

GEOLOGÍA DE LA HOJA BUENOS AIRES, COSTA RICA

GEOLOGY OF THE BUENOS AIRES QUADRANGLE, COSTA RICA

Luis G. Obando* & Siegfried Kussmaul

Escuela Centroamericana de de Geología. Universidad de Costa Rica

*Autor para contacto: lobando@geologia.ucr.ac.cr

(Recibido: 26/10/09; aceptado:12/12/2009)

INTRODUCCION

La zona de trabajo se ubica en la hoja topográfica Buenos Aires 1:50 000 (IGNCR, Fig. 1), se ubica en el flanco sur de la Cordillera de Talamanca. La zona de estudio esta dominada principalmente por dos litologías: rocas intrusivas del Mioceno y depósitos aluvionales del Cuaternario, de manera subordinada se observaron rocas sedimentarias del Mioceno y metamorfismo de contacto (Fig. 2). Las intrusiones se muestran con fuertes pendientes y ocupan la parte norte del área de estudio. Desde la carretera interamericana, es fácilmente visible el frente montañoso. Los abanicos aluviales son cortados por la misma carretera, son depósitos recientes lateritizados, formados durante la época del deshielo glacial; estos cubren casi por completo las formaciones rocosas infrayacentes, dejándolas expuestas por erosión solamente en algunos sitios.

Respecto a la tectónica, se compone básicamente dos sistemas de dirección norte-sur y este-oeste aproximadamente (véase Mapa Geológico y Fig. 3).

FORMACIÓN TERRABA

Descripción litológica: En la hoja Buenos Aires, la Formación Terraba, representa la base estratigráfica. Se compone de areniscas pardas a verdosas, finas a gruesas, bien estratificadas, estratificación decimétrica a métrica, relativamente meteorizadas. No se observaron horizontes grises oscuros como es característico de esta formación.

Localidad tipo, espesor: Los escasos afloramientos se observaron solamente en el cauce del río General, ya que esta Formación aflora por erosión de los abanicos aluviales procedentes de la Cordillera de Talamanca. Respecto al espesor, los afloramientos estudiados no sobrepasan los 30 m.

Aspectos Regionales (localidades de referencia): La Formación Terraba, se encuentra con buenos afloramientos al sur del área de estudio, por ejemplo en la hoja topográfica San Isidro. Se puede observar buenos afloramientos a lo largo del río Terraba y, en general, a lo largo de toda la fila Costeña.

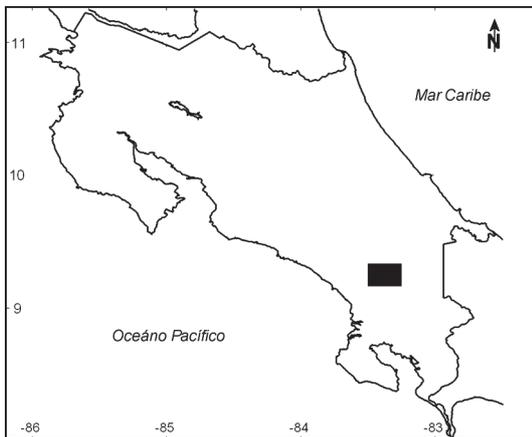


Fig. 1: Ubicación de la hoja buenos aires.

Relaciones estratigráficas: El contacto inferior no se observó, tan solo se han observado contactos discordantes con los abanicos aluviales. Dada la cobertura cuaternaria no fue posible observar otros contactos. La posición estratigráfica, se infiere por la regionalidad y edad de la Formación.

Edad: No se hicieron dataciones, la edad reportada en la literatura es Oligoceno Superior a Mioceno Superior (Mora, 1979; Alvarado et al., 2009).

FORMACIÓN CURRÉ

Descripción litológica: La Formación Curré se compone de intercalaciones de areniscas y lutitas, masivas a estratificadas centimétricamente, muy fracturada en algunos afloramientos, sobre todo si se encuentra cercanas a fallas. Dada la meteorización son café claras, por lo general con óxidos de hierro, y friables.

Las areniscas son finas a medias con facies gruesas a brechosas finas, localmente con clastos líticos no identificados de 1 mm. Cuando se observa bioturbación esta es milimétrica; se han

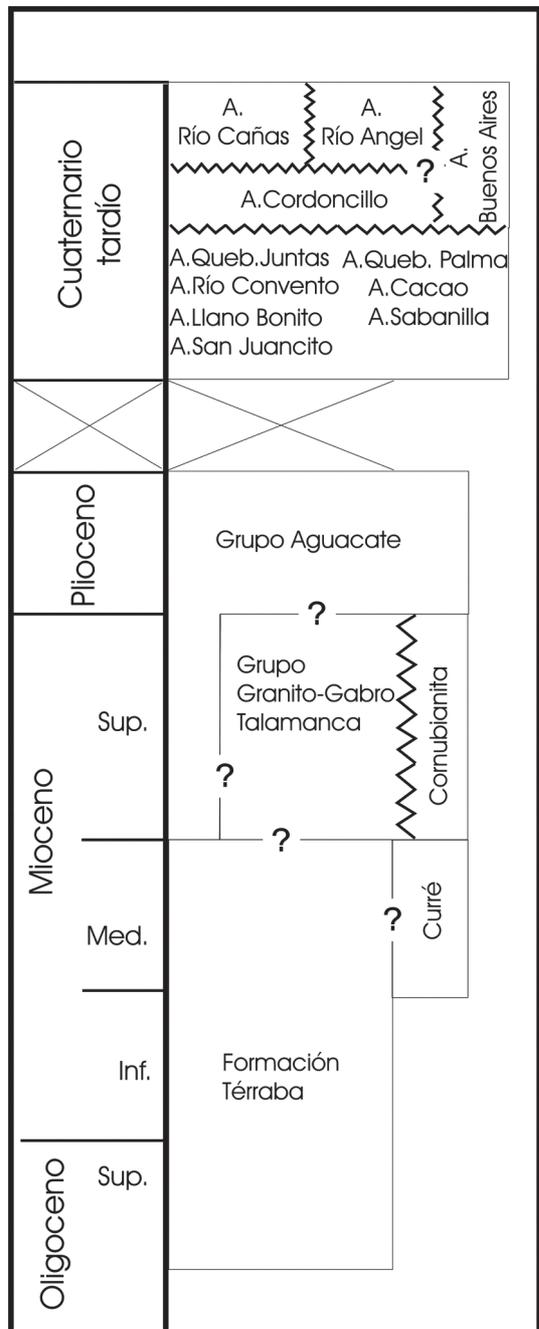


Fig. 2: Columna estratigráfica de la zona de estudio.

