



Revista Geológica de América Central

ISSN: 0256-7024

percydenyerchavarria@gmail.com

Universidad de Costa Rica

Costa Rica

Quintanilla, Enrique; Alvarado, Guillermo E.; Marín, Claudia; Durán, Melissa
ESTRATIGRAFÍA DE POZOS COMO UN APORTE AL CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGÍA DEL
CUATERNARIO DEL VALLE DE EL GUARCO (CARTAGO), COSTA RICA

Revista Geológica de América Central, núm. 38, 2008, pp. 53-64

Universidad de Costa Rica

San José, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45437345004>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ESTRATIGRAFÍA DE POZOS COMO UN APORTE AL CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGÍA DEL CUATERNARIO DEL VALLE DE EL GUARCO (CARTAGO), COSTA RICA

Enrique Quintanilla^{1*}, Guillermo E. Alvarado^{1,2}, Claudia Marín¹ & Melissa Durán¹

¹Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica,
Apdo. 214-2050, Costa Rica.

²Área de Amenazas y Auscultación Sísmica y Volcánica (A3SV), Instituto Costarricense de Electricidad, Apdo. 10032-1000, San José, Costa Rica

* Autor para contacto: quikegeo@gmail.com

(Recibido: 03/03/08 ; aceptado: 03/05/08)

Abstract: The Guarco valley is known for being an intermountain depression which has been overfilled by volcanic products (i.e. debris flows, debris avalanches, lava flows) and volcano-sedimentary products (coluvial, fluvial and lake deposits) from Irazú volcano as well as from the adjacent Tertiary sedimentary and volcanic mountain ranges. A lithological correlation was established, based on the interpretation of 85 boreholes (all within depths of 31 to 200 m). This correlation was established for three sectors, one to the west, other to the east and one at the central zone of the city of Cartago. The western sector showed a sedimentary basement of Miocene rocks, overlain by a series of lava flows ~18 m thick. These lavas are overlain by at least 4 different events of alternated lahars and *debris avalanches* with a total thickness of 67 m, separated by lenses of clays, which can be interpreted as paleosols. The top of the epiclastic sequence corresponds to a 6000 years old lacustrine and a *debris avalanche* deposit closing the Holocene. The central sector shows at the basement a series of lava flows 52 m thick, overlaid by 130 m thick laharic deposits. The eastern sector has up to 46 m thick lahar deposits overlain by 75 m of lava flows that are covered by lahars as well. At the top of the sequence, the distal facies of the Reventado *debris avalanche* are found, and they are restricted to the western sector and historic lahars mainly on rivers channels. The stratigraphic correlations show the existence of buried lava flows that are much more extensive than the morphology suggest, as well as the filling-up of the Middle to Upper Pleistocene basin with epiclastic products. Based on the stratigraphy and correlations with paleomastozoological finds, it can be interpreted that the Upper Pleistocene deposits (?) are at a very shallow depth in the southern part of the valley, while to the east, the Holocene deposits are dominant. Also, the stratigraphic profiles confirm the presence of the Aguacaliente Fault System that cuts through El Guarco Valley.

Keywords: Cartago, El Guarco Valley, Quaternary, volcano-stratigraphy, Aguacaliente fault.

Resumen: El valle de El Guarco es una depresión intermontana, colmatada por productos volcánicos (avalanchas y flujos de detritos, coladas de lava) y volcano-sedimentarios (coluvios, depósitos lacustres y fluviales) procedentes del volcán Irazú y de los cerros sedimentarios adyacentes (calizas, lutitas, diques, coladas masivas y andesitas en almorhadillas). Con base en la interpretación de 85 perforaciones (profundidades entre 31 y 200 m), se ha realizado una correlación de litologías en tres sectores principales (occidente, centro y oriente) de la ciudad de Cartago y alrededores. El sector occidental mostró un basamento sedimentario del Mioceno seguido por una serie de coladas de lava de 18 m de espesor. Esta secuencia está sobreycada por al menos 4 eventos, alternando laharés y depósitos avalanchas (espesor total de 67 m), separados por lentes arcillosos, que pueden interpretarse como paleosuelos. Un depósito lacustre - paulstre y un depósito de depbris avalanche de unos 6000 años de antigüedad (Unidad Reventado), coronan la secuencia en el Holoceno. El sector central muestra en su parte basal una serie de coladas de lava (52 m), seguida por depósitos laháricos (130 m de espesor total). El sector oriental se caracteriza igualmente por poseer laharés (46 m de espesor) sobreycidos por 75 m de lava, a su vez cubierta por laharés. Al tope de la secuencia se encuentra la facies distal del depbris avalanche del Reventado restringido al occidente, y laharés históricos mayoritariamente en los cauces. Las correlaciones estratigráficas evidencian la existencia de coladas de lavas sepultadas, más extensas de lo que la morfología sugiere, así como la paulatina colmatación de la cuenca en el Pleistoceno Medio-Superior por productos epoclásticos. Con base en la estratigrafía y correlación con hallazgos paleomastozoológicos, se puede interpretar que los depósitos del Pleistoceno Superior (?) están muy superficiales al sur del valle; mientras que hacia el oriente, predominan los depósitos del Holoceno. Además, los perfiles estratigráficos confirman la presencia del sistema de fallas de Aguacaliente, que cruza el valle de El Guarco.

Palabras clave: Cartago, Valle de El Guarco, Cuaternario, volcano-estratigrafía, falla Aguacaliente.

INTRODUCCIÓN

Cartago, capital de la provincia del mismo nombre, es una de las ciudades más pobladas de Costa Rica, con más de 132 000 personas (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC, ver www.inec.go.cr). Dicha ciudad se sitúa en el valle de El Guarco, (también denominado Valle de Coris y Cartago), una depresión morfológica intermontana colmatada por productos epoclásticos y efusivos. Limita al norte y oeste con el volcán activo Irazú, al oeste con la serranía de la Carpintera y al sur con las estribaciones de la cordillera de Talamanca. El valle ha sido aprovechado desde épocas precolombinas para el asentamiento y la agricultura. Actualmente ahí es donde se ubican importantes zonas industriales, comerciales y proyectos habitacionales. Esta región ha sido sometida a los embates de la naturaleza, particularmente a las crecidas del río Reventado, deslizamientos, terremotos y a la actividad del volcán Irazú.

