

Extensión glaciár y nival durante el RISS/Illinoiense y el Wurm/Wisconsiniano en las altas cumbres de Talamanca en el sector fronterizo Costa Rica-Panamá

Jean Pierre Bergoeing*
Luis Guillermo Artavia R.**

Abstract

This is a first analysis and description of the last two glaciations happened in the area of the Fabrega (Panama) and Pittier (Costa Rica) heights, in association with vegetation altitude changes. Also is done an analysis of the Pliocene volcanism of the sector and the morphology drawn by the glaciations.

Keywords: *Orogenesis, RISS, Wurm, Moraines, Calderas, Batholiths, Granodiorite, Vegetation levels, Moor.*

Resumen

Este es el primer análisis y descripción de las dos últimas glaciaciones acaecidas en el sector de las cumbres del Fabrega (Panamá) y Pittier (Costa Rica) y su asociación con los cambios altitudinales de vegetación. Igualmente se hace un análisis del vulcanismo Plioceno del sector y su morfología afectada por las glaciaciones.

Palabras clave: *Orogénesis, RISS, Wurm, morrenas, calderas, batolito, granodiorita, pisos altitudinales, páramo.*

Résumé

C'est la première analyse et description réalisée des deux dernières glaciations qui se sont produites dans les sommets du Fabrega (Panamá) et Pittier (Costa Rica) en association avec les changements d'étagement de végétation. Aussi, une étude du volcanisme Pliocène est introduite ainsi que leur morphologie résultat des glaciations.

* Doctor en Geografía, Profesor de la Universidad de Costa Rica.

** Master Scientia y Doctorante. Profesor Universidad de Costa Rica.

Mots clés: *Orogénèse, RISS, Würm, Moraines, caldeiras, batholite, granodiorite, étages de végétation, landes d'altitude.*

Introducción

Teorías sobre las glaciaciones cuaternarias

La teoría glaciaria data de comienzos del siglo XIX y en 1839 se sospecha que las manchas solares son culpables de ello. El matemático Jean Adhémar (1797-1852) se convence que las glaciaciones son periódicas. En 1844 Félix de Boucherpon invoca como causa de las glaciaciones los desplazamientos del eje terrestre y en 1863 William Hopkins lo atribuye a las desviaciones del Gulf Stream. Ya en 1896 el premio Nobel de química Svante A. Arrhenius condiciona las tasas de CO² a los cambios de temperatura basado a su vez en los cambios globales de las temperaturas del globo terrestre ya intuido por Joseph Fourier en 1824. Finalmente el serbio Milutin Milankovic (1879-1958) asocia los parámetros orbitales de la Tierra a las glaciaciones. Según Milankovic tres variables entran en juego:

- 1) La excentricidad de la órbita terrestre alrededor del sol con variaciones de dos ciclos de 400,000 y 100,000 años.
- 2) La inclinación del eje terrestre que evoluciona en ciclos de 40,000 años
- 3) Por último la precesión de los equinoccios en periodos de 19,000 y 23,000 años.

La teoría de Milankovic fue demostrada 25 años después en el fondo de los océanos, y en los polos. En el siglo XX la actividad solar es considerada como la causa principal que explicarían las glaciaciones. La disminución de las manchas solares corresponde a periodos fríos y explicarían el mínimo de Maunder entre 1645 y 1715 y el mínimo de Dalton acaecido entre 1790 y 1820 que coincide con los máximos de la pequeña Edad del Hielo. Gerard Bond (1940-2005) estudió los sedimentos marinos en el Atlántico del Norte, descubriendo que los icebergs habrían transportado arenas durante el Holoceno con picos fríos cada 1,500 años. Los nueve “eventos de Bond” son el resultado de las perforaciones de Vostok y de Groenlandia. Estos eventos estarían igualmente en correlación con las modificaciones de la circulación termohalina del Gulf Stream. En 1993 Bond explicó que las oscilaciones de Dansgaard-Oeschger (D-O) podían relacionarse con los eventos de Heinrich en donde cada oscilación D-O es cada vez más fría que la anterior y al cabo de cuatro o cinco oscilaciones se produce un enfriamiento brutal seguido por un calentamiento igualmente brutal y ello era producto de una ínfima modificación de la actividad solar del orden de 0.01%. De ello se deduce que acontecimientos poco trascendentes podían conllevar cambios climáticos insospechados (Silvain Coutterand, 2008).

El estudio de las glaciaciones en Talamanca, Costa Rica

El estudio de un estacionamiento glaciario en Costa Rica data de comienzos del siglo XX, con las primeras observaciones realizadas por Richard Weyl en 1956, en el macizo del Chirripó que alcanza los 3,819 metros. Le siguieron los estudios de Hastenrath en 1973 y la cartografía geomorfológica de los paleo-valles glaciares del Chirripó, realizadas por Bergoeing en 1978. Kesel en 1983 presenta avances sobre el tema. Trabajos más recientes fueron los importantes análisis sobre pólenes realizados por Sally Horn entre 1986 y 1993 y las observaciones realizadas por Roberto Protti en 1996. Cabe mencionar igualmente, los importantes trabajos de investigación realizados por Orvis y Horn en 2000, y por Lachniet y Seltzer en 2002. Desde 2005, Bergoeing ha retomado el tema. En 2011 aparece la obra de Rolando Castillo sobre las glaciaciones en Costa Rica donde señala los cuatro eventos clásicos que afectaron el hemisferio norte, sin tomar en cuenta la posición geográfica de Costa Rica, sometida a la orogénesis cuaternaria, por lo cual los dos eventos glaciares más antiguos difícilmente se pudieron dar. Las altas cumbres superiores a los 3,000 metros en Costa Rica, solo alcanzan esas máximas altitudes en el Pleistoceno superior, por la orogénesis comenzada a mediados del Plioceno (Mac Millan *et al.*, 2004), y que permitieron el estacionamiento glaciario. Bergoeing en su Tesis doctoral de Estado sobre Costa Rica, sostenida y publicada en Francia en 1987, insiste en que sólo dos eventos glaciares se presentaron en Costa Rica correspondientes a los periodos RISS/Illinoiense y Wurm/Wisconsiniano.