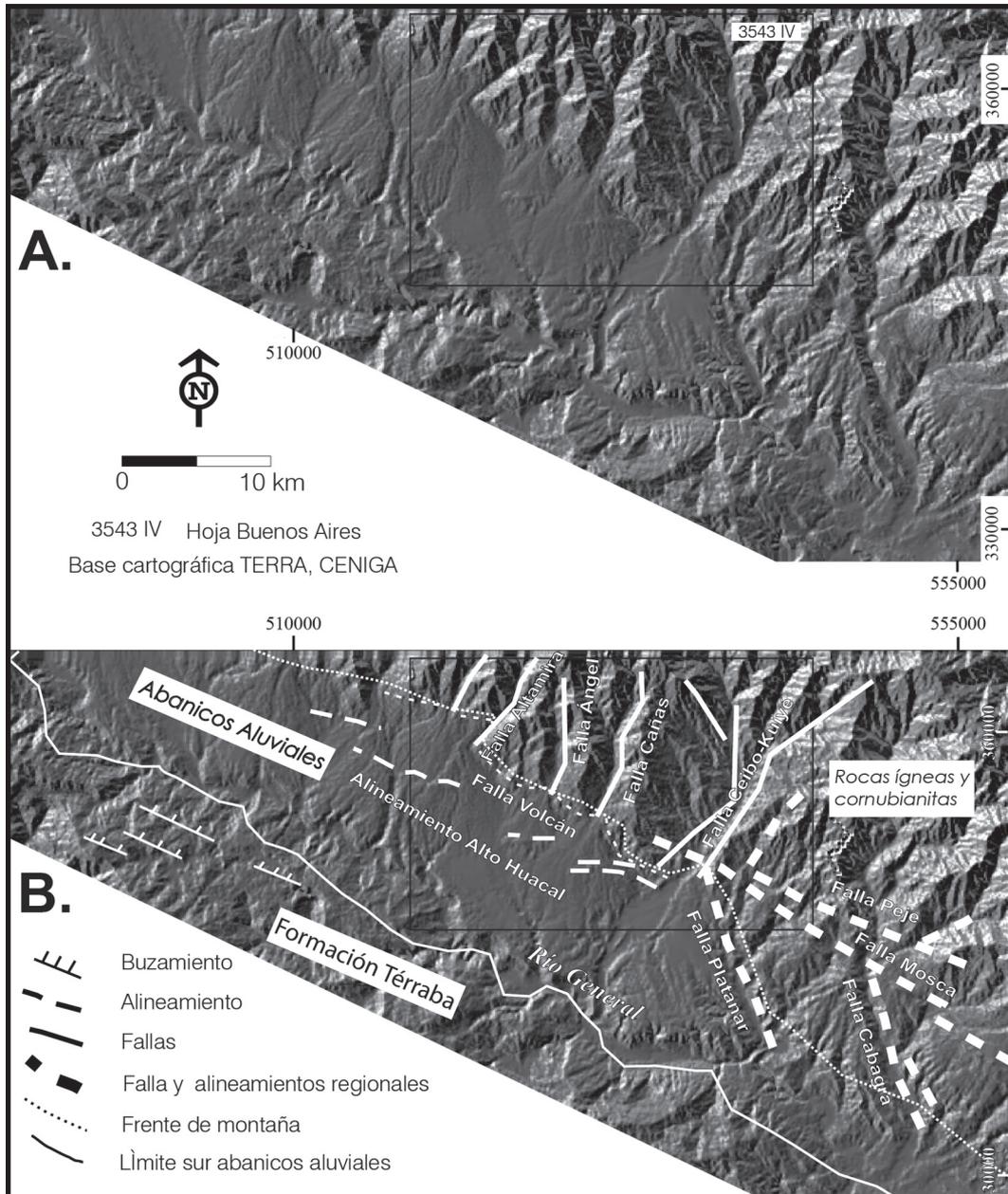


Fig. 3: Modelo de elevación digital de las hojas Buenos Aires, Repunta y parte de Kamuk, Cabagra y General (1:50 000, IGN). Se muestran los megarasgos geológicos regionales, nótese la distribución de los abanicos aluviales y la disección por los drenajes actuales. Asimismo, los alineamientos regionales como la Falla Peje y Falla Mosca, la cual, deja expuesto intrusivos en la fila Mosca. (Base cartográfica Terra-Ceniga).

observado fósiles de bivalvos y gastrópodos muy mal preservados. Cuando las condiciones de meteorización lo permiten, en algunos casos es observable materia vegetal carbonizada como detrito fino, lo cual es distintivo en algunas facies de esta unidad, ya reportadas por Arias (1998), más al sur de la zona de trabajo.

Las lutitas, cuando están sin alteración, son grises muy oscuras, calcáreas, con estratificación masiva y se distingue laminación paralela.

Dada la cercanía de esta unidad con el Grupo Granito-Gabro Talamanca, se infiere que una buena parte de esta formación esta metamorfizada.

Localidad tipo, espesor: Dada la cobertura de los abanicos aluviales y la alteración metamórfica del Grupo Granito-Gabro Talamanca, la localidad tipo y el espesor no se pudieron definir. Los escasos afloramientos de esta Formación se observan al este de la ciudad de Buenos Aires y en escasos y pequeños afloramientos, inmediatamente al norte de esta ciudad. Una secuencia meteorizada relativamente abundante, se localiza al norte del cerro “Cola de Dragón”, en un camino recién abierto en 2008. El espesor estratigráfico en estos afloramientos no supera los 8 m.

Aspectos regionales (localidades de referencia): En la zona de estudio, la escasez de afloramientos es notoria y los pocos afloramientos observados tienen mucha alteración, o meteórica o metamórfica, y aislados por los abanicos aluviales. Buenos afloramientos se encuentran al sur del área de estudio. Por ejemplo, en la hoja topográfica San Isidro (véase Alvarado et al., 2009).

Relaciones estratigráficas: Tan solo se han observado contactos con los abanicos aluviales. Dada la cobertura cuaternaria no fue posible observar otros contactos. La posición estratigráfica se infiere por la regionalidad y edad de la formación.

Edad: No se hicieron dataciones, la edad reportada en la literatura es Mioceno Medio (Fischer; en: Mora, 1979).

Aspectos Específicos: La tectónica tan activa de la zona, ha dislocado fuertemente esta unidad. Los afloramientos se presentan diaclasados, fallados, sin buzamiento visible, cuando éste se observa, puede tener una dirección de buzamiento hacia el N, NEE, W franco, NWW, SE y su inclinación no sobrepasa los 20°.