El presente trabajo tiene como objetivo establecer la estratigrafía del valle de El Guarco con base en descripciones de perforaciones realizadas en esta zona por empresas privadas, para así obtener su disposición espacial y posibles espesores, además de su posible fuente u origen.

Adicionalmente, pretende mostrar una correlación con la estratigrafía propuesta en la literatura existente, así como sus correlaciones temporales basado en hallazgos paleontológicos y en las dataciones con radiocarbono realizadas en trabajos anteriores. Por otro lado, se realiza un aporte al estudio del fallamiento reciente de la zona basado en perfiles realizados.

METODOLOGÍA

Se recopilaron 85 reportes de perforación de pozos, ubicados en los alrededores de la ciudad de Cartago, que fueron aportados por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA). Con base en ellos, se elaboraron modelos en profundidad y correlaciones litológicas con el propósito de establecer la estratigrafía de la zona. En este punto es necesario hacer énfasis en las posibles variables de interpretación de cada uno de los profesionales a cargo de la descripción de cada pozo. Sin embargo, si es posible tomar los rasgos más importantes de cada una y llevar a cabo, de manera fiable, una correlación de este tipo.

El cuadro 1, muestra los códigos de los pozos utilizados para este trabajo y su distribución

espacial se muestra en la figura 1. Para establecer la estratigrafía y la disposición de las unidades de la zona de estudio, se realizaron perfiles geológicos donde la densidad de pozos permitía una correlación adecuada y se dividió en zonas occidental, central y oriental. Algunas giras de reconocimiento fueron efectuadas con el fin de corroborar lo reportado en superficie por la literatura geológica.

CONTEXTO GEOLÓGICO

El volcán Irazú se localiza a 31 km al NE de Cartago, es el más alto del país con una elevación de 3432 m s.n.m. El Irazú es un escudo volcánico complejo, que posee una larga historia de erupciones prehistóricas e históricas. Su más reciente periodo eruptivo fue entre los años 1962-65 (Krushensky,

Cuadro 1

Perforaciones utilizadas en el presente trabajo.

Pozo	Coordenadas		Prof(m)	Pozo	Coordenadas		Prof(m)	Pozo	Coordenadas		Prof(m)
	E	N			E	N			E	N	
IS-289	541,8	204,5	180	IS-43	535,5	205,2	48,77	IS-222	542,2	203,0	87
IS-17	541,5	205,2	49,5	IS-18	577,5	219,2	48,76	IS-224	541,9	203,3	95
IS-11	541,5	209,2	30,5	IS-22	544,5	205,1	42,67	IS-232	540,0	203,0	70
IS-110	546,8	203,2	100	IS-299	543,5	204,7	24	IS-295	542,1	202,7	31
IS-174	544,1	203,7	60	IS-134	543,3	202,9	132	IS-237	537,9	205,1	150
IS-233	539,6	203,0	80	IS-14	543,4	206,3	32	IS-207	540,3	203,0	74
IS-283	538,2	205,5	128	IS-31	541,9	204,9	44,2	IS-217	540,6	209,8	80
IS-109	546,5	205,6	200,1	IS-85	541,8	205,3	31	IS-117	541,5	203,0	80
IS-119	544,2	205,1	42	IS-150	545,5	203,6	150	IS-110	546,3	203,0	90
IS-314	538,0	205,4	150	IS-208	546,7	202,7	74	IS-39	520,5	202,2	30,5
IS-230	542,8	207,3	70	IS-16	580,5	240,2	51	IS-218	542,1	201,8	30,5
IS-294	539,8	204,2	46	IS-251	541,3	204,7	89	IS-298	539,7	202,5	36
IS-257	542,0	203,3	43	IS-255	541,7	204,1	85,87	IS-176	542,8	204,5	56
IS-12	542,5	209,2	61	IS-256	542,3	203,2	34	IS-87	543,5	202,9	50
IS-252	541,3	204,8	86	IS-266	540,0	203,4	80	IS-44	535,5	227,5	48
IS-26	544,7	205,8	49	IS-272	539,4	203,4	75	IS-189	540,1	203,7	82
IS-115	542,6	209,8	58	IS-290	541,0	204,5	90	IS-188	540,8	204,9	35
IS-168	545,6	203,5	90	IS-20	545,6	202,2	48,77	IS-167	539,0	202,6	90
IS-19	526,5	217,2	54	IS-223	542,2	203,3	82	IS-136	542,0	207,1	90
IS-304	548,2	206,6	34	IS-235	547,1	205,0	46	IS-317	549,7	208,3	100
IS-297	548,5	202,6	136	IS-234	539,3	203,2	84	IS-308	548,1	206,9	60
IS-205	544,0	203,2	59	IS-105	545,2	203,2	131,8	IS-61	548,8	203,2	60,9
IS-165	549,7	203,2	162	IS-69	548,5	203,5	127,2	IS-48	224,2	570,5	37,2
IS-164	549,7	203,4	177	IS-67	548,9	203,3	90	IS-47	560,5	255,2	53
IS-162	549,5	202,9	90	IS-66	547,1	201,9	18,9	IS-45	530,5	285,2	48,8
IS-122	545,3	202,2	34	IS-445	205,2	545,7	74	IS-495	204,7	543,8	30
IS-513	204,9	545,3	80	IS-292	204,7	543,3	136,5	IS-27	205,2	545,0	30,5
IS-324	204,8	539,9	152	IS-343	204,8	541,2	184	IS-545	204,6	541,2	22,5