Los paleo-modelados del sector fronterizo costa Rica-Panamá

El sector fronterizo de la cordillera de Talamanca comprendido en la hoja topográfica "PITTIER" 1:50,000 del IGN-Costa Rica, presenta relieves que alcanzan los 3,335 metros en la cúspide del cerro Fábrega y 3,275m en el cerro Itamut, (sector de Panamá), así como altitudes superiores a los 3,000 metros en el límite fronterizo de Costa Rica, como el cerro Ehandi (3,162m), Cerro Bine (3,242m) y Shurivo (3,110m). La hoja se inscribe dentro de las coordenadas geográficas 9° y 9°10' de latitud Norte y entre los 82°45' y 83° de longitud Oeste. El cerro Fábrega es una caldera volcánica localizada al oeste de la provincia de Bocas del Toro, y punto culminante de Panamá, muy cerca de la frontera con Costa Rica. Exactamente se encuentra en las coordenadas 9°07'N 82°52'W, en la Cordillera de Talamanca, justo a lado del Cerro Itamut. Su cumbre está cubierta por vegetación de páramo pluvial subalpino y es un ecosistema único de lagunas de altitud y turberas.

Las observaciones en terreno y los diferentes estudios anteriores, han permitido establecer, que a partir de los 3,000 metros de altitud, existió un importante estacionamiento glaciario durante los dos últimos periodos fríos antes mencionados (Bergoeing, 1987; Lachniet *et al.*, 2002). Igualmente que un campo nival prevaleció entre los 2,600 y 3,000 metros de altitud donde se han encontrado diferentes tipos de morrenas. Por ello el paisaje florístico que existió durante las dos últimas glacia-

ciones fue el de un páramo de altitud que se extendió probablemente entre 1,600 y 2,000 metros de altitud en la parte más baja, hasta los 2,600 metros en el límite de las nieves de ese periodo (véase Figura 1) (Bergoing, 2010; Horn, 1993). Del mismo modo la degradación vegetacional se prosiguió de modo altitudinal hasta las tierras más bajas donde prevaleció el bosque tropical húmedo a partir de los 1,000 a 1,200 metros de altitud.

La hoja Pittier nos muestra que el sector de altas cumbres fue ocupado por un estacionamiento glaciario, que debe haber sido importante (espesor del orden de los 200 a 500 metros), y creó un modelado de circos glaciares, limitados por agudas aristas, valles en U, por donde discurrieron pequeñas lenguas glaciares, que recorrieron de 5 a 10km, ver mayor alcance, dejando a su paso depósitos de morrenas que deberán ser estudiadas detenidamente. Durante los interglaciares RISS/Wurm (140,000 a 90,000 años B.P.? y el Holoceno, actual de hace 12,000 años), queda demostrado que el deshielo fue brutal y súbito, ello debido a la latitud que ocupa Talamanca, y que permitió un recalentamiento rápido del ambiente debido al cambio climático de esas épocas. Las consecuencias fueron el desplazamiento de enormes bloques erráticos y la constitución de conos de deyección o abanicos aluviales en la zona de ruptura de pendiente de las imponentes quebradas cordilleranas, con pendientes sumamente acusadas, por donde transitaban los ríos cargados con el material precipitado.

Pensamos que los bloques predominantemente granodioríticos y volcánicos provenientes de las altas cumbres, consecuencia del despeje del batolito talamanqueño, por la erosión, así como bloques volcánicos e incluso sedimentarios de los cuales están constituidos los bloques erráticos, son un índice importante que hay que tomar en cuenta. En efecto, tenemos la certeza que el interglaciario RISS/Wurm fue un periodo de deshielo más importante, que permitió el acarreo de los bloques erráticos de dimensiones colosales, y que quedaron detenidos sobre una superficie aluvial, (C2) que se encuentran en posición inferior con respecto a los conos aluviales (C1), del actual interglaciario. En efecto el interglaciario RISS/Wurm pudo ser algo más cálido y húmedo que el clima Holoceno, ello en razón de la extensión de los grandes bosques que alcanzaron un límite mucho más septentrional que en la actualidad. Pues bien todos estos bloques erráticos presentan el fenómeno de erosión pluvial pseudo kárstico conocido como pseudo-lapiaces. Esto es un factor clave ya que para que la erosión pluvial pueda crear este tipo de ranuras, en rocas tan duras y compactas como la granodiorita deben transcurrir miles de años. Creemos que durante el periodo Wurm/Wisconsiniano, que duró de 90,000 a 12,000 años transcurrió el tiempo suficiente para la creación de los pseudo lapiaces en la roca inferida. Si bien durante ese periodo las altas cumbres estaban congeladas y nevadas, a menor altitud, es decir hacia los 1,400 metros de altitud prevalecía un periodo interpluvial, con lluvias menos abundantes que en la actualidad, pero lo suficientemente importantes para crear una vegetación tropical en las tierras bajas y erosionar en consecuencia, los bloques erráticos, creando los pseudo-lapiaces.