CORNUBIANITAS METAMÓRFICO DE BAJO GRADO

Descripción litológica: Son rocas del metamorfismo de contacto de bajo grado, presentan colores gris verdoso, gris oscuro, muy compactas, bien estratificada, centimétrica a decimétrica. Como estructuras relictas se observan, estratificación paralela continua, horizontes con laminación paralelas onduladas, planares y laminación cruzada de bajo ángulo.

Como minerales de alteración se observan, epidotización, neoformación de cuarzo y silicificaciones. Las intercalaciones originales fueron areniscas finas a medias con lutitas. Si el metamorfismo lo permite, pueden observarse biotubación y moldes de bivalvos.

Un afloramiento muy accesible está en la ribera sur del río Ceibo, del puente 200 m al NE, aguas arriba. Aquí la cornubianita es color gris a negro, bien estratificada. Paquetes decimétricos, masiva en partes, muy duras, intercala con lo que fueron lutitas y areniscas medias grises, con estructuras primarias tipo laminación paralela ondulada discontinua. Aquí se observa un dique hipoabisal basáltico de 3 m con contacto irregular.

Es común observar diques hipoabisales básicos con diferentes texturas porfiríticas intruyendo esta unidad.

Localidad tipo: Dado que los afloramientos de las cornubianitas no son continuos, no es posible darle el rango de una unidad estratigráfica formal. Es necesario indicar que en la zona de estudio, esta unidad aflora como relictos de erosión en forma de parches de diferentes dimensiones; algunas veces se ha observado una mezcla entre los intrusivos hipoabisales y cornubianitas difíciles de cartografiar individualmente. Los mejores afloramientos se localizan a lo largo del río Ceibo, aguas arriba del cerro “Cola de Dragón”, río Volcán, aguas arriba de Altamira, río Cañas, Fila Aguacate.

Aspectos regionales (localidades de referencia): Dada la tectónica tan fuerte manifiesta en la zona de estudio y la presencia de los abanicos, los afloramientos son poco continuos y dispersos. Los autores han observado buenos afloramientos, en las hojas aledañas Repunta y San Isidro (1:50 000 IGN).

Relaciones estratigráficas: El contacto con los cuerpos intrusivos mayores no fue observado.

Edad: La edad no fue determinada, pero la edad del metamorfismo, corresponde con la edad de las intrusiones mayores, es decir de 9,5 a 9,85 Ma., según MacMillan et al. (2004), para esta región.

Aspectos Específicos: Se infiere que las cornubianitas son remanentes escasos de la roca caja y cobertura del Grupo Granito-Gabro Talamanca. Las relaciones estratigráficas hacen suponer que las cornubianitas podrían ser facies correspondientes a la Formación Curré, dado las estructuras relictas y los moldes de fósiles.

Las direcciones de inclinación de estos estratos relictos es hacia NW, NEE, SW, SE, las inclinaciones no superan los 30 grados para esta región.

GRUPO GRANITO-GABRO TALAMANCA

Antecedentes: Berrange & Whittaker (1977; en: Kussmaul, 1987), introdujeron el nombre de "Grupo comagmático (intrusivo) Talamanca"; Kussmaul (1987), propone el nombre de Grupo Granito-Gabro Talamanca. En este trabajo se utilizará el nombre propuesto por Kussmaul (1987).

Descripción litológica: los cuerpos intrusivos son los mas representados en el mapa geológico, petrográficamente se componen principalmente de monzonitas, monzodioritas y granitos (véase Cuadro 1, para su ubicación en el mapa).

Entre las litologías más destacadas se encuentran:

Granitos: Aunque no fue posible delimitarlos, se cartografiaron dos intrusiones graníticas de dimensiones importantes, las más grandes cartografiadas hasta el momento en Costa Rica, sus afloramientos se localizan en los sitios de Sabana Ditsiri Suk y Sabanas Santa María. Los granitos, macroscópicamente, son equigranulares a porfíricos de grano medio a fino (1 mm como promedio), con fenocristales de cuarzo y feldespatos de hasta 1 cm, color gris rosado claro, localmente presentan cumulitos de piríboles de hasta 0,7 mm de diámetro. Petrográficamente estos granitos pueden tener cuarzo (25%), plagioclasa (35%), ortosa (29%) hornblenda, augita y biotita como subordinados.

Monzonitas-monzodioritas: En muestra de mano, son color gris claro, de grano fino a grueso, porfíricas con fenocristales de anfíboles y biotita de hasta 0,5 mm; los feldespatos alcanzan largos de hasta 1,2 cm. Localmente, se observan cumulitos con piríboles de hasta de 2 cm de largo. Microscópicamente tiene texturas holocristalina hipidiomórfica granular (medio), micrográfica y como promedio, cuarzo (4,7%), plagioclasa (49,5%), ortosa (31,25%) y augita (6,75 %), biotitas (1,5%) así como hornblendas y opacos subordinadas.

Micromonzodioritas: Las micromonzodioritas son holocristalinas glomeroporfíricas, con fenocristales hipidiomórficos de biotita y plagioclasa, xenomórficos de cuarzo y ortosa; matriz xenomórfica granular de grano fino (80,5 %) compuesta por 37 % de plagioclasa, 26 % de ortosa, 17,5 % de cuarzo y como subordinados hornblenda verdosa, magnetita.

Otras litologías muestreadas poco comunes son monzodiorita, microgranodioritas, microgranitos.

Todos los cuerpos intrusivos muestran una intensa meteorización arcillosa y arenitización. Por lo general, los suelos laterizados (rojos, naranjas, café rojizos) o corresponden con abanicos aluviales o intrusiones básicas meteorizadas, mientras que los suelos claros, grises claros, blanco grisáceos, corresponden con cuerpos intrusivos ácidos.

Petrográficamente, se han observado alteraciones como arcillitizaciones, turmalinitizaciones y sericitizaciones.

Localidad tipo: los afloramientos de fácil acceso se encuentran a lo largo del río Ceibo, a la altura de Ujarrás, esto al norte de Buenos Aires, en el cerro "Cola de Dragón", tanto al lado oeste, como este de dicho cerro, poblado de Convento, norte de Altamira, Alto Helechales, hacia el poblado de Olán, hacia la reserva privada Dúrika y río Cañas, al norte de Guadalajara.

Aspectos regionales: Las exploraciones de campo realizadas fuera del área de estudio no muestran intrusiones de esta importancia. Algunas intrusiones básicas con múltiples inclusiones, se encuentran cerca del poblado Cabagra.