Mapa de ubicación y geológico del valle del Guarco, Cartago

Parte de la hoja Istarú

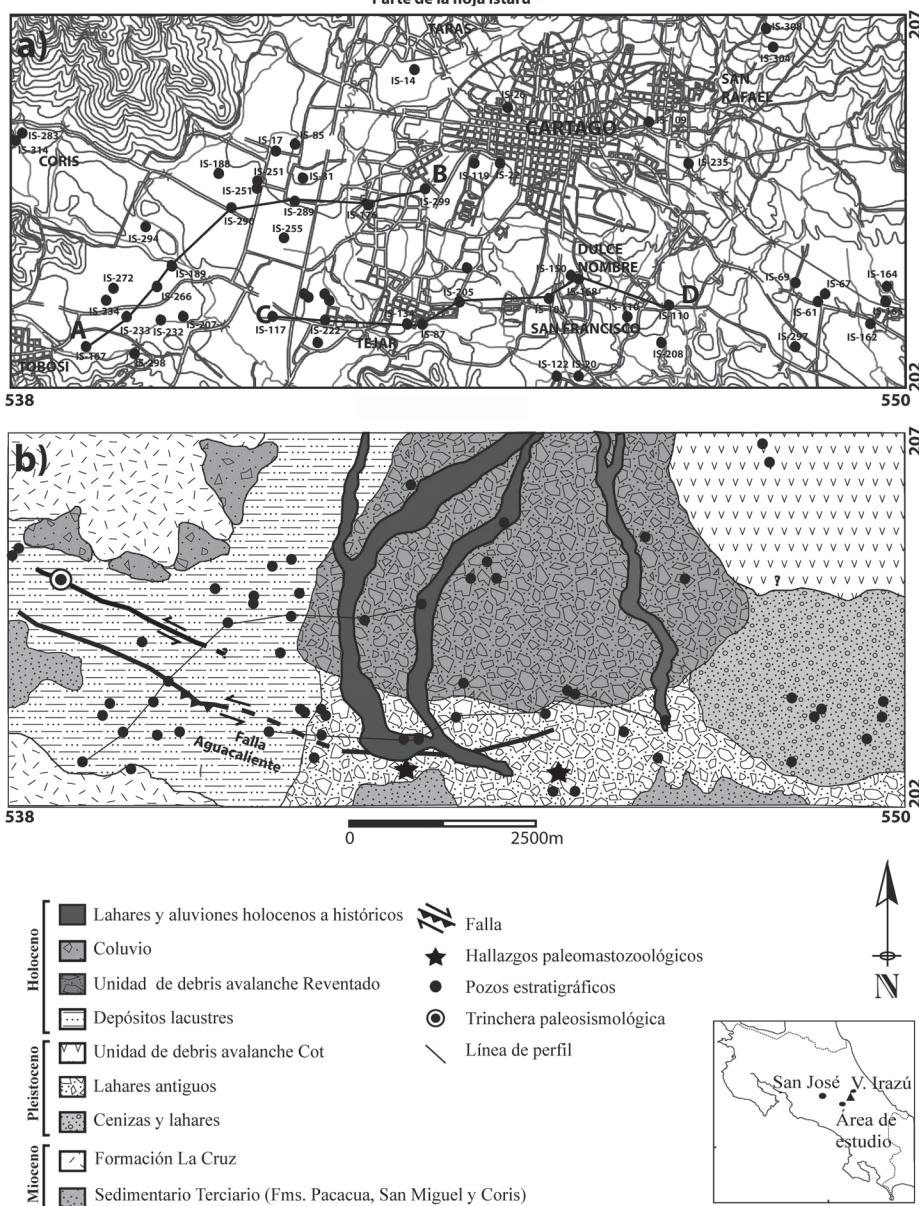


Fig. 1: A) Ubicación de pozos utilizados y orientación de perfiles. B) Mapa geológico del valle de El Guarco, Cartago. Las curvas topográficas provienen de parte de la hoja Istarú 1:50 000, IGN. Modificado de Krushensky (1972), Alvarado et al. (2006), Pavanello et al. (2004). El trazado de la falla Aguacaliente se modificó con base en Montero & Kruse (2006).

1972). Quizá uno de los primeros trabajos geológicos de la zona fue de Segura & León (1941), quienes hacen referencia a rasgos geomorfológicos y a las lagunas remanentes. Los depósitos laháricos y

lacustres de Cartago y alrededores fueron estudiados por Dondoli & Torres (1954), quienes lo denominaron *lavina*. Algunos depósitos inconsolidados que se extienden hacia la propia ciudad de Cartago,

han sido interpretados y descritos como producto de un *debris avalanche* datados con radiocarbono en $\sim 5930 \pm 100$ años (Pavanelli et al., 2004), cuya edad calibrada (Reimer et al., 2004) sería de 6493-7005 años a.P., así como lahares recientes hasta históricos (Alvarado & Schmincke, 1994). Ignimbritas, lavas y epiclastos del Pleistoceno han sido descritos por Krushensky (1972), Alvarado (1986, 1994), y Alvarado et al. (2006). Dondoli & Torres (1954) y Krushensky (1972) describen una llanura fluviacustrina al oeste del río Reventado y al sur de los cerros de la Carpintera, que consisten en arenas cuarzosas, limos y arcillas finamente estratificadas, producto de la erosión de los cerros sedimentarios terciarios. Segura & León (1941) afirman que uno de los últimos vestigios de dicho lago son las lagunas pantanosas de Coris y el Cortijo.

Badilla et al. (1999) describen coluvios en las márgenes de los ríos Navarro y Aguacaliente, en referencia a un depósito de clastos angulares a subangulares, polilitológico, mal seleccionado, en una matriz aren-arcillosa anaranjada, café y rojiza, con restos de materia orgánica. Los lahares que se distribuyen en los alrededores de El Tejar y San Francisco, presentan bloques métricos de lavas provenientes del Irazú. Los aluviones están constituidos por bloques de areniscas cuarzosas, volcarenitas, lavas e intrusivos provenientes de los cerros adyacentes.