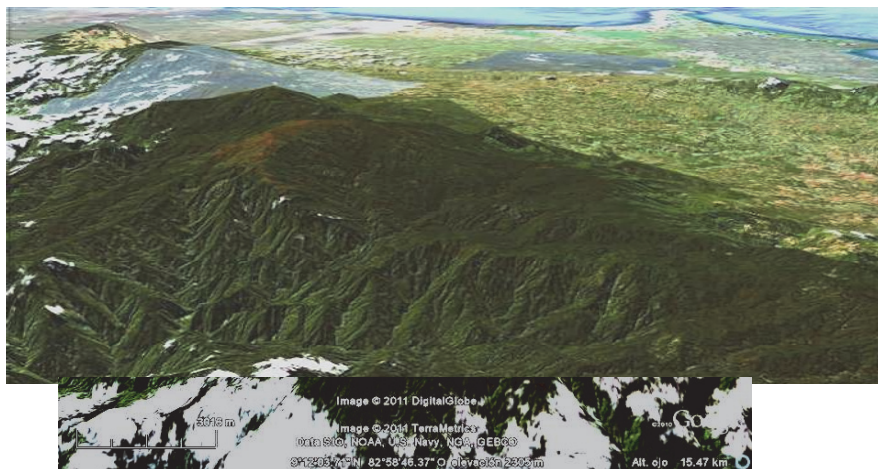


Figura 1. Imagen satelital oblicua Google 2011 que muestra el cerro Fábrega recubierto por el páramo (en el sector Panameño) y que describe una depresión semicircular correspondiente a una caldera volcánica, probablemente Plio-Cuaternaria. A la derecha, la depresión de Coto Brus y las costas del Pacífico (Imagen Google 2011, TerraMetrics).

Geomorfología Paleo-Glaciár y Paleo-Nival del sector Fábrega-Pittier. 2011

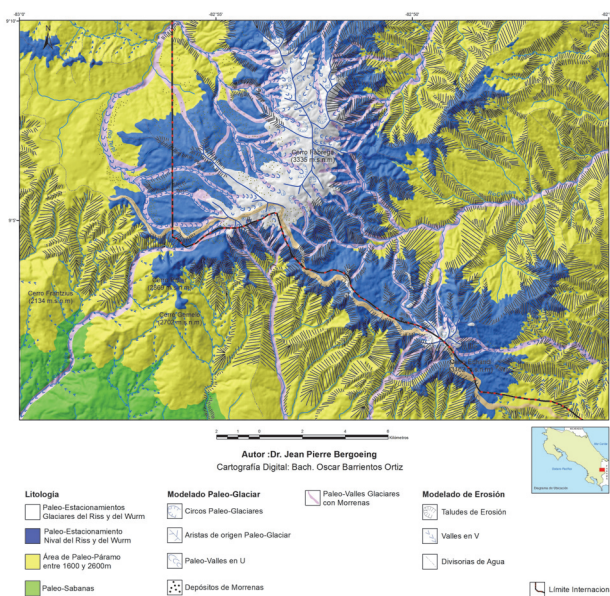


Figura 2. Área de extensión glaciár y nival durante los periodos RISS/Illinoiense y Wurm/Wisconsiniano (doctor Jean Pierre Bergoing, 2011).

La geomorfología del sector de Pittier en Talamanca

El área se caracteriza por ser montañosa, disimétrica, con una vertiente abrupta que cae al Pacífico y una con pendientes más suaves que se dirigen al Caribe. Se trata de un área eminentemente volcánica donde sobresale la Caldera del cerro Fabrega, abierta hacia el Oeste así como los conos volcánicos) del cerro Frantzius (2,134m) del cerro Pittier (2,844m) del Cerro Gemelo (2,702m) y de otros edificios que se encuentran más al sur- oeste de la hoja. Estos dos últimos conos volcánicos podrían ser conos post-colapso de la caldera del Fábrega. El vulcanismo que se origina en el Mioceno superior se prolongó hasta fines del Plioceno y es probable que haya llegado hasta el Cuaternario inferior. Se trata de rocas basálticas a andesíticas en el momento en que se inicia la orogénesis de Talamanca. Las rocas más antiguas del sector son sedimentarias y corresponden a lutitas y conglomerados de comienzos del Terciario (Paleoceno-Eoceno) Están plegadas formando sinclinales y anticlinales y en el sector de contacto recubiertas por los depósitos volcánicos de fines del Terciario.

El vulcanismo del sector cohabita con afloramientos intrusivos de dioritas y monzonitas cuarcíferas y en menor grado presencia de gabros y granodioritas. El vulcanismo reciente (Cuaternario) de este sector meridional del Talamanca está relacionado con la subducción y una litosfera oceánica relativamente caliente que ha producido en los dos últimos millones de años magmas félsicos (andesitas a riolitas y sobre todo dacitas) que sugieren una fuente basáltica metamorfizada (Defant *et al.*, 1992).



Figura 3. Sector del río Volcán. Mega bloque errático, granodiorítico, afectado por la erosión del inter-pluvial RISS/Wurm, que ha modelado profundos pseudo-lapiaces en su superficie.