Relaciones estratigráficas: Los contactos entre los cuerpos intrusivos individuales no fueron observados claramente, su cartografía es difícil,

Cuadro 1

Muestras petrográficas y su ubicación en coordenadas Lambert Sur

X	Y	Ubicación	Petrografía	ID(*)
525204	362196	Entre ríos Volcán y Volcancito	Monzonita cuarzosa con hornblenda	1
530400	356400	Sta. Rosa	Monzodiorita	2
540700	358100	Entre río Ceibo y Kuiye	Micro-monzodiorita	3
537600	353700	Ujarrás	Monzodiorita cuarzosa	4
540300	354700	Ujarrás	Monzonita	5
544520	356000	Camino a Reserva Durika	Monzonita	6
535300	356500	Sabanas Santa María	Monzonita (bloques)	7
537600	353700	Ujarrás	Monzonita cuarzosa (bloque)	8
538510	358350	Sabana Ditsiri Suk	Granito con biotita	9
533380	357360	Sabanas Santa María	Granito porfirítico con hornblenda	10
540950	356665	“Cola de Dragón”, bloque (tajo) (**)	Micro-granito	11
530340	355850	Llano Bonito	Micro-granodiorita	12
540950	356665	“Cola de Dragón” (tajo) (**)	Micro-monzodiorita cuarzosa con biotita	13
529650	355580	Llano Bonito	Andesita con alteración a actinolita	14
540130	359640	Sabanas Oka	Andesita	15
532930	355480	Cerro Santa María	Andesita	16
539773	362953	Río Ceibo	Basalto/Diabasa, dique	17
539773	362953	Río Ceibo	Basalto con alteración hidrotermal, dique	18
539490	351950	Sabanas Sipar	Basalto (Flujo piroclástico)	19
524599	361225	Fila Toril	Basalto meteorizado	20
540900	352800	Fila Salitre	Basalto alcalino (Flujo piroclástico)	21
539773	362953	Río Ceibo	Cornubianita	22
523472	360721	Quebr. Perico	Cornubianita	23
525320	358214	Fila Angel	Cornubianita	24
539773	362953	Río Ceibo	Cornubianita	25
539980	362020	Sabana Murur Bisuk	Cornubianita	26
539980	362020	Sabana Murur Bisuk	Cornubianita	27

(*) Id, identificador de muestra petrográfica , véase mapa geológico.

(**) “Cola de Dragón”, nombre informal para el cerro localizado en la confluencia río Ceibo y río Kuiyé

por consiguiente, el mapa geológico no muestra estos cuerpos intrusivos individuales. La localización de intrusivos puede verse en la Cuadro 1. La zona indicada en el mapa geológico, como “Grupo Granito-Gabro Talamanca y abanicos”, se debe la imposibilidad de diferenciar claramente los abani-

cos aluviales con las intrusiones, esto debido a que la Falla Volcán ha levantado abanicos e intrusiones dejando estos últimos aflorando por erosión.

Edad: en el área de estudio MacMillan et al., (2004), dató una muestra de una granodiorita en 9,5 a 9,85 M.a.

GRUPO AGUACATE LAVAS Y PIROCLASTOS

Descripción litológica: Son remanentes de erosión aislados representados por malos afloramientos y se componen de lavas y piroclastos.

Unidad lávica: Son lavas andesíticas y basálticas, porfíricas, gris oscuro, con fenocristales de piroxeno de hasta 0,8 mm dispersos en la matriz, los feldespatos pueden llegar hasta los 0,5 mm, dispersos. Localmente se observa una textura vesicular fina y pueden tener vesículas de hasta 1 cm. Las lavas están meteorizadas o bien tienen fuerte alteración hidrotermal, siendo duras, compactas y masivas, localmente falladas y diaclasadas, por lo general, los afloramientos están rodeados de abanicos meteorizados barrocos.

Piroclastos: poseen fragmentos angulares brechosos con tamaños máximos observados de 22x24,8 cm, los afloramientos remanentes se muestran en bloque métricos muy redondeados, en donde sobresalen los fragmentos más duros lávicos porfíricos, con fenocristales de augitas milimétricos. Petrográficamente los fragmentos lávicos son basaltos (Cuadro 1, muestras 19 y 21).

Al sur del mapa, en el caserío Yire, se notan dos tipos de depósitos: bloques con un alto grado de meteorización, no diferenciados, pertenecientes posiblemente, a un depósito de abanico dentro de una matriz, todo muy arcillitizado y piroclásticos color rojizo-morado presumiblemente de origen tobáceo muy meteorizado.

Localidad tipo: Los escasos afloramientos de lava se pueden ver en un tajo ligeramente al oeste del poblado de Sta Rosa, aquí las lavas se muestran falladas y con fuerte alteración hidrotermal, incluso con mineralizaciones de hematita en vetillas centimétricas, localizadas.

Los piroclastos afloran al lado este del mapa y fuera de éste, en el camino que conduce a Olán (fila Salitre, Sabanas Sipar), sobreyaciendo a la Formación Curré. Estos afloramientos corresponden con relictos erosivos.

Aspectos regionales: En la Hoja Kamuk (1:50 000, IGN), las lavas y piroclastos se manifiestan en afloramientos importantes; el cerro Sipar se interpreta como un domo volcánico y en el poblado de Olán afloran piroclastos tipo ignimbritas, color gris claro y tobas gris moradas, inconsolidadas, las cuales han provocado deslizamientos de suelo importantes, ligeramente al norte del poblado de Olán.

Relaciones estratigráficas: Los contactos entre las diferentes unidades no fueron observados.

Edad: La formación Aguacate no fue datada en esta zona, debido a lo inconsolidado y poco meteorizado de los materiales, se infiere una edad Mioceno Plioceno (DeBoer et al., 1995; MacMillan et al., 2004).

FORMACIÓN VALLE DE EL GENERAL ABANICOS ALUVIALES

Descripción litología: A parte de las intrusiones, la cartografía geológica muestra que los abanicos aluviales es la litología más importante.

Tipos de abanicos: Se han observado los siguientes tipos, por lo general muy meteorizados:

a) Abanicos soportados por matriz arcillosa, café amarillento claro, con fragmentos de lavas meteorizadas centimétricos, grises, puede verse materia orgánica esparcida. Se observan al norte de Llano Bonito.

b) Lateritas arcillosas, rojas, localmente se observan bloques muy meteorizados centimétricos, similares a los descritos por Alán (1983). A lo largo de la carretera interamericana se encuentran muy meteorizados y los clastos tienen dimensiones variadas, los afloramientos muestran clastos de 96 cm, con un promedio 32 cm. Sin embargo, localmente coexisten fragmentos métricos (2,4x1,22 m) redondeados, gris morados en capas de cebolla, estos fragmentos pueden ser tanto volcánicos(?) como intrusivos.