Al sur del valle de El Guarco, muy cerca del límite del área de estudio, en los alrededores de Aguacaliente de Cartago, se hallaron restos de megafauna pleistocena extinta. El primer hallazgo se reportó en 1921 durante la construcción de un acueducto para la planta eléctrica de Cartago, paralelo al río Aguacaliente, en donde se encontraron restos óseos, algunos de ellos correspondieron con un mastodonte (Tristán, 1920). En 1960 se encontraron a unos 65 m al este del puente de Aguacaliente, otros restos de mastodonte (Echeverría, 1960). Laurito (1988) analizó un fragmento del ramo mandibular derecho del mastodonte reportado por Tristán y correspondió a un *Cuvierinus hyodon*, macho y adulto. Los restos del mastodonte reportado en 1921 se encontraron a 1,5 m de profundidad, en un suelo aluvial (Tristán, 1920). Alvarado (1986) describe el depósito en dicha localidad como un lahar del Cuaternario Superior. Más recientemente, en 1999, fueron hallados los restos de un caballo

fósil, clasificado por Valerio & Laurito (2004) como un *Equus cf. E. conversidens*. Dichos autores lo asocian por correlación paleontológica con otros lugares de Norteamérica como del Pleistoceno Superior Tardío. Sin embargo, Kurtén & Anderson (1980) extienden el rango temporal de esta especie desde el Irvingtoniano al Rancholabreano; es decir abarca todo el Pleistoceno. En la descripción elaborada por Valerio & Laurito (2004) desgraciadamente no se incluye el tipo de sedimentos o suelo en que fueron encontrados.

En tiempos históricos recientes, el valle de El Guarco además de haber sido afectado por las avenidas laháricas del volcán Irazú, también ha sido afectado por fuertes terremotos que han destruido en repetidas ocasiones la ciudad de Cartago. Muchos de estos eventos sísmicos han sido generados por la falla activa de Aguacaliente-Orosi, como es el ejemplo del terremoto de 1910 (Montero & Miyamura, 1981; Montero et al., 2005).

DESCRIPCIONES VOLCANO-ESTRATIGRÁFICAS

La secuencia estratigráfica presente en el valle del Guarco y descrita en este trabajo fue establecida mayoritariamente con base en las descripciones de las litologías encontradas en pozos y en algunas observaciones de campo. Con base en las unidades estratigráficas presentes, la cuenca fue dividida en tres zonas: occidental, central y oriental.

Zona Occidental

La base de la secuencia al sur consiste en rocas sedimentarias que se encuentran a una profundidad de 66 m, con un espesor mínimo de 7 m (pozo IS-167). Hacia el norte las rocas más basales encontradas son lavas, con un espesor mínimo de 18 m (pozo IS-289) y que se encuentran en las perforaciones a partir de los 60 m b.n.s. (Fig. 2). Ambas litologías se encuentran sobrejacidas en la zona central por depósitos laháricos antiguos que presentan mayores espesores hacia el NE (67 m, pozo IS-290), y son separados por horizontes arcillosos relativamente continuos.

La parte alta de la secuencia fue interpretada con base en la geología de superficie y de pozos, como constituida por depósitos de *debris avalanche* de menos de 24 m de espesor (IS-299) hacia el norte, y depósitos lacustres hacia el sur con un espesor máximo de 68 m (IS-233).

El presente trabajo fue enfocado a los depósitos cuaternarios, por lo que las formaciones rocosas cercanas no fueron estudiadas en detalle. Sin embargo, se realizó un reconocimiento de campo para verificar aspectos morfológicos y las formaciones superficiales. Se identificó la existencia de lavas en almohadillas, en las cercanías del valle de Coris (539412E/205116N), correlacionables con la Formación La Cruz de Denyer & Arias (1991). Se presentan como cuerpos decimétricos de andesitas, con forma ovoide irregular, fuertemente meteorizadas y tectonizadas, con contactos relativamente nítidos, separados por un material silíceo y óxidos de hierro de aspecto vidrioso (brillo graso o jaspe-roide), que podría corresponder con hialoclastita. Algunas de las almohadillas presentan morfologías similares a pedúnculos en un extremo y una forma cóncava hacia arriba hacia el otro extremo (Fig. 4A y 4B). Su presencia es novedosa, aunque no sorprendente, puesto que: a) la Fm. La Cruz es concordante con las rocas sedimentarias miocenas infrayacentes (ver Denyer & Arias, 1991), b) las rocas volcánicas de Talamanca son en su mayoría coetáneas con las rocas sedimentarias mioceñas (McMillan et al., 2004), y c) se encontraron rocas sedimentarias miocenas intercaladas en la secuencia volcánica del Cerro de la Muerte (Ian McMillan, com. escrita, 2003), así como peperitas (halladas por G.E. Alvarado), respectivamente.

Correlación propuesta

Los pozos IS-167 y IS-298, al NE de la localidad de Tobosi (Fig. 1a) reportaron la presencia de rocas estratificadas a una profundidad de 66 y 36 m b.n.s., respectivamente. Las características físicas de la roca y su disposición espacial, sugieren que estos depósitos sedimentarios corresponden con la Formación Coris que aflora al sur del valle del Guarco.

Las lavas en el NE del perfil, podrían asociarse con el volcán Irazú, debido a su cercanía, posición cronoestratigráfica y litología. Además pueden asociarse con la Unidad Reventado, definida por Alvarado et al. (2006), reportada con una edad de 136 ± 5 ka basada en dataciones con $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$.

Los depósitos laháricos que sobreyacen las lavas pueden asociarse con varios eventos antiguos separados entre sí por lentes arcillosos correspondientes con paleosuelos, que conforman el abanico de Cartago. El depósito superior ubicado al norte, puede asociarse por su morfología con los depósitos distales del *debris avalanche* de la Unidad Reventado, de edad Holocena, descrito, mapeado y datado en su parte media por Pavanelli et al. (2004).

Los depósitos arcillosos podrían corresponder con paleosuelos de depósitos lacustres que, según Dondoli & Torres (1954), se formaron debido al represamiento del río Reventado. Justamente en dichos suelos, datados en 3665 ± 145 años a.P. (Montero, 1991; Woodward & Clyde, 1993), se ha encontrado cerámica precolombina del período Pavas (300 a.C.-300 d.C.), cuya edad calibrada (Reimer et al., 2004) sería de 3640-4415 años a.P. Los perfiles realizados para este artículo, sugieren

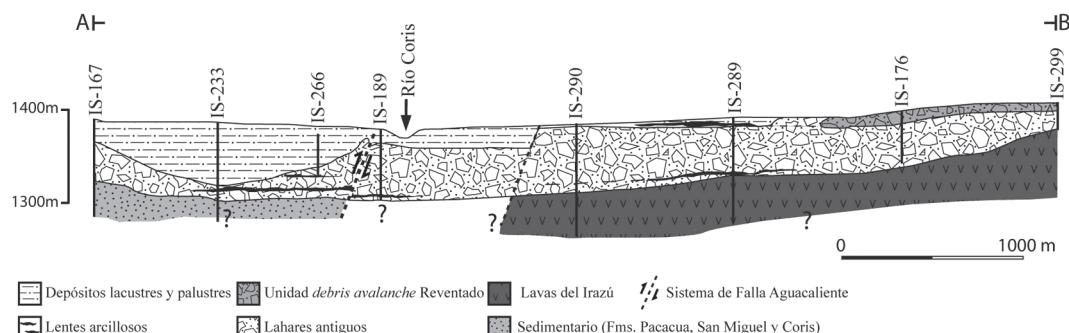


Fig. 2: Perfil estratigráfico idealizado del sector occidental. La línea punteada muestra la posible disposición de la traza de falla Aguacaliente en este sector.