El sector Pittier de Talamanca se encuentra afectado por una intensa erosión que da origen a taludes erosivos con pendientes muy acusadas por donde discurren ríos de caudal torrentoso que forman valles en V más al Sur, estos ríos han formado profundos cañones fluviales. A los pies del sistema volcánico Pittier-Frantzius, los depósitos ígneos se han visto sometidos a los cambios climáticos del Pleistoceno superior que se traducen por inmensos deslizamientos en masa. A partir de los 3,000 metros de altitud se comienza a observar el modelado paleo-glaciario que recubre el sector de la caldera de Fábrega que durante las dos últimas glaciaciones, ha dejado sus trazas, como aristas glaciares, circos, valles en U y depósitos de morrenas que deberían ser estudiadas en detalle (véase Figura 5). Es a partir de este punto que en el interglaciario RISS/Wurm, se desprendieron y deslizaron por las fuertes pendientes, masas importantes de rocas intrusivas y volcánicas transformadas en bloques erráticos, que detuvieron su marcha en las zonas de ruptura de pendiente, donde comienzan los grandes conos de deyección. El periodo wurmiense/wisconsiniano posterior, se tradujo por un periodo inter-pluvial que modeló los bloques erráticos durante 80,000 años creando profundos surcos o pseudo lapiaces en las superficies de los bloques erráticos.

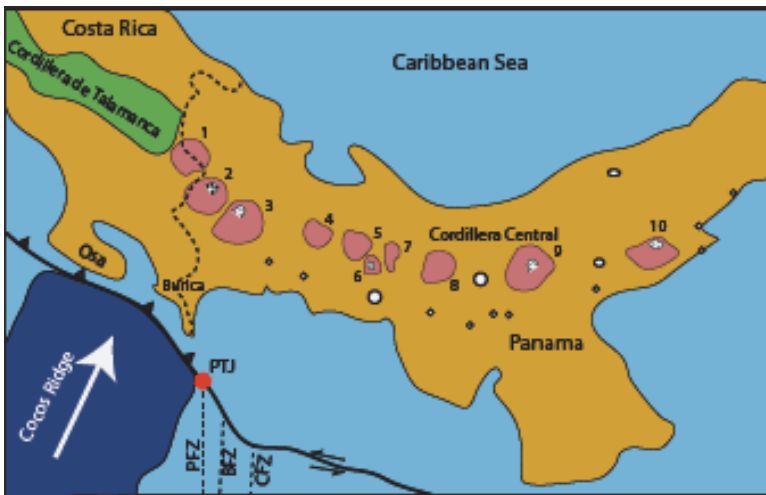


Figura 4. Principales centros de emisión volcánica en el arco Neógeno del oeste de Panamá. (1) Fábrega, (2) Cerro Pelón, (3) Volcán Barú, (4) Cerro Chorchá, (5) Cerro Fonseca, (6) Cerro Colorado, (7) Cerro Santiago, (8) Cerro Buenos Aires, (9) La Yeguada, (10) El Valle. Los círculos pequeños muestran domos y conos de menos de 1,000m de elevación. PTJ Triple contacto de Panamá PFZ Zona de Fractura de Panamá BFZ Zona de Fractura de Balboa CFZ Zona de Fractura de Coiba. Modificado de Boer *et al.*, 1988. In Early Holocene Edifice Failure And Sector Collapse of Volcán Barú, Panama, 2010. Geology Department, Pomona College, Claremont, CA., USA.

La vertiente sur-oeste de Talamanca, comprendida entre el río Canasta y la nacimiento del río Cotón, se caracteriza por una serie de relieves aislados, de una altitud promedio de unos 1,500 metros, recubiertos por la selva húmeda, que contrastan con la vertiente misma de Talamanca. Se trata de los cerros Frantzius, Cedro, Pittier, Irkibi, Bellavista por citar los más eminentes. Entre ellos corren ríos que han socavado profundos cauces, como el río Canasta, Las Gemelas, Cedro, Bella Vista, Cotito, Surá y Cotón que dejan aflorar el basamento rocoso y dan ya un índice de la composición volcánica del sector.