Hacia el sitio Yire, se muestra un conglomerado de gujarros a bloques, los clastos muy bien

redondeados y muy meteorizados. La composición de los mismos es volcánica y la matriz muestra abundantes plagioclasas.

c) En el abanico Río Cañas, por el camino entre Cañas y Llano Bonito, se observan múltiples bloques casi decamétricos (8,56x3,68 m como promedio, el máximo observado es de 10x5 m) de monzogabros y monzonitas con meteorización acanalada tipo "lapiaz", rodeados por bloque métricos. Estos enormes bloques están semienterrados, por lo que sus dimensiones pueden aumentar (Fig. 4).

Los monzogabros son faneríticos-porfíricos con inclusiones micro-faneríticas de la roca caja de hasta 8 cm de largo. La superficie meteorizada muestra fantasmas de inclusiones dejando porosidades y vesículas de hasta 4 mm de profundidad y 5 mm de largo.

Se infiere que estos megabloques corresponden con la facies periféricas más básicas del núcleo de la cordillera ya que en estos momentos se encuentran in situ, aflorando las facies centrales más ácidas del núcleo de Talamanca.

Localidad tipo y espesor: En el área de estudio, el espesor no fue posible medirlo, pero Alán (1998), para la unidad Ceibo señala 200 m de espesor, esta unidad fue mapeada al E del área estudiada, Coto Brus, Fila Blanco.

Aspectos regionales: Kesel (1983), Alán (1998), Carrillo (1998), Garita (1998) y Ramos (1998), entre otros, reportan intercalaciones de areniscas, lodolitas, guijarros y paraconglomerados con fragmentos de basaltos (80%), andesitas e intrusivos gabroicos (20%), con lentes de arenas medias a finas, con biotitas (20%), cuarzo, anfíboles, fragmentos líticos. Alán (1998), los identifica genéticamente como *debris flows*.

En los trabajos de Alán (1998) y Garita (1998), por ejemplo, se define la Unidad Ceibo, como un abanico de 200 m espesor, compuesto por granodioritas, en bloques de hasta 5 m de diámetro, en una matriz areno-arcillosa. Y la unidad Conglomerado Palma, la describe como abanicos distales de conglomerados medios con arenas finas, corrientes violentas en los fondos de los canales. Alán (1998), interpreta, que los abanicos compuestos por rocas volcánicas y gabros, representan los primeros episodios del levantamiento de Talamanca.

Respecto a las rocas monzogabroicas que contienen múltiples inclusiones, similares a los bloques de Cañas y Llano Bonito, se pueden observar in situ, en un pequeño tajo, en la entrada del poblado de Cabagra, en la hoja Cabagra (1:50 000 IGN).

Relaciones estratigráficas: Los contactos con otras unidades no fueron observados, pero se asumen discordantes (véase columna estratigráfica)

Edad: Las dataciones no fueron realizadas, sin embargo, estos abanicos aluviales se formaron durante el periodo de deshielo del alto Talamanca, probablemente después de la glaciación Würm (Wisconsin), la cual terminó hace 12000 años. Kesel (1983), datando arcillas lacustres en Buenos Aires, indica una edad de 8810 (+/-245) a 12 830 años (+/-395), señalando además que el promedio neto de acumulación de sedimentos fue de 16 m/1000 años. Lachniet & Seltzer (2002), tan solo indican que la glaciación en Talamanca y el Cerro Buena Vista, ocurrió en el Cuaternario Tardío.

La estratigrafía de los abanicos, se determinó basado en el estudio de las fotos aéreas, la topografía, el patrón de drenaje y sus cambios. Así, los abanicos más antiguos o iniciales son: A. San Juancito, A. Río Convento, A. Cacao, A. Sabanilla, A. Llano Bonito, A. Quebrada Palma, A. Quebrada Juntas, no fue determinada la edad relativa entre estos abanicos. Los más recientes o finales son: A. Cordoncillo, A. Río Angel, A. Río Cañas, A. Buenos Aires, tampoco fueron datados, pero al parecer el abanico Buenos Aires estuvo activo durante la formación de los últimos tres (véase la columna estratigráfica), ya que el río Ceibo procede de la alta Talamanca aportando continuamente el material. Se desconoce si existen abanicos más antiguos infrayaciendo a los observados actualmente.

Aspectos Específicos: El Cuadro 2 muestra el área ocupada, en km² y hectáreas, por los abanicos más antiguos y los más jóvenes. Así, los abanicos iniciales tienen un área total observada de 64 km², mientras que los más jóvenes tienen un área total observada de 115 km². Los abanicos aluviales tienen en totalidad un área cubierta de 179 km².

Dado que estos eventos depositacionales y su magnitud ocurrieron durante el deshielo, difícilmente volverán a ocurrir, hasta que suceda el siguiente periodo glaciario.

Cuadro 2

Área cubierta por los abanicos antiguos y recientes

EVENTO	Area (km ²)	Hectáreas
ABANICOS ANTIGUOS		
A. San Juancito	8,45	845,01
A. Río Convento	13,61	1360,85
A. Cacao	13,92	1391,92
A. Sabanilla	1,71	171,30
A. Llano Bonito	6,92	691,78
A. Quebrada Palma	17,99	1798,55
A. Quebrada Juntas	1,42	141,83
TOTAL	64,02	6401,24
ABANICOS RECIENTES(*)		
A. Cordoncillo	53,60	5360,27
A. Río Ángel	9,38	937,59
A. Buenos Aires	25,67	2567,21
A. Río Cañas	26,53	2652,90
TOTAL	115,18	11517,97
GRAN TOTAL	179,2	17919,21

(*) Dadas la presencia de terrazas, se considera que estos abanicos tienen su ápice río arriba

En general, estos sedimentos están en tránsito desde las partes altas hasta el río General, quién por último, los transporta hacia el río Térraba. Actualmente están siendo erosionados por los colectores importantes, como el Ceibo, Cañas, Cacao, Cordoncillo, etc., evidenciado esto por terrazas con escarpes de alturas de hasta 80 m de altura (río Ceibo). La actividad antrópica debido a la actividad agrícola intensiva, está erosionando fuertemente estos sedimentos.

Deslizamientos: se cartografiaron 11 deslizamientos mas evidentes (Cuadro 3). Sin embargo, existen otros pequeños, recientes, no cartografiados, que se observan en las pendientes más altas, especialmente las paredes verticales de los intrusivos; estos corresponden con deslizamiento de rocas.

Algunas de estas áreas inestables se asocian a fallamiento, por ejemplo el deslizamiento localizado al norte de Buenos Aires y la Finca Violeta, en el extremo superior NW del mapa.

