decir desde comienzos del Cuaternario. Este fenómeno de colisión de placas, bastante reciente desde el punto de vista geológico, es capital para la comprensión del depósito a lo largo del Cuaternario de vastos conos de deyección a los pies de la vertiente S.W. de la cordillera de Talamanca.

Dos factores esenciales han dado origen y modelado los abanicos aluviales del sector: La orogénesis cuaternaria que se prosigue muy activamente de nuestros días alcanzado la altitud máxima de 3,820 metros en el Chirripó y al menos las dos últimas glaciaciones; Riss -200,000 años a -130,000 años y Wurm -110,000 a -12,000 años, que permitieron durante esos largos lapsos de tiempo la acumulación y formación de un casquete importante de hielo somital. Los periodos interglaciares Riss-Wurm -130,000 años a -110,000 años y el actual post Wurmense desde hace 12,000 años son periodos relativamente cortos, pero durante el cual el deshielo es súbito por el cambio climático y recalentamiento de las altas cumbres. Tal deshielo brutal es responsable de los conos de deyección modernos a los pies de la cordillera de Talamanca.

Los conos de deyección del pleistoceno inferior a medio, C4 y C3

Son el resultado de depósitos de vertientes, por efectos de la erosión producida por intensas lluvias tropicales, en el incipiente relieve volcánico-sedimentario de la cordillera de Talamanca, en pleno levantamiento orogénico y por ello son los más antiguos del sector ya que van del Pleistoceno inferior al Pleistoceno medio. Se presentan hoy como depósitos de arcillas rojas (ilíticas a montmorilloníticas) que forman una matriz que encierra cantos rodados de gran calibre (de 20 a 40cm de diámetro), que se encuentran totalmente alterados (fantasmas) y que al golpe de piqueta se funden con la matriz que los rodea. Sin embargo los depósitos se encuentran basculados en sentido opuesto a la corriente de lodo que los depositó (Battistini y Bergoeing, 1983) lo cual demuestra el buzamiento actual que afecta a este nivel antiguo. Los conos C4 al momento de crearse el depósito chocaron con un pequeño relieve volcánico que emergía del océano Pacífico cuyo litoral se encontraba en las cercanías de lo que hoy es el río General.

Estas formaciones volcánicas cuyos exponentes son el volcán Mano de Tigre (Bergoeing *et al.*, 1978) o el China Kichá (Bergoeing *et al.*, 2010) son el producto de ascensión magmática fisural gabroica-basáltica del fines del Plioceno comienzos del Pleistoceno producida por el empuje y colisión de la placa del Coco con la del Caribe en este sector.



Figura 1. Área de estudio.



Figura 2. Perfil general de los conos de deyección que bajan de Talamanca constituyendo espesores considerables, producto de las masas deslizadas por el deshielo cordillerano de las dos últimas glaciaciones y periodos interglaciares (*fotografía del autor*).

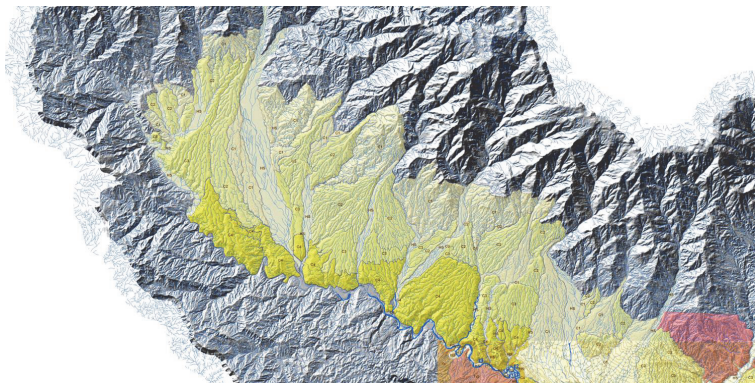


Figura 3. Conos de deyección del Valle de El General donde se reconocen 5 procesos de colmatación que van desde el Pleistoceno inferior (C4) pasando por el Pleistoceno medio (C3), Pleistoceno superior (C2 y C1) y Holoceno (HS) (mapa del autor).