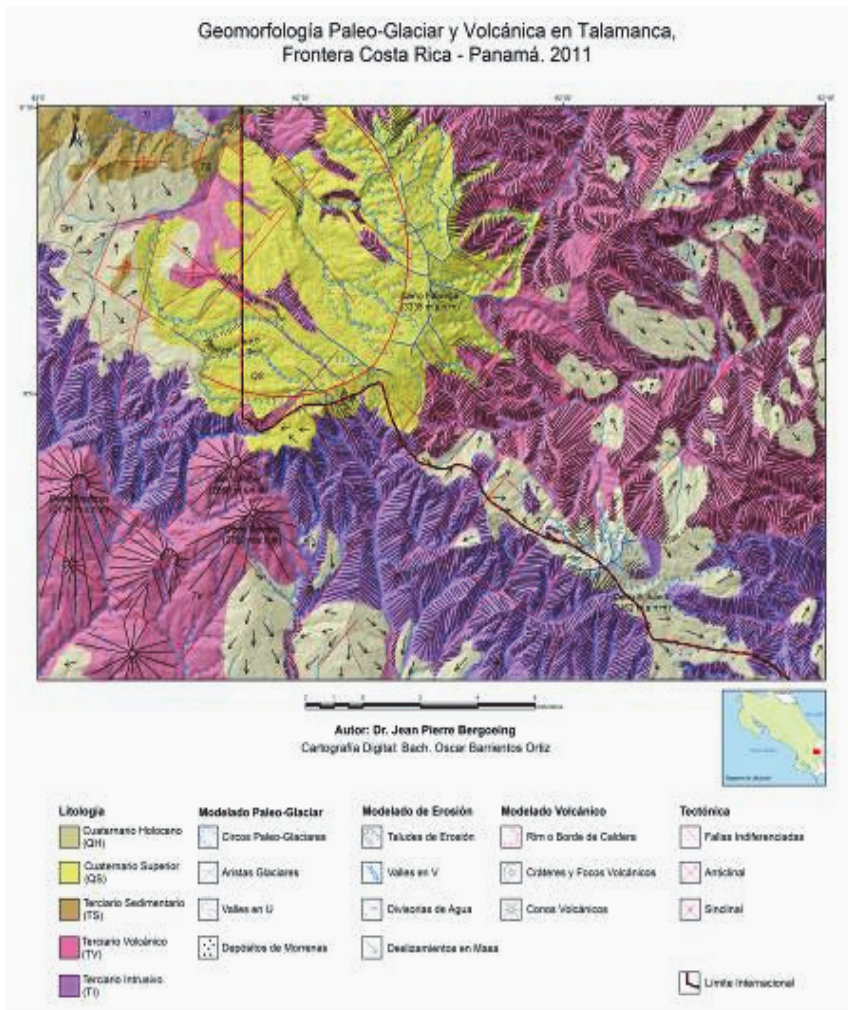


Figura 5. Geomorfología del sector Pittier-Fábrega (doctor J.P. Bergoieing, 2011).

Los antecedentes geológicos y geomorfológicos del sector Pittier-Franzius

Las cartas geológicas de Tournon (1995) y de Denyer (2007) presentan al sector como eminentemente volcánico. Para Tournon las edades fluctúan entre el Mioceno superior y el Plioceno, mientras que Denyer las sitúa en el Mioceno. Bergoeing (1977) describe por primera vez la presencia del volcán Mano de Tigre en la Cordillera Costeña cerca de Paso Real. Se trata de un volcán piroclástico datado en 14 ± 0.12 M.A. (Mac Millan *et al.*, 2004) Las investigaciones realizadas en 2010 en el sector de Mano de Tigre, (Bergoeing *et al.*, 2010) permitió observar un conjunto volcánico que va del Mano de Tigre hasta el volcán China Kichá. Se trata de un modelado eminentemente volcánico, muy alterado por la erosión, donde se reconocen estructuras como cráteres, calderas, coladas y depósitos piroclásticos. Todo ello lleva a confirmar que durante el Mioceno superior al Plioceno, se produjo una fisura NW-SE por donde extruyó un magma que va de los basaltos a las andesitas. La presencia de los conos volcánicos del sector río Canasta - río Cotón, permite extrapolar que se trata del mismo fenómeno de extrusión magmática, producto del choque de las placas del Coco y del Caribe y que da inicio a la orogénesis de la Cordillera de Talamanca así como al basculamiento en monoclinales de las series sedimentarias de la Cordillera Costeña, reorganizando por antecedenencia el incipiente sistema fluvial que se estaba creando. Sin embargo, las dataciones de De Boer (1995) para el sector Durika rejuvenecen estas extrusiones adakíticas, dándoles valores de 2.8 a 0.95 M.A. lo que la sitúan a fines del Plioceno inicios del Cuaternario.

El volcán Frantzius

Situado entre los ríos Platanillal y río Canasta, el cerro Frantzius lleva el nombre del doctor Alexander Von Frantzius biólogo alemán que estudiara el sector a mediados del siglo XIX. Aquí se encuentra el Parque Nacional “La Amistad” que domina de sus 2,134 metros el sector. La cumbre se caracteriza por dos cotas la del cerro Bioley de 1,766 metros y la cumbre del Cerro Tonduz de 1,930 metros. Entre ambas cumbres se describe una curva topográfica que puede ser asociada a un antiguo cráter muy alterado por la erosión. Más al noreste domina la cumbre del Frantzius que es un perfecto cono volcánico probablemente un estrato-volcán (véase Figura 6). La base del complejo se caracteriza por una serie de coladas de lava, muy alteradas entrecortadas por ríos y riachuelos afluentes del río Cotón que aquí se une al río Coto Brus.

Los materiales recogidos a los pies del Frantzius permitieron obtener y analizar dos muestras volcánicas analizadas por la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica.

Muestra 1. Cerro Franzius – Pittier (Parque La Amistad)

Lat. N. 9° 01.744'

Long. W 83° 00.485'

Alt. 1,391m

Gabro con alteración hidrotermal propilítica.

Minerales observados: sericita en las plagioclasas, arcillitización, clorita, calcita, epidota, pirita.

Muestra 2. Cerro Franzius (Cantera)

Lat. N. 09° 01.529'

Long. W. 83° 00.073'

Alt. 1,292m

Andesita: Plagioclasa>: tanto fenocristales como microlitos, relativamente sin alteración, maclada y con zonación. Pueden presentar tectura glomeroporfídica.

Hornblenda verde: tanto fenocristales como microlitos finos. Pueden presentar textura glomeroporfídica. Augita escasas. Opacos: magnetita y hematita. Debido a las características de la presentación de la hornblenda, no es claro si los microlitos de hornblenda son primarios o secundarios por alteración hidrotermal.