Dos deslizamientos importantes antiguos, se evidencian porque han dejado dos canales erosivos,

estos se ubican al extremo inferior SW del mapa, al otro lado del río General, ambos son paralelos y presentan escarpes también paralelos de aproximadamente 20 m de altura. La dinámica de la erosión se interpreta como de movimiento lento, probablemente el proceso se inició poco después de la depositación, esto debido a la cantidad de agua presenta en el barro durante la depositación.

Terrazas Colgadas: la observación de campo y fotografías aéreas, mostraron terrazas colgadas en el río Skra, río Sarai y quebrada Dusiri y una sección anómalamente ancha en el cauce que actualmente ocupa el río Angel. El área máxima observada es de 1,18 km² (Cuadro 3). En la actualidad, los depósitos se encuentran a una diferencia de altura, aproximada de 300 m con respecto al cauce actual del río Ceibo y las terrazas están inclinadas hacia los valles, con un ángulo aproximado de 9°.

Se interpreta que estas terrazas fueron formadas por niveles de base locales, que en el período de la deglaciación formaron lagunas. Posteriormente, al romperse el nivel de base local, estas lagunas artificiales posiblemente desagüaron violentamente, dejando canales de erosión.

Canales Erosivos: En el cerro Alto Huacal (130 m de altura), localizado ligeramente, hacia el NE del poblado Volcán, se presentan 6 canales erosivos que lo atraviesan totalmente, con dirección NW-SE, desde su parte más empinada (N), hacia la parte de menos pendiente (S) (Cuadro 3). Lo mismo ocurre en el cerro localizado al este de Socorro (quebrada Palma), son canales que tienen un largo máximo observado de 2,3 km y un ancho de observado de 200 m. Estos canales tienen dirección coincidente con los colectores principales de los abanicos Río Angel y Río Cañas.

La ocurrencia de estos canales se interpreta por erosión intensa debido a los *debris flows* que bajaron violentamente desde los niveles de base locales ubicados aguas arriba. En el caso del Alto Huacas, la erosión es más que evidente, ya que probablemente el abanico Llano Bonito había rellenado parcialmente la cuenca y posteriormente al romperse algún nivel de base local localizado aguas arriba, la violenta inundación no fue retenida por el Alto Huacas y ésta paso por sobre él dejándolo marcado. Por último, las últimas inundaciones dejaron una terraza justo al lado norte de dicho cerro.

Cuadro 3

Tipo de evento y sus áreas de cobertura

Evento	Area (km ²)	Hectáreas
DESLIZAMIENTOS		
Deslizamiento Río General, lento 1	2,24	223,74
Deslizamiento Río General, lento 2	1,41	140,86
Deslizamiento Río General 1	0,52	52,34
Deslizamiento Río General 2	1,12	111,92
Deslizamiento Río General 3	0,85	84,73
Deslizamiento Finca Violeta	0,95	95,37
Deslizamiento Sabana Bekis 1	0,08	8,11
Deslizamiento Sabana Bekis 2	0,01	1,30
Deslizamiento Sabana Bekis 3	0,04	3,92
Deslizamiento Sabana Bekis 4	0,02	1,63
Deslizamiento Buenos Aires	0,58	58,79
TOTAL	7,82	782,71
TERRAZAS COLGADAS		
Terraza colgada Río Skra 1	0,94	93,67
Terraza colgada Río Skra 2	0,22	22,03
Terraza colgada Río Skra 3	0,30	30,40
Terraza colgada Queb. Dusiri	1,08	108,27
Terraza colgada Río Sarai	1,18	118,50
TOTAL	3,72	372,23
CANALES EROSIVOS		
Canal erosivo Alto Huacas-1	0,29	29,29
Canal erosivo Alto Huacas-2	0,06	5,84
Canal erosivo Alto Huacas-3	0,04	4,43
Canal erosivo Alto Huacas-4	0,21	21,07
Canal erosivo Alto Huacas-5	0,08	8,30
Canal erosivo Alto Huacas-6	0,05	5,36
Canal erosivo Quebrada Palma	0,10	10,10
TOTAL	0,83	84,39

Tan solo como una indicación paleoclimática, Kesel (1983), basado en análisis de polen indica que hacia el final de la era glacial (hace 12 830 años) parece ser que ocurrió un aumento en la precipitación, representado esto por un incremento en los robles y a su vez, ocurrió una disminución de

especies de clima seco. Hacia el 8 800 a.P, Kesel (1983), indica que ya existían condiciones climáticas similares al presente, permitiendo la aparición de sabanas de zacates y bosques diseminados.

Erosión tipo "lapiaz": anteriormente se indicó que el abanico Río Cañas tiene bloques casi decamétricos con erosión acanalada (Fig. 4), este tipo de erosión se ha observado esporádicamente en otros abanicos, por ejemplo abanico Cacao, abanico Cordoncillo. Las acanaladuras son surcos separados por tabiques, que en algunos casos son agudos, son siempre verticales que marcan el bloque en toda su altura pero no pasan más allá del suelo actual. Por lo general los surcos están pulidos sin irregularidades. Presentan anchos máximos observados de hasta 25 cm y profundidades aproximadas de 16 cm. En la cima de los bloques es posible observar como los efectos de la erosión ha disectado sus crestas (Figs 4F y 4G). Estas acanaladuras se observan también en los bloques más pequeños. Los bloques pueden erosionarse con cortes de casi 90° entre sus caras. Las exfoliaciones son poco comunes pero están presentes. De acuerdo a lo observado, estos surcos no son estrías de erosión glacial, son tan solo meteorización y erosión en rocas que tienen inclusiones microfaneríticas de la roca caja (?).

Aspectos Específicos: Los estudios de campo mostraron una fuente termal sobre el cauce del río Ceibo, la cual es explotada turísticamente, en los alrededores de la quebrada Jakbarari.

Allan (1983), hace un estudio de mineralización de bauxita en los depósitos lateríticos de los abanicos. Indica que el tonelaje de las reservas probables es 590616,18 TM de laterita bauxítica, con leyes promedio de 41,4% de Al_2O_3 y 11,40% de SiO_2 .

GEOLÓGÍA ESTRUCTURAL

El estudio de campo y fotogeológico muestra dos estilos tectónicos con dos sistemas importantes de fallas cuyo origen es diferente.