Figura 4. Sector de Volcán. Superficie del cono C3 que reposa en parte sobre el cono C4 compuesto por arcillas rojo-pardas y clastos poco rodados (*fotografía del autor*).



Figura 5. Bloque errático granodiorítico del sector río Volcán cuyas facetas están erosionadas por la acción pluvial del deshielo post-wurmense formando pseudo-lapiaces (*fotografía del autor*).

En el Pleistoceno medio, siempre gracias a los empujes verticales de la orogénesis el cono C4, se vio recubierto por un nuevo depósito aluvial (C3) igualmente de gran espesor y de características similares al anterior. En el sector de la ciudad de Pérez Zeledón los conos se depositaron lateralmente por efectos de un basculamiento tectónico NW-SE que coloca los depósitos del más antiguo al más reciente de manera paralela al río Chirripó del Pacífico (véase Figura 3).

El cono C3, que cronológicamente se superpone al cono C4, es lógicamente más reciente y tentativamente puede ser clasificado como del Pleistoceno medio. Los cantos rodados que lo componen y permiten identificarlo, aunque muy alterados, son reconocibles y mantienen una cierta cohesión (véase Figura 4). Igualmente están insertos en una matriz arcillosa rojo-parda pero no tan intensa como la de C4.

Es un cono más difícil de reconocer en el campo por estar recubierto en partes por los conos más modernos C2 y C1, estos últimos que situamos en el Pleistoceno superior. De ellos uno de los más interesante es el abanico aluvial C1 del sector aledaño al contacto cordillerano del río Unión, por cuanto está recubierto por enormes bloques granodioríticos, (del tamaño de una casa) sumamente erosionados formando pseudo-lapiaces por efectos de la erosión pluvial, Estos mega-bloques de unos 10 x 30 metros y 3 de alto son la consecuencia del deshielo post-wurmiense de Talamanca y marcan deslizamientos brutales y súbitos del material arrancado a las cumbres del Chirripó por efecto de las lluvias diluviales acaecidas con el cambio climático de ese periodo (véase Figura 5).

Actualmente el modelado geomorfológico de la superficie superior de los conos se presenta como un modelado multiconvexo, mientras que el sector que domina la vertiente NW del río General forma escarpes de erosión alternados por los niveles de las terrazas fluviales donde distinguimos tres niveles. Dichos niveles son probablemente climáticos pero asociados con la fuerte tectónica de alzamiento por cuanto una cronología absoluta sería difícil de aplicar al conjunto de los niveles fluviales y más bien se debería proceder a un trabajo local de caso por caso.

Los conos del pleistoceno superior C2 y C1

Son la consecuencia de la orogénesis de Talamanca, que durante el Pleistoceno superior alcanza altitudes importantes, superiores a los 3,000 metros y en donde al menos dos estacionamientos glaciares acumularon masas de hielo importantes y de espesores considerables (véanse Figuras 2 y 5). Por la latitud de Costa Rica, los periodos interglaciares Riss-Wurm o Sangamoniano para América del Norte (-130,000 a-110,000 años) y post Wurmense (-12,000 años en adelante) o post-

wisconsiniano, provocaron el derretimiento acelerado de la masa glaciar creando las condiciones de deslizamientos en masa de grandes bloques granodioríticos y del material mueble que se encontraba a menor altitud. Todo este material se acumuló en los piedemontes de Talamanca, preferentemente en el sector SW (vertiente del Pacífico) donde la acumulación alcanzó espesores considerables de material caótico, llegando en algunos sectores a medir de 200 a 500 metros de espesor.