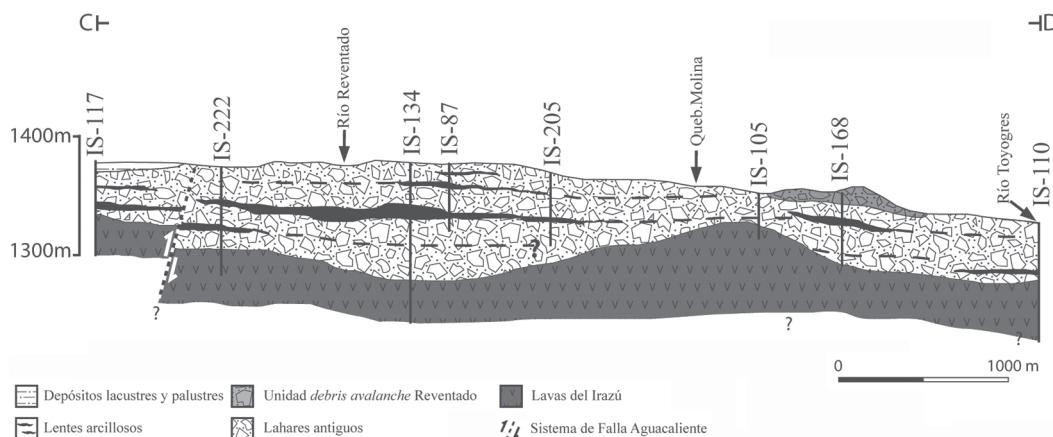


Fig. 3: Perfil estratigráfico idealizado del sector central. El perfil muestra la traza de la falla Aguacaliente, y su desplazamiento se ve reflejado en la colada de lava basal y al menos en dos paleosuelos.

que la datación del depósito lacustre corresponde con la parte más superficial de dicho depósito, pues por el espesor que alcanzan, es de esperar que se hayan depositado desde el Pleistoceno Superior? y hasta el Holoceno.

Zona Central

Este sector se encuentra representado en la base por unas secuencia lávica de un espesor mínimo de 52 m (IS-110), sobreycida por depósitos laháricos de hasta 130 m de espesor (IS-134) con intercalaciones de horizontes arcillosos. La parte superior consiste en depósitos de *debris avalanche*, se encuentran en la parte superior de la secuencia, además de una delgada capa de no más de 10 m de depósitos lacustres, restringidos a la parte oriental del sector central.

Correlación propuesta

La estratigrafía y disposición de las lavas sugieren que estas provienen del volcán Irazú. Las secuencias laháricas, corresponden con depósitos antiguos que, al igual que en el sector occidental, se encuentran intercalados con horizontes arcillosos asociados a paleosuelos, definiendo al menos 4 eventos diferentes (ver Fig. 4c). El depósito de *debris avalanche* se interpreta como el depósito distal de la unidad Reventado.

Estas correlaciones concuerdan con la paleotopografía (Fig 3), ya que se puede observar que las depresiones que se formaron entre los eventos lávicos del volcán Irazú (Pleistoceno Medio- Superior?), fueron rellenadas por depósitos laháricos, dejando una topografía más plana. Además, los depósitos distales del *debris* del Reventado muestran una estructura de *hummocky* con colinas de al menos 10 m de alto, típicas de estos depósitos.

Zona Oriental

La densidad de pozos disponibles en esta zona no es la mejor, sin embargo, se logró establecer una estratigrafía simplificada, pero no así perfiles geológicos confiables como en las otras zonas.

La base de esta zona consiste en una secuencia de laharas e intercalaciones de capas arcillosas, de espesor mínimo de 46 m (pozo IS-165) y que aparece a partir de los 116 m b.n.s. La secuencia está sobreycida por una lava, con un espesor máximo de 75 m, que puede encontrarse a 15 m de profundidad en el pozo IS-162. Sobre la secuencia de lavas se encuentran una serie de depósitos laháricos antiguos (con espesores máximos de 64 m en el pozo IS-109), muestran variaciones laterales de espesor en toda la zona, y aparecen a partir de 1 m de profundidad en la mayoría de los pozos.