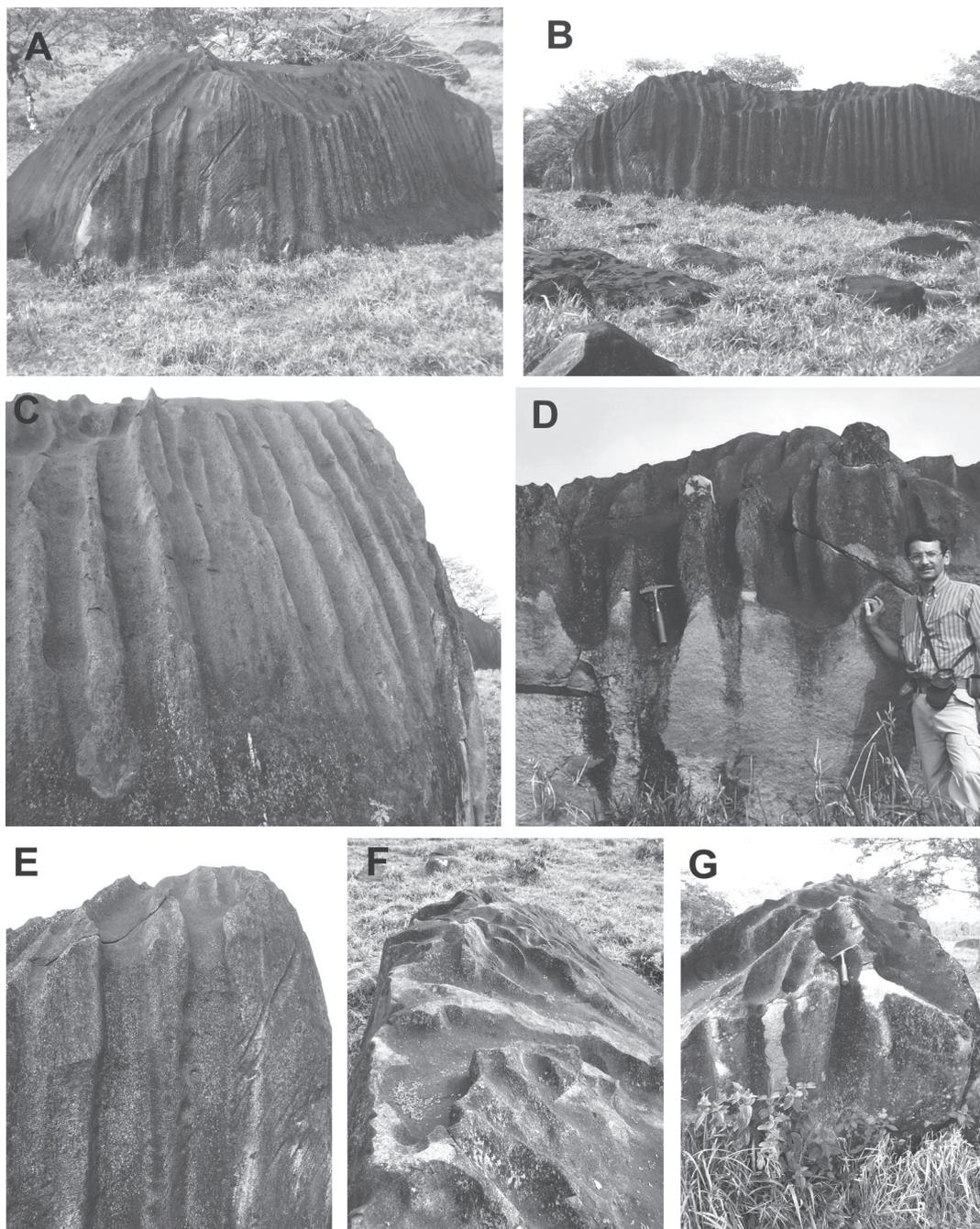


Fig 4: Bloques de monzonitas con erosión vertical tipo “lapiaz”, bloques del abanico Río Cañas. A y B: nótese los bloques decamétricos con la erosión en surcos verticales. C, D y E: detalles de los surcos profundos verticales y tabiques afilados. F y G: detalle de la cima de los bloques, vease como la erosión forma canales irregulares de escurrimiento, los cuales llegan a ser verticales en las paredes de los bloques (por ejemplo, véase C y E).

Fallas

Sistema NW-SE (Volcán): este sistema no aparece cartografiado en los mapas de Dondoli et al. (1968), pero sí una falla localizada mucho más al norte de este sistema y no tiene nombre.

Respecto a la edad del sistema NW-SE (Volcán), no fue datado. En este trabajo, el sistema se bautizó como Volcán e involucra la Falla Volcán y sus alineamientos paralelos. La Falla Volcán, es una fractura cubierta por los abanicos, se reconoce por criterios geomorfológicos: truncamiento del frente de montaña y numerosas facetas triangulares en el frente de montaña (Fig. 3). Esta falla ha levantado el frente de montaña, el cuál está representado en el mapa como "Grupo Granito-Gabro Talamanca y abanicos". Probablemente fue contemporáneo a los primeros estadios de la formación de los abanicos.

Debido al estilo tectónico de la cuenca, la Falla Volcán se infiere inversa. Esta falla es cortada y desplazada en todo su largo por el sistema transcurrente NNE.

Existe un fuerte alineamiento delineado entre los abanicos, el cuál pertenece a este sistema. Este alineamiento, topográficamente representa un leve levantamiento no cubierto en su totalidad por los abanicos Quebrada Palma, Alto Huacas y Cordoncillo hasta el abanico Río Convento (Fig. 3A y 3B). En el cerro Alto Huacal ligeramente al NE del poblado Volcán, el cerro, presenta un escarpe de cara al norte y una pendiente suave dirigida hacia el sur. Dado lo anterior, éste alineamiento se infiere como producto de una falla cubierta por los abanicos, que actualmente no aflora.

Sistema NNE-SSW: Sistema no datado, comprende las fallas: Convento, Altamira, Angel, Cañas, Platanares, Puente y el conjunto Ceibo-Kuiyé. Es un sistema muy bien marcado en la zona.

Sistema transcurrente que ha desplazado el sistema Volcán, estas fallas se cartografiaron y reconocieron en el campo por criterios geomorfológicos, escarpes y numerosas facetas triangulares cartografiadas. Fallas secundarias se asocian

a este sistema con dirección NW-SE y sus alineamientos. El sistema tiene muy buena expresión topográfica.

Respecto a la falla Convento, la fotogeología muestra, que esta fractura, aún se observa en el abanico Río Convento, lo que hace pensar que los colectores actuales, se canalizaron sobre esta zona de debilidad.

Sistema Ceibo-Kuiyé: El conjunto Ceibo-Kuiyé, ya aparece cartografiado en el mapa de DGMP (1982), 1:200 000, pero no tiene nombre.

En este trabajo, el sistema se bautizó como Ceibo-Kuiyé. Es un sistema muy demarcado a lo largo del río Ceibo, y afecta a los intrusivos, los cuales a nivel de afloramiento se muestran fallados. El cerro "Cola de Dragón", ha sido cortado y limitado por este sistema, evidencia de ellos son las facetas triangulares observadas en sus laderas. Actualmente está cubierto por las terrazas aluviales actuales y antiguas del río Ceibo.