Los conos actuales (HS)

Se trata de conos en formación donde discurren los principales afluentes del río El General (véanse Figura 2, 5 y 6) se caracterizan por superponerse sobre los más antiguos siguiendo una dirección NNE-SSW a excepción del río Chirripó, orientado por un basculamiento tectónico y por disponerse en forma alargada. El sistema de conos de deyección se prosigue más al SW de Paso Real donde los afluentes del río Coto Brus y Cotón han erosionado profundamente el material caótico de los abanicos y en donde sobresalen algunas estructuras volcánicas probablemente del Plioceno.

La ciudad de San Isidro de El General, rebautizada como Pérez Zeledón está construida sobre un gran abanico aluvial construido por el río Chirripó del Pacífico que confluye con el río El General. La observación de imágenes satelitales ha permitido identificar una serie de 4 niveles de abanicos que se disponen en forma paralela. La serie está basculada por efectos de la Neotectónica elevándose hacia el NW. Poseen una matriz fina arcillosa roja, con algunos elementos gruesos rodados para los más antiguos mientras que los niveles más jóvenes se caracterizan por un abundante material rodado fluvial, de litología diversa que descansan aflorantes o sobre una matriz pardo oscura.

Los ríos afluentes de El General al llegar a la zona de confluencia, se encajonan profundamente en los conos antiguos, particularmente el nivel C4, en donde constituyen cañones fluviales. Desde el río Unión, pasando por los ríos Volcán y Ceibo y continuando hacia el SW, los ríos se encañonan durante varios kilómetros hasta alcanzar la confluencia con el río El General. En algunos casos en las zonas de confluencia constituyen abanicos coluviales como es el caso para el río Volcán. Ello se debe al basculamiento general que ha sufrido el sector por efectos del avance de la placa del Coco que se subduce bajo la del Caribe. En general el material depositado es de tipo fluvial y torrencial y en algunos sectores la roca madre aflora en los talwegs dejando en evidencia la profunda erosión fluvial asociada con una tectónica positiva muy activa.



Figura 6. Masa compacta formada por bloques volcánicos y granodioríticos provenientes de Talamanca en matriz arcillosa que constituye uno de los elementos de los conos de deyección del Pleistoceno Superior C2 y C1, consecuencia del deshielo post-wurmense (*fotografía del autor*).



Figura 7. Río Chirripó del Pacífico. Dirección NNW-SSE. Sus depósitos fluviales de bloques, cantos rodados, arenas, arcillas y limos están edificando el actual nivel Holoceno. A la izquierda de la foto se perciben los depósitos del como C1 del Pleistoceno superior (*fotografía del autor*).

Conclusión

El piedemonte Pacífico del valle de El General es un sector privilegiado en Costa Rica por la presencia de los conos de deyección o abanicos aluviales que lo conforman. Ellos son el testigo mudo de los depósitos que se han formado de modo correlativo a lo largo del Cuaternario, cosa muy difícil de encontrar en otras partes del país.

El sector amerita un estudio sedimentológico detallado de los diferentes depósitos, lo que permitiría establecer una cronología precisa de cada evento, estudiando y clasificando por ejemplo pólenes, o buscar mediante sondajes la presencia del isótopo ^{18}O , (el isótopo ^{18}O es un indicador paleoclimático utilizado para conocer la temperatura de una región en una época dada, más elevada es la relación isotópica $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ y más baja es la temperatura correspondiente. Esta relación puede ser determinada mediante muestras de aragonita y de calcita contenida en algunos fósiles. Y por dataciones radio-métricas de ^{14}C (El Carbono-14, derivado de la relación $^{12}\text{C}/^{14}\text{C}$) y por el método K./Ar de algunas muestras asociadas.

El área es rica en eventos que van desde el incipiente vulcanismo fisural, Plio-Cuaternario de la Cordillera Costeña, pasando por los depósitos correlativos aluviales a las compresiones por efectos de una tectónica de alzamiento, que es continua desde hace dos millones de años y que deforma continuamente el paisaje geomorfológico, hasta la presencia humana que en los últimos cincuenta años ha colonizado agrícola y urbanamente el sector, de manera desordenada y sin respeto por el medio ambiente.