A proximidad del volcán Frantzius, la fila Pittier nos conduce a una serie de edificios volcánicos con conos bien definidos como el Pittier (2,844m) el Gemelo (2,702m) y dos otros conos que descienden por la fila Pittier. Todas estas estructuras volcánicas pueden asociarse con la estructura mayor que es la caldera de Fábrega, vulcanismo principalmente Plioceno, que es concomitante con la orogénesis de la Cordillera de Talamanca.

El Irkibi

Se puede acceder a él a través de la finca Alturas. El cono volcánico del Irkibi se sitúa al este del volcán Frantzius siguiendo un alineamiento de extrusión magmática como ya se ha expresado anteriormente. Se compone de varias cumbres que dejan suponer otros tantos cráteres por donde fluyó la lava. El cono del cerro Chai de 2,100 metros forma con el Irkibi (2,210 metros) (Figura 7) y más al este el Cerro Bellavista (2,048 metros) un conjunto volcánico compacto solo entallado por el río Cotilo. A los pies del cerro Chai, abundan las coladas de lava compuestas por dácitas según análisis de la Escuela Centroamericana de Geología.

Más al oeste, el río Bellavista separa al conjunto volcánico descrito de un nuevo sistema volcánico. Se trata de la fila Cedro de 2,132 metros cuya cumbre dibuja una antigua caldera. Todos estos focos volcánicos, limitados al Sur por el río Cotón, son probablemente del Plioceno. Entre ellos aparecen depósitos de rocas granodioríticas que nos indicarían una extrusión volcánica pliocénica a través del batolito granodiorítico Cretácico-Miocénico de Talamanca y que se prolongaría más al noroeste con el complejo volcánico Mano de Tigre-Dobonragua datados mediante K/Ar por Kessel en 1983 (Alvarado, 2000) como del Plioceno con edades de 4 y 5 millones de años.



Figura 6. Volcán Frantzius, recubierto por un bosque denso. En primer plano coladas volcánicas entalladas por el sistema fluvial (*Fotografía J.P. Bergoing*).



Figura 7. Cono volcánico del Irkibi de 2,200 metros de altitud. Recubierto por una densa selva tropical de altitud, a sus pies se observan restos de coladas de lavas volcánicas (*Fotografía J.P. Bergoing*).



Figura 8. Cantera de la Hacienda “Alturas” donde quedan expuestas las rocas volcánicas de las coladas del complejo Chai-Irkibi (*Fotografía J.P. Bergoeing*).

Muestra 3. Cerro Irkibi

Lat. N. 8° 57.161’

Long. W. 82° 50.972’

Alt. 1,528m

Lava o Brecha Volcaniclasta:

Roca con fuerte alteración hidrotermal propilítica

Minerales observados: Clorita, epidota, cuarzo y arcillitización

Los cristales de epidotas se localizan en nódulos o amígdalas redondeadas

Localmente se pueden observar restos de plagioclasas macladas

La alteración propilítica impide determinar el tipo exacto de roca

Muestra 4. Cerro Kiribi

Lat.N. 8° 57.026’

Long. W. 82° 50.356’

Alt. 1,460m

Dacita: con fuerte alteración hidrotermal propilítica.

Minerales observados: Clorita, epidota, cuarzo y arcillitización en las Plagioclasas

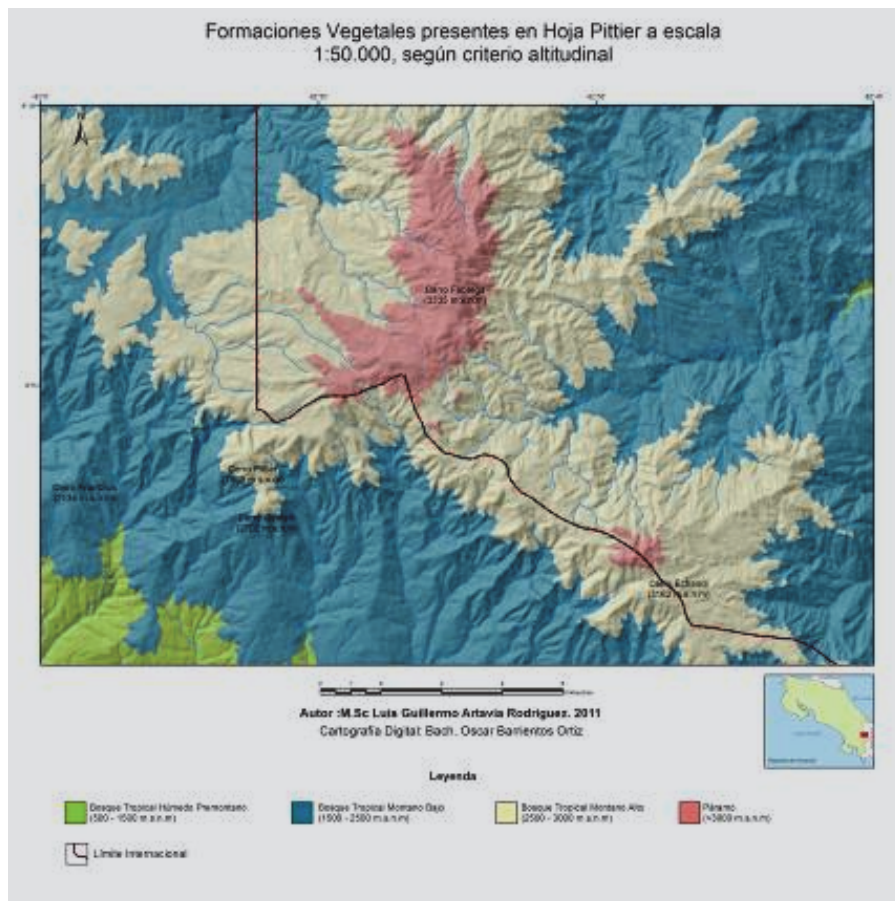


Figura 9. Cartografía de las zonas de vegetación actuales en el sector Pittier (Luis Guillermo Artavia R, 2011).