Falla Platanares: Las observaciones regionales muestran su continuidad a lo largo del río Platanares. Esta falla, de dirección NW-SE, apenas se esboza en la zona de estudio, pero alcanza su mayor expresión topográfica, en la hoja San Isidro, en donde Alvarado et al., (2009), lo cartografían como un alineamiento. Parece ser una falla regional que ha movido el bloque Cabagra hacia el sur (Fig. 3A y 3B).

Como un rasgo regional cercano a la zona de estudio, se indica que la fila Mosca (hoja Cabagra, 1: 50 000, IGN), aunque no fue estudiada en detalle, las evidencias de campo hacen pensar que probablemente fue levantada por fallamiento y luego durante los eventos cuaternarios, la fila Mosca, fue cubierta por los abanicos aluviales; un rasgo similar al observado en el Alto Huacas. La figura 3, muestra la falla Mosca como un rasgo regional, responsable del alineamiento fuerte y levantamiento de la fila Mosca. Arroyo (2001) cartografió este rasgo como el "alineamiento Cerros Mosca", es una falla inversa (?), neotectónica, de dirección N53°W y una longitud de 20,5 km, representa un escarpe en la falda noreste de los

Cerros Mosca, los cuales tienen una longitud de 4,5 km y una altura de 80 m. Otra falla señalada por Arroyo (2001), es el "alineamiento Río Peje", es una falla inversa (?) de longitud 20 km y rumbo N53°W, sigue el valle de un tributario del río Mosca; esta falla deforma los abanicos.

En la zona de estudio la expresión de estos alineamientos es pobre, las fotos aéreas no los muestran, quizás porque la zona sureste del mapa, se caracteriza por tener la cobertura reciente de los abanicos.

Basculamiento de los abanicos aluviones

Los abanicos aluviales, están basculados hacia el norte, esto se comprueba especialmente cerca de los poblados de Peje, Cañas, Palma. Tal observación comprueba lo indicado por Kesel (1983) y Madrigal (1977), quien señaló que los abanicos están basculados hacia el norte, contrario a su pendiente original de depositación, sugiriendo que algunos de ellos han sido afectados por los levantamientos de la Fila Costeña. Para el área de estudio, los perfiles realizados por Madrigal (1977), señalan un buzamiento aproximado oscilando entre 12° a 16° al norte.

RECOMENDACIONES

El objetivo de este trabajo no era la neotectónica, pero dada la magnitud de los eventos estructurales y localizados en una cuenca activa, dichos estudios se requieren y así continuar el trabajo de Arroyo (2001).

Muy conveniente sería estudiar la sedimentología de los abanicos aluviales o *debris flows*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece tanto a la colega Lola Campos, como al colega Christian Delgado por la ayuda

brindada en el presente trabajo, igualmente a los revisores anónimos del manuscrito. Colaboración al proyecto de investigación 113-A8-020, de la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica.

REFERENCIAS

- ALÁN, A., 1998: Estudio geológico de Fila Blanco y Comunidad Palma, Cantón de Coto Brus, Pacífico Sur, Provincia de Puntarenas.- 113 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Inf. Campaña Geológica].
- ALÁN, M., 1983: Geología y estudio de lateritas en el extremo noroeste del Valle de El General, Costa Rica.- 77 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic.].
- ALVARADO, G., BARQUERO, R., TAYLOR, W., MORA, M., PERALDO G., SALAZAR, G. & AGUILAR, T., 2009: Geología de la Hoja San Isidro, Costa Rica.- Rev. Geol. de Amér. Central, 40:111-122.
- ARIAS, M., 1998: Estudio geológico de Fila Guácimo y alrededores, Coto Brus, Pacífico Sur, Provincia de Puntarenas.- 93 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Inf. Campaña Geológica].
- ARROYO, I., 2001: Sismicidad y neotectónica en la región de influencia del proyecto Boruca: hacia una mejor definición sísmogénica del Sureste de Costa Rica.- 162 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Licenciatura].
- BERRANGÉ, J. & WHITTAKER, J., 1977: Reconnaissance Geology of the Tapantí Quadrangle: Talamanca Cordillera, Costa Rica.- 72 págs. London, Institute of Geological Science.

- CARRILLO, M., 1998: Estudio geológico del Valle de Limoncito y alrededores, Coto Brus, Pacífico Sur de Costa Rica.- 99 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Inf. Campaña Geológica].
- DEBOER, J., DRUMMOND, M., BORDELON, M., DEFANT, M., BELLON, H. & MAURY, R., 1995: Cenozoic magmatic phases of the Costa Rica island arc (Cordillera de Talamanca).- En: MANN, P. (ed.): Geologic and tectonic development of the Caribbean plate boundary in southern Central America.- Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 295: 35-56.
- DIRECCION GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO (DGMP): Mapa geológico de Costa Rica, Escala 1: 200 000.-MIEM, Edición preliminar.
- DÓNDOLI, C., MALAVASSI, E. & DENGÓ G., 1968: Mapa geológico de Costa Rica.- Escala 1: 700 000, preliminar. ICAITI.
- GARITA, E., 1998: Estudio geológico aplicado entre Tabla-Bajo Coto y alrededores, Cantón de Coto Brus, Provincia de Puntarenas, Costa Rica.- 109 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Informe Campaña Geológica].
- MACMILLAN, I., GANS, P. & ALVARADO, G., 2004: Middle Miocene to present plate tectonic history of the southern Central American Volcanic Arc.- Tectonophysics, 392:325-348.
- KESEL, R., 1983: Quaternary history of the Río General Valley, Costa Rica.- National Geographic Society, Research Report: 339-358.
- KUSSMAUL, S., 1987: Petrología de las rocas intrusivas neógenas de Costa Rica.- Rev. Geol. de Amér. Central, 7: 83-111.
- MADRIGAL, R., 1977: Evidencias Geomórficas de Movimientos Tectónicos Recientes en el Valle de El General.- Cienc. Tec., 1(1): 97-108-1977.
- MORA, S., 1979: Proyecto Hidroeléctrico Boruca. Informe de Progreso, No. 5. Vol I: Estudio geológico regional.- 193 págs. San José Costa Rica, Instituto Costarricense de Electricidad.
- LACHNIET, M. & SELTZER, G., 2002: Late Quaternary glaciation of Costa Rica.- GSA Bulletin, 114(5): 547-558.
- RAMOS V., 1998: Estudio geológico integral del Pueblo de Bonanza y alrededores, Cantón Coto Brus, Provincia de Puntarenas, Costa Rica.- 110 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Inf. Campaña Geológica].