Bibliografía

- Aguilar, T., *Fauna de un perfil de la Fm. Térraba (Oligoceno, Costa Rica)*, tesis de Licenciatura, 40 pp., Universidad de Costa Rica, 1978.
- Alan, A., "Estudio geológico de Fila Blanco y comunidad Palma, cantón de Coto Brus, provincia Puntarenas", *Inf. Camp. Geol.*, 113 pp., Universidad de Costa Rica, 1998.
- Alvarado, G.E., Denyer, P. Sinton, C., "The 89 Ma Tortugal Komatiitic suite, Costa Rica: implications for a common geological origin of the Caribbean and Eastern Pacific region from a mantle plum", *Geology*, vol. 25, núm. 5, pp. 439-442, 1997.
- Alvarado, G.E., Kussmaul, S., Chiesa, S., Guillot, P.Y., Appel, H., Wörner, G., y Runglé, C., "Cuadro crono-estratigráfico de las rocas ígneas de Costa Rica basado en dataciones K-Ar y U-Th", *J. South Amer. Earth Sci.*, vol. 6, núm. 3, pp. 151-168, 1992.
- Arias, M., "Estudio Geológico de fila Guácimo y alrededores, Coto Brus, Pacífico Sur, provincia Puntarenas", *Inf. Camp. Geol.*, 93 pp., Universidad de Costa Rica, 1998.

- Arrieta, L., "Geología de Changuenita y alrededores cantón de Osa, provincia Puntarenas", *Inf. Camp. Geol.*, 32 pp., Universidad de Costa Rica, 1979.
- Arroyo, I., "Estudio geológico-ambiental del sector Pueblo Civil y alrededores, Golfito, Pacífico Sur de Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 135 pp., Universidad de Costa Rica, 1997.
- Astorga, A., "El Mesozoico del Sur de América Central: consecuencias para el origen y evolución de la placa Caribe", *Profil*, núm. 7, pp. 171-233, 1994.
- Battistini R. y Bergoeing J.P., "Volcanisme récent et variations climatiques quaternaires du Costa Rica", *Bull. Assoc. Géog. Français*, núm. 485, pp. 96-98, París, 1982.
- , "Taypes de piémonts de la façade pacifique du Costa Rica: influence du volcanisme et des changements paléoclimatiques dans leur genèse", *Montagnes et Piémonts R.G.P.S.O.*, Toulouse, pp. 135-149, 1983.
- Beaudet G., Gabert P. y Bergoeing J.P., "La Cordillera de Talamanca y su piemonte geotectónica y variaciones morfoclimáticas en el SW de Costa Rica", *Revista Geográfica*, núm. 103, pp. 87-95, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 1986.
- Baumgartner, P.O., Mora, C., Butterlin, J., Sigal, J., Glaçon, E. Azema, J., y Burgois, J., "Sedimentación y paleogeografía del Cretácico y Cenozoico del litoral pacífico de Costa Rica", *Rev. Geol. Amér. Central*, núm. 1, pp. 57-136, 1984.
- Bolz, A. y Calvo, C., "Nuevos datos, bioestratigráficos y sedimentológicos sobre el origen del Complejo básico de Quepos, Costa Rica", *Rev. Geol. Amér. Central*, núm. 28, pp. 31-45, 2003.
- Bergoeing, J.P., "Modelado glaciario en la Cordillera de Talamanca", *Informe semestral julio-diciembre 1977*, Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica, 1977.
- , Mora S. y Jiménez R., "Evidencias de vulcanismo Plio-cuaternario en la Fila Costeña, Térraba, Costa Rica", *Informe semestral julio-diciembre 1978*, Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica, 1978.
- , "Geomorfología de algunos sectores de Costa Rica basada en la fotointerpretación de imágenes del satélite Landsat en la banda espectral MSS7 (4 cartas color escala 1:500,000e)", *Suplemento informe semestral julio-diciembre 1982*, vol. 28, pp. 3-15, Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica, 1982.
- , *Geomorfología de Costa Rica*, Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica, 1998, 460 pp. (croquis, stereogramas, cartas, fotos).
- , "Interpretación Geomorfológica del volcán Barú-Panamá" *Revista Geográfica*, núm. 143, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México. 2008.
- , "La transgresión Flandense", *Revista Geográfica*, núm. 144, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 2009.