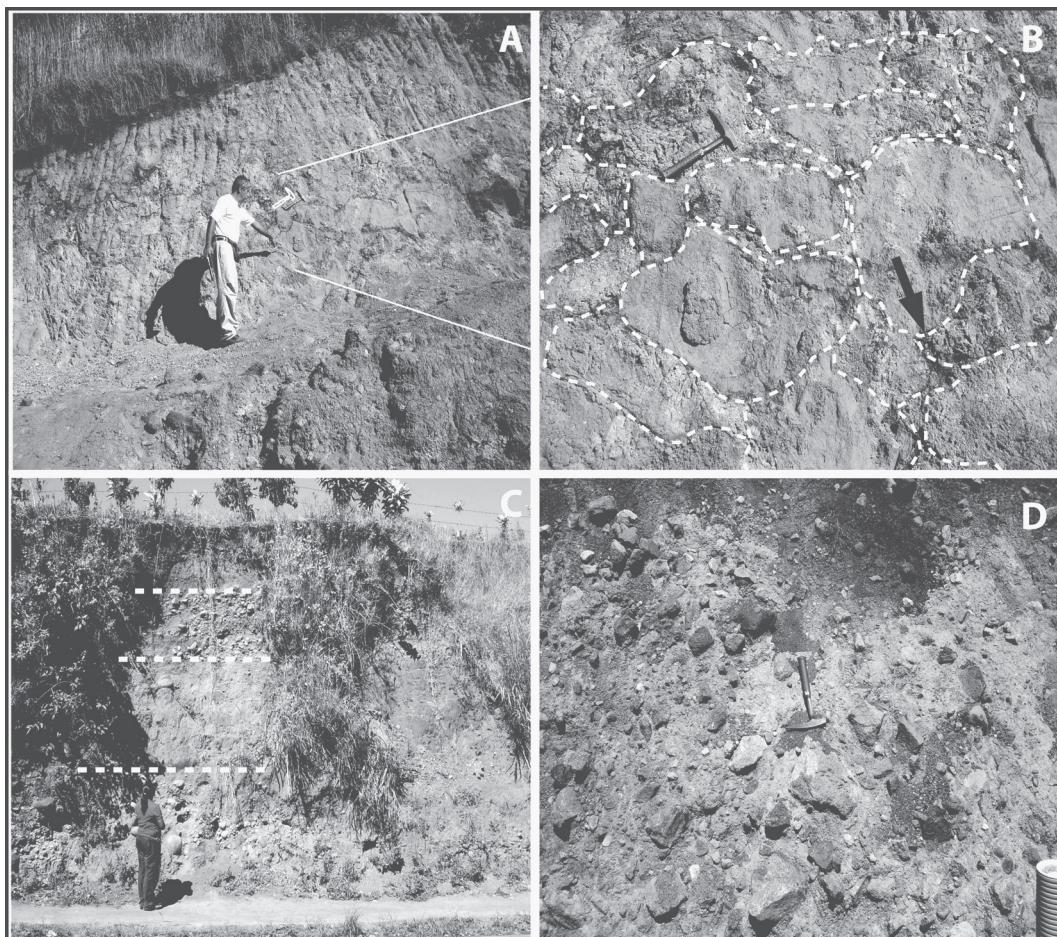


Fig. 4: A. Afloramiento de las posibles lavas almohadilladas en el valle de Coris (539412E/205116N). B. Detalle de las almohadillas. La línea punteada blanca muestra su disposición, la flecha muestra uno de los pedúnculos más claros. C. Depósitos epiclásticos holocenos aflorando en las cercanías de Dulce Nombre en la margen derecha del río Toyogres. Se distinguen al menos cuatro niveles de lahares. D. Depósito de bloques decimétricos a métricos, angulosos, tanto frescos como hidrotermalizados correspondientes a la Unidad *Debris Avalanche Reventado*.

En el campo, estas litologías presentan morfologías relativamente planas, con el desarrollo de un suelo amarillo. En algunos afloramientos, se puede observar en suelos mediana a profundamente desarrollados la presencia de estructuras remanentes de lapilli acrecional.

Correlación propuesta

Las lavas pueden estar asociadas a la actividad del volcán Irazú debido a su conexión morfológica con un frente de lava observable al NE de

Cartago (Fig 1), específicamente con la Unidad Paraíso o con la Unidad Reventado-Sapper, descritas por Alvarado et al. (2006).

Los lahares superiores podrían tener como origen la actividad más reciente del volcán Irazú y se pueden correlacionar con los lahares de la Unidad Cot descritas por Pavanelli et al. (2004). Estos lahares son previos a la colada de Cervantes, lo que los ubicaría en el Pleistoceno Superior (ver Alvarado et al., 2006). Varios niveles de deposición están separados por lentes arcillosos. En algunas zonas, especialmente hacia el oeste de este sector (pozos IS-109 y IS-235), los lahares

podrían ser equivalentes a los depósitos distales del *debris* del Reventado, tal y como lo sugiere la morfología y en correspondencia con lo mapeado por Pavanelli et al. (2004).

Al límite sur del área de estudio, se hallaron restos fósiles de mastodontes y de caballos (Tristán, 1920; Alvarado, 1986, 1994; Valerio & Laurito, 2004), a menos de 2 m de profundidad. Esto sugiere que el Pleistoceno Superior está muy superficial en dicho sector y el Holoceno está restringido al suelo reciente. La ubicación de los hallazgos paleontológicos se muestra en la Fig. 1b.

CONSIDERACIONES NEOTECTÓNICAS

Desde hace varias décadas diversos autores han propuesto la existencia de un sistema de fallas que cortan el Valle del Guarco, que tiene como estructura principal el sistema de fallas de Aguacaliente (también llamadas de Coris y Guarco). Este sistema de fallas se considera sísmicamente activo y fue el responsable de la destrucción de Cartago en 1910 (Montero & Miyamura, 1981), entre otros. En 1991 se realizó una trinchera de 112 m de longitud en el Valle de Coris (Fig. 1b) con el fin de estudiar la falla Aguacaliente. En ella se observaron una serie de fallas normales e inversas de alto ángulo, que fueron interpretadas como fallas asociadas con la estructura principal de desplazamiento sinestral. Este movimiento afecta varios niveles lacustres y de suelos, uno de ellos datado en 3665 ± 145 años (Montero, 1991; Woodward & Clyde, 1993). Estudios geomorfológicos y geofísicos recientes, consideran que el movimiento es predominantemente sinestral con componente normal (Montero & Kruse, 2006).

Los niveles estratigráficos de las perforaciones estudiadas, son muy recientes (Pleistoceno Medio?, mínimo Pleistoceno Superior a Holoceno) y, por ello, el neotectonismo no es tan evidente puesto que no ha desplazado mucho las capas, más aún si las fallas tienen una componente predominante de desplazamiento de rumbo.

Pese a que la densidad de perforaciones no es la deseada, las mismas permiten dilucidar varios aspectos importantes. Por ejemplo, el perfil de la zona occidental mostró una estructura de grada en

los niveles arcillosos que puede ser interpretada como una falla con un movimiento secundario aparente inverso en la zona en la que la traza de la falla Aguacaliente (Figs. 1 y 2). Además, corresponde con el límite oriente de la cuenca lacustrina. Esto refuerza la propuesta de Fernández & Montero (2002), quienes sugieren que dicha falla tiene componentes inversos en ciertos sectores especialmente hacia al sur de la ciudad de Cartago, aspecto que fue también verificado en la trinchera realizada en 1991. Tampoco contradice la propuesta de Montero & Kruse (2006), ya que los autores también señalan la presencia de sectores de transpresión local asociados a un posible sistema “pull-apart” en los valles de Coris y El Guarco. Taylor (1994) señala la existencia también de sistemas de fallas de rumbos sinuosos al norte del valle de Coris, que podrían estar asociados al sistema Aguacaliente, y presentan estructuras de sillas de fallas, espolones truncados y fuentes termales alineadas.