Los pisos vegetacionales actuales de Talamanca en el sector de Pittier (Fitogeografía de la hoja topográfica Pittier)

Relación geomorfología vegetación

Imaginemos que estamos a los pies de la cordillera de Talamanca en un punto localizado dentro de la hoja topográfica Pittier. Desde dicho sitio, se pretende iniciar una serie de recorridos que llevarán a distintas localidades dentro de dicho espacio geográfico. Una primera observación, revela que la topografía sobre la cual se transitará es muy accidentada, con constantes ascensos y descensos. Una vez iniciado el recorrido, se observa que conforme se asciende, se manifiestan una serie de cam-

bios altitudinales a nivel de estructura y composición florística del bosque. Dichas modificaciones, se encuentran condicionadas, básicamente por la características climáticas y edáficas, que a su vez tienen una estrecha correlación con el componente geomorfológico. Ya para el siglo XIX se habían identificado una serie de asociaciones vegetales así como comunidades boscosas que se relacionan con las formas topográficas, sean estas cimas de las montañas, vertientes o fondos de valle (Scatena, F., 2002).

El resultado concreto, es la presencia de una serie de pisos altitudinales de vegetación, en los cuales las especies vegetales presentan una serie de características estructurales particulares, como altura de los árboles, ancho de copas, diámetro de tallos, tipo de raíces, entre otros. Dichos pisos altitudinales de vegetación se superponen uno con respecto al otro, esto es lo que conocemos como pisos de vegetación. Dichos pisos se encuentran correlacionados con la altitud. En el caso de la hoja Pittier tenemos una serie de diferentes formaciones vegetales, las cuales serán analizadas en el siguiente apartado.



Figura 10. Cuenca superior del río Telire vista desde el cerro Cabecar (3,280m). En primer plano vegetación de páramo y afloramientos granodioríticos del batolito de Talamanca, luego el bosque tropical montano alto.

Caracterización de la vegetación de acuerdo al parámetro altitud

Desde el punto de vista altitudinal, en la zona de estudio se pueden reconocer un total de cuatro zonas altitudinales de vegetación, de acuerdo con la clasificación propuesta por Kappelle, (Kappelle, 2001): Bosque muy Húmedo Premontano (500-1500m.s.n.m), Bosque Tropical Montano Bajo (1,500-2,500m.s.n.m), Bosque Tropical Montano Alto (2,500-3,000m.s.n.m), y Páramo (3,300 a 3,820m.s.n.m) (véase Figura 9).

En primer término, tenemos el bosque tropical, muy húmedo Premontano. Es un bosque que presenta una estructura de media a alta, con presencia de dos a tres estratos, y con algunas pocas especies de su dosel que son caducifolias. Los árboles del dosel poseen alturas entre los 30 a 40 metros. Son comunes las gambas, pero sus dimensiones son pequeñas. Los árboles del sotobosque, tienen alturas que oscilan entre los 10 a 20 metros, además los bejucos son abundantes y la mayoría de los árboles se encuentran cubiertos por una gran cantidad de musgos (Hartshorn, 1991).

El bosque tropical Montano Bajo, se encuentra principalmente compuesto por árboles pertenecientes al género *Quercus*, con alturas entre 25 a 30 metros. A nivel del sotobosque este es un espacio denso, con árboles de 10 a 20 metros, con troncos rectilíneos o tortuosos. A nivel del suelo este se encuentra ampliamente cubierto por helechos, epifitas y montículos de musgos (Harshorn, 1991). Las epifitas las encontramos abundantemente creciendo sobre los árboles, y sirven de refugio a una serie de organismos, entre ellos las salamandras.

Por su parte, el Bosque Montano, este es considerado un bosque perennifolio, de altura baja a intermedia, con presencia de dos estratos de árboles. Los árboles del dosel presentan alturas entre los 25 a 30 metros, con troncos gruesos, sin gambas y con la corteza áspera. Las copas son pequeñas, compactas y redondas, con presencia de muchas ramas cortas, gruesas y retorcidas. El sotobosque es relativamente abierto, con árboles en su mayoría de 5 a 15 metros, de troncos delgados y retorcidos y de coronas compactas, redondas y muy ramificadas. Los helechos arborescentes son comunes en el sotobosque. El estrato arbustivo es denso, con amplia presencia de bambúes enanos de hasta 5 metros de altura. Los troncos y las ramas de los árboles se encuentran ampliamente cubiertos de musgos y epifitas, las orquídeas y los helechos son abundantes creciendo sobre el musgo. Las epifitas grandes están restringidas a unas pocas especies de bromeliáceas (Harshorn, 1991).