- Bergoeing, J.P. y Protti M., “Tectónica de placas y sismicidad en Costa Rica”, *Revista Reflexiones*, núm. 146, San José, Costa Rica, 2009.
- Bergoeing, J.P., Arce R. Brenes L.G. y Protti R., *Atlas Geomorfológico del Caribe de Costa Rica, Escala 1:100,000*, Editorial SIEDIN, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 2010, 33 pp.
- Bergoeing, J.P., Brenes L.G. y Salas D., *Atlas Geomorfológico de Costa Rica Escala 1:250,000*, Editorial Instituto Costarricense de Electricidad, ICE, San José, Costa Rica, 2010.
- Bergoeing, J.P., Brenes L.G. y Fernández M., Ureña M., “Geomorfología de la Cordillera Costeña y de los abanicos aluviales en el piedemonte meridional de la cordillera de Talamanca”, *Revista Geográfica*, núm. 148, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 2010.
- Calvo, G., “Geología del macizo de Chirripó, cordillera de Talamanca, Costa Rica”, *Inf. Camp. Geol.*, 37 pp., Universidad de Costa Rica, 1987.
- Cities Service Minerals, “Geologic map Talamanca Cordillera, Province of Limón (incluye las hojas Río Banano, Siola, Namaki, Sukut, Telire, Estrella, Kamuk, Durika, Matama y Chirripó), escala 1:50,000”, Informe interno, San José, Cities Service Minerals (Circum-Caribbean) S.A., 1977.
- Cordero, Z., “Geología del noreste de Quepos”, *Inf. Camp. Geol.*, 31 pp., Universidad de Costa Rica, 1982.
- Corrigan, J.D., “Geology of the Burica pen. Panamá-Costa Rica: neotectonics implications for the southern middle convergent margin”, tesis de Maestría, University of Texas at Austin, 1986.
- Dengo, G. y Escalante G., Mapa preliminar de reconocimiento geológico y fotogeológico: zona de influencia de la Cuenca del río Savegre, escala 1:50,000, Informe interno, ICE, 1980.
- Denyer, P. y Kussmaul. S. (Eds.), *Geología de Costa Rica*, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, 2000, 515 pp.
- Echandi, E., “Geología del cerro Coyolar, distrito Boruca, provincia de Puntarenas, Costa Rica”, *Inf. Camp. Geol.*, 26 pp., Universidad de Costa Rica, 1979.
- Escalante, G., “Mapa geológico preliminar, área sureste de Costa Rica (Cordillera de Talamanca y zonas adyacentes), escala 1:200,000”, Castillo, R., *Geología de Costa Rica: una sinopsis*, 2a. edición, San José, Ed. Universidad de Costa Rica, 1978.
- Estrada, A., “Geología de la Fila Cobo y alrededores, cantón de Buenos Aires, provincia Puntarenas, Costa Rica”, *Inf. Camp. Geol.*, 23 pp., Universidad de Costa Rica, 1979.
- Estrada, F.J., “Geología del área al norte de Puerto Nuevo, cantón de Osa, provincia Puntarenas, Costa Rica”, *Inf. Camp. Geol.*, 23 pp., Universidad de Costa Rica, 1979.