El perfil realizado para la zona central del área de estudio, el cual corta transversalmente el abanico aluvial de Cartago (Fig. 1a), mostró la presencia de niveles de lavas y paleosuelos desplazados en correspondencia con la traza de la falla Aguacaliente. En ambos casos el movimiento es aparentemente inverso con un desplazamiento de al menos 20 m, dependiendo de la inclinación real de la falla en profundidad.

CONCLUSIONES

Tres sectores con estratigrafías similares y diferencias menores fueron definidos en El valle del Guarco. La zona occidental tiene un basamento de rocas sedimentarias (Fig. 5) correlacionadas con las formaciones Pacacua, San Miguel y Coris del Mioceno y rocas volcánicas extrusivas correlacionadas con la Formación La Cruz. Estas rocas volcánicas incluyen posibles lavas en almohadilla que sugieren la existencia de un vulcanismo submarino coetáneo con las rocas sedimentarias Miocenas, muchas de ellas enriquecidas en componente volcánico. Esto confirmaría la cercanía de focos eruptivos activos con la cuenca sedimentaria, lo cual había sido postulado por varios autores desde hace varias décadas.

Estos eventos miocénicos, fueron seguidos por coladas de lava del Pleistoceno Medio pero particularmente del Pleistoceno Tardío. Depósitos lacustres especialmente al occidente de la depresión, en las cercanías del valle de Coris, se depositaron a partir del posible represamiento del río Reventado. La parte superior de la secuencia la conforman depósitos holocénicos de *debris avalanche* correspondientes con la Unidad Reventado y por coluvios locales.

El sector central muestra una estratigrafía similar, donde la base de la secuencia se encuentra representada por flujos de lava de al menos 52 m de espesor, sobreycidos por al menos 4 depósitos laháricos de 130 m de espesor, separados por paleosuelos. La parte superior mostró estructuras de *hummocky* las cuales son indicadores geomorfológicos de depósitos de *debris avalanche* de Reventado.

El sector oriental está compuesto por depósitos epiclásticos en la base, con espesores importantes

de hasta 46 m asociados a la actividad Pleistocena Media (?) del volcán Irazú, seguida por lavas de al menos 75 m de espesor. En el tope de la secuencia se encuentran espesores (usualmente 30-46 m de espesor) de laharés que aparecen a pocos m de profundidad. Depósitos distales del *debris avalanche* de Reventado se restringen hacia el occidente.

De las perforaciones se desprende que los depósitos más jóvenes (Holocenos) están en el sector norteño, occidental y central del Valle del Guarco, mientras que al oriente y al sur, la edad de los sedimentos incrementa, hasta probablemente el Pleistoceno Superior. En estos últimos se encontraron fósiles de mastodontes y caballos extintos a menos de 2 m de profundidad.

La interpretación geológica de los pozos y la correlación mediante perfiles en la zona occidental y central, sugieren un posible desplazamiento de la falla Aguacaliente.

Columna estratigráfica compuesta para el valle de El Guarco

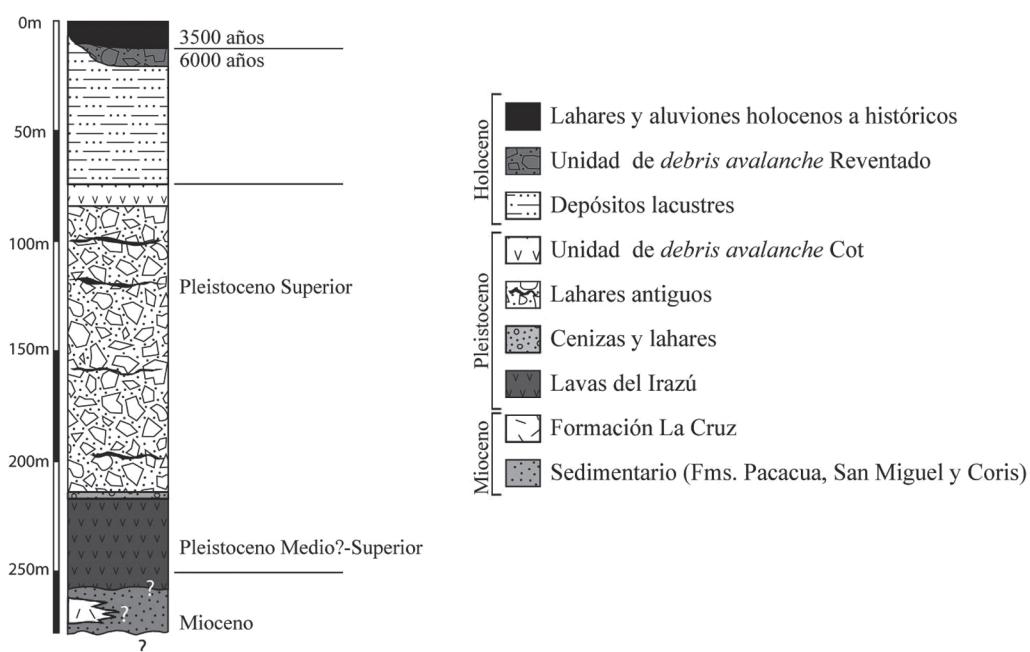


Fig. 5: Columna estratigráfica compuesta para el valle del Guarco. Muestra la disposición cronoestratigráfica de las litologías identificadas en los pozos analizados.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue posible gracias a la colaboración ofrecida por SENARA. Se agradece la ayuda brindada para la elaboración de los modelos en profundidad a Carlos Ramírez. Los sismólogos Walter Montero y Waldo Taylor aportaron información valiosa. El colega Oscar Lücke amablemente colaboró con la traducción del resumen y Gerardo Soto aportó valiosas sugerencias al primer borrador. Los revisores Sigfried Kussmaul y Paulo Hidalgo, así como un revisor anónimo, mejoraron sustancialmente el presente trabajo. Este trabajo se inició como una investigación del curso de Vulcanología (G-5120) en el primer semestre de 2006.