- Estrada, R., 1983. "Geología de punta Murciélagos y alrededores, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 41 pp., Universidad de Costa Rica.
- Fernández, E., "Estudio geológico del valle de la quebrada Drori, Boruca, provincia Puntarenas", *Inf. Camp. Geol.*, 32 pp., Universidad de Costa Rica, 1979.
- Garita, E., "Estudio geológico aplicado entre Tabla-Bajo Coto y alrededores, Cantón de Coto Brus, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 109 pp., Universidad de Costa Rica, 1998.
- Gómez, A., "Geología del área de punta Quepos y alrededores, cantón de Aguirre, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 26 pp., Universidad de Costa Rica, 1982.
- Gómez, M., "Estudio geológico quebrada Cuachi y el río Zapote, Palmar Norte, Puntarenas", *Inf. Camp. Geol.*, 18 pp., Universidad de Costa Rica, 1979.
- Hebbeln, D., Beese, D. y Cortis, J., "Morphology and sediment structures in Golfo Dulce, Costa Rica, *Rev. Biol. Trop.*, vol. 44, núm. 3, pp. 1-10, 1996.
- Herrera, A., "Geología básica y aspectos geo-ambientales de la zona de Esperanza y Chontales, Cantón de Golfito, Puntarenas", *Inf. Camp. Geol.*, 128 pp., Universidad de Costa Rica, 1997.
- Horn, S.P., "Timing of glaciation in the cordillera de Talamanca, Costa Rica", *Climate Res.*, núm. 1, pp. 211-216, 1990.
- Ivosovic, S.W., *Geology and mineral deposits of the south-central Osa pen. Placer gold district, Costa Rica*, Soc. Mining Engineers of Aime, Fall Meeting and Exhibit, St. Louis, Missouri, 26 pp., 1977.
- Kriz, S.J., "Tectonic evolution and origin of the Golfo Dulce gold placers in southern Costa Rica", *Rev. Geol. Amér. Central*, núm. 11, pp. 27-40, 1990.
- Loaiza, M.A., "Estudio geológico de llano Bonito y alrededores, Cantón de Golfito, provincia de Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 112 pp., Universidad de Costa Rica, 1975.
- Madrigal, C., "Geología del sitio La presa y alrededores, cantón de Palmar Norte, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, Universidad de Costa Rica, 1979.
- Murillo, J., "Estudio geológico de San Miguel y alrededores, Cantón de Coto Brus, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 99 pp., San José, Universidad de Costa Rica 1988.
- Obando, J.A., "Sedimentología y tectónica del Cretácico y Paleógeno de la región de Golfito, pen. de Burica y pen. de Osa, provincia Puntarenas, Costa Rica", tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, 1986, 211 pp.
- Pinzón, O.E., "Geología de la quebrada Shoseragua y alrededores, cantón de Osa, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 32 pp., Universidad de Costa Rica, 1979.

- Protti, R., "Aporte a la geología del sitio de presa del proyecto hidroeléctrico de Boruca, cantón de Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 29 pp., Universidad de Costa Rica, 1979.
- Ramírez, N., "Geología integral de los alrededores del poblado de Jabillo, zona sur de Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 134 pp., Universidad de Costa Rica, 1998.
- Ramos, V., "Estudio geológico integral del Pueblo de Bonanza y alrededores, Cantón de Coto Brus, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 110 pp., San José, Universidad de Costa Rica, 1998.
- Robinson, W., "Geología de la fila Cajón y alrededores, cantón de Boruca, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 21 pp., Universidad de Costa Rica, 1979.
- Rodríguez, A., "Estudio geoambiental del poblado de La Unión y alrededores, distrito de Lepanto, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 63 pp., Universidad de Costa Rica, 2000.
- Rodríguez, H., "Geología de la zona sur de Palmares", *Inf. Camp. Geol.*, 14 pp., Universidad de Costa Rica, 1976.
- Sigarán, C., "Estudio geológico del área comprendida entre La Purruja y La Mona, y alrededores, cantón de Golfito, Puntarenas", *Inf. Camp. Geol.*, 109 pp., Universidad de Costa Rica, 1997.
- Vargas, L.E., "Estudio geológico de la ciudad de Golfito y alrededores, cantón de Golfito, provincia Puntarenas, Costa Rica", *Inf. Camp. Geol.*, 114 pp., Universidad de Costa Rica, 1997.