REFERENCIAS

- ALVARADO, G.E., 1986: Hallazgos de megamamíferos fósiles en Costa Rica.- Rev. Geol. Amér. Central, 4: 1-46.
- ALVARADO, G.E., 1993: Volcanology and petrology of Irazú Volcano, Costa Rica. 261 págs. Univ. Kiel [Tesis de Doctorado].
- ALVARADO, G.E., 2000: Los volcanes de Costa Rica: Geología, historia y riqueza natural. 284 págs, EUNED (2 edición). San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E. & SCHMINCKE, H., 1994: Stratigraphy and sedimentology of the rain-triggered lahars from the 1963-1965 Irazú Eruption, Costa Rica. -Zbl. Geol. Paläont. Teil 1 (H.1/2): 513-539
- ALVARADO, G.E., CARR, M. J., TURRIN, B., SWISHER, C., SCHMINCKE, H. & HUDNUT, K., 2006: Recent volcanic history of Irazú volcano, Costa Rica: Alternation and mixing of two magma batches, and pervasive mixing. Geological Society of America: 262-263.
- BADILLA, E., LINKIMER, L., ZUÑIGA, H., 1999: Geología de Navarro y alrededores, Provincia de Cartago, Costa Rica. 100 págs., Escuela de Geología, Univ. Costa Rica [Tesis de Bachillerato].
- DENYER, P. & ARIAS, O., 1991. Estratigrafía de la región central de Costa Rica. Rev. Geol. América Central, 12:1-59
- DÓNDOLI, C. & TORRES, A. 1954: Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central. -180 págs, Ministerio de agricultura e Industria, San José.
- ECHEVERRÍA, J., 1960: Aguacaliente cementerio de mastodontes. La Nación, 18-IX-1960, p. 12; San José Costa Rica.
- FERNÁNDEZ, M. & MONTERO, W., 2002: Fallamiento y sismicidad del área entre Cartago y San José, Valle Central de Costa Rica. - Rev. Geol. Amér. Central, 26:25-37.
- HIDALGO, P., ALVARADO, G.E. & LINKIMER, L., 2004: La Lavina del Valle Central (Costa Rica): ¿lahar o debris avalanche?. -Rev. Geol. Amér. Central, 30: 101-109.
- KURTÉN, B. & ANDERSON, E., 1981: Pleistocene mammals of North America. - xvii + 443 págs., Columbia Univ. Press, New York.
- KRUSHENSKY, R., 1972: Geology of the Istarú Quadrangle, Costa Rica. -U.S. Geol. Survey, Bull. 1358: iv + 46 págs., Washington, DC.
- LAURITO, C., 1988: Los proboscídeos fósiles de Costa Rica y su contexto en la América Central. -Vínculos, 14 (1-2): 29-58.
- McMILLAN, I.; GANS, P. & ALVARADO, G., 2004: Middle Miocene to present plate tectonic history of the southern Central American Volcanic Arc. -Tectonophysics, 392: 325-348.

- MONTERO, W., 1991: Informe del componente fallas activas, Proyecto de Mitigación de riesgos sísmicos y volcánicos (MIRVYS). - vii + 39 págs, apéndices y mapas. Informe final. Informe interno.
- MONTERO, W., BARAHONA, M., ROJAS, W. & TAYLOR, M., 2005: Los sistemas de falla Agua Caliente y Río Azul y relevos compresivos asociados, Valle Central de Costa Rica. - Rev. Geol. Amér. Central, 33: 7-27.
- MONTERO, W. & MIYAMURA, S., 1981: Distribución de intensidades y estimación de los parámetros focales de los terremotos de Cartago de 1910, Costa Rica, América Central.- Informe Semestral, Inst. Geogr.. Nac., 2: 9-34.
- MONTERO, W & KRUSE, S., 2006: Estudio geotectónico y geofísico de la falla Aguacaliente en los valles de Coris y el Guarco. -Rev. Geol. Amér. Central, 34-35: 43-58.
- PAVANELLI, N., CAPACCIONI, B., SAROCCHI, D., CALDERONI, G., VASELLI, O., TASSI, F., DUARTE, E., 2004: Geology and stability of the southern flenk of Irazú volcano, Costa Rica. -Acta Vulcanológica, sección especial, 16(1): 2004.
- REIMER, P.J., HUGHEN, K.A., GUILDERSON, T.P., MCCORMAC, F.G., BAILLIE, M.G.L., BARD, E., BARRATT, P., BECK, J.W., BROWN, D.M., BUCK, C.E., DAMON, P.E., RIEDRICH, M., KROMER, B., RAMSEY, C.B., REIMER, R.W., REMMELE, S., SOUTHON, J.R., STUIVER, M., VAN DER PLICHT, J., 2002: Preliminary Report of the first workshop of the IntCal04 Radiocarbon Calibration/Comparison Working Group. Radiocarbon 44, 653-61.
- SEGURA, A. & LEÓN, A., 1941. El Valle de Cartago y Coris. -Departamento Nacinal de Agricultura (DNA), 438-449.
- TAYLOR, W., 1994: Características sismo-dinámicas del suelo blando en la región central de la ciudad de Cartago, Costa Rica. - 69 págs., Univ. Costa Rica [Tesis de Licenciatura].
- TRISTÁN, J., 1920: Notas sobre los restos de un vertebrado fósil en Aguacaliente de Cartago. -Rev. Costa Rica, 2:337-340.
- VALERIO A. & LAURITO, C., 2004: Paleofauna de Aguacaliente de Cartago, Costa Rica. Parte I: *Equus cf. E. conversidens* Owen, 1869. -Rev. Geol. Amér. Central, 31: 87-92.
- WOODWARD-CLYDE, 1993. A preliminary evaluation of earthquake and volcanic hazard significant to the major population centres of the Valley Central, Costa Rica. - 71 págs. + apéndices +mapas, Informe interno.