Para finalizar esta breve caracterización de los pisos de vegetación que encontramos en la hoja topográfica Pittier, nos debemos referir al ecosistema de páramo. Según Kappelle (2005), el páramo corresponde a la zona neotropical (11° latitud N y 8° latitud S) del bioma pan tropical alpino-subalpino húmedo. Es una formación vegetal alto-montana (alto-alpina), heterogénea, psicofítica, muy vellosa, herbácea y generalmente desarbolada o con doseles abiertos de arbolitos tupidos. Según Gó-

mez (Gómez, 1986), los páramos no son otra cosa que sabanas de altitud y al igual que las de bajura, tienen balances de materia orgánica en suelos estacionales, pero a la inversa en la vegetación de niveles inferiores.

Hoy en día este tipo de vegetación se localiza en las partes altas de las montañas, presenta su rango inferior de distribución de los 2,800 a 3,200 metros sobre el nivel del mar, mientras que su límite superior está entre 4,500 y 4,800 (Kappelle, 2005). Para el caso de Costa Rica, el páramo lo encontramos principalmente en la cordillera de Talamanca. En la zona de estudio este tipo de vegetación corona la cima de los cerros Echandi, Urú, y principalmente en el complejo de cerros Bine, Itamut, Fábrega, representando esta el área con mayor cobertura de páramo.

Esbozo paleo-geográfico de la hoja topográfica Pittier

El paisaje que se observa hoy en día en diferentes localidades en la hoja Pittier básicamente se encuentra dominado por la presencia de bosques. Sin embargo, si realizáramos un viaje en el tiempo y retrocedemos unos 20,000, estaríamos ante un paisaje bastante diferente, esto básicamente porque en ese momento nos encontraríamos inmersos dentro del último periodo glacial. El efecto de dicho fenómeno climático, sobre la distribución y localización de los diversos pisos de vegetación fue muy significativo, dando como resultado el desplazamiento hacia niveles más bajos de los diferentes pisos de vegetación. Esto, se produjo básicamente por variaciones en los regímenes de precipitación y temperatura. Las evidencias de dicho movimiento, se han podido corroborar mediante análisis de polen y dataciones radiométricas realizadas en diferentes sitios de la región Neotropical.

Según Kappelle (2005), durante el Pleistoceno, el páramo estuvo bajo la influencia de una serie de glaciaciones consecutivas (alternancia de glaciares e interglaciares). Esta dinámica produjo una fuerte mezcla de géneros de plantas vasculares con una distribución restringida a las zonas templadas. Es así como entre 44,000 y 21,000 años antes del presente, los periodos glaciares e interglaciares se sucedieron, produciendo fases frías pero severas (Luteyn, 2005).

Luyten (Luteyn, 2005), indica que durante este tiempo los glaciares y los bosques se deben haber puesto en contacto entre los 2,200 y los 2,700m.s.n.m, dando como resultado que la zona cubierta por páramo debió haber sido angosta y húmeda. En el caso de la cordillera de Talamanca, sus mayores cumbres se encontraban congeladas, pero según Gómez (Gómez, 1986) solamente en las cumbres del Cuericí, Chirripó Grande y Fábrega existían formaciones glaciares.

Conclusiones

Este artículo presenta por primera vez la relación entre el vulcanismo de fines del Terciario que existe en el sector fronterizo de Panamá con Costa Rica, asociando el

evento de una caldera de colapso (cerro Fábrega), con un vulcanismo probablemente post-colapso cuyos testigos serían los cerros Pittier, Frantzius, Irkibi, etc. Igualmente que a partir de los 3,000 metros de altitud las cumbres del Fábrega albergaron las dos últimas glaciaciones, dejando como evidencias un modelado propio post-glaciario de circos, aristas y morrenas, similar al existente en Costa Rica en el cerro Chirripó. Durante el interglaciario RISS/Wurm grandes bloques erráticos, de origen igneo, fueron depositados en el piedemonte y fueron erosionados con pseudo-lapiaces en el inter-pluvial que siguió y que en altitud dio la glaciación Wurm. Finalmente la variación vegetacional durante los dos periodos glaciares descendió ostensiblemente en altitud ya que en las tierras bajas se instaló repetidamente un periodo inter-pluvial más seco, que tuvo como consecuencia acrecentar el área de páramos en las tierras altas, hasta el límite de los depósitos nivales. El relieve y vegetación actual ya se ha dado anteriormente durante el inter-glaciario RISS/Wurm y que son fases de un largo periodo que puede volver a repetirse en un lapso de aquí unos diez mil años.

Finalmente, en la hoja topográfica Pittier encontramos cuatro formaciones vegetales según criterio de altitud, a saber: bosque muy húmedo premontano, bosque montano bajo, bosque montano alto y páramo. El bosque montano bajo y el alto son los que cubre mayores extensiones, mientras que el páramo se encuentra restringido a las cimas de mayor altitud. Durante el último periodo glaciario, la vegetación del área debe haberse movilitado hacia menores altitudes, esto probablemente debido a la disminución en la temperatura y la precipitación, y en las altas cumbres como la de cerro Fábrega donde el páramo fue sustituido por masas glaciares. Posteriormente cuando las condiciones climáticas actuales se establecieron la vegetación retornó a la condición interglaciario que es la actual.

Bibliografía

- Alvarado, I.G., *Los volcanes de Costa Rica. Geología, historia, riqueza natural y su gente*, Edición Conmemorativa 30 aniversario, Universidad Estatal a Distancia, UNED, Costa Rica, 2000.
- Barquero, J., y Ellenberg, L., "Geomorfología del piso alpino del Chirripó en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica", *Revista Geográfica de América Central*, núms. 17-18, pp. 293-299, 1982-1983.
- Battistini, R. y Bergoeing J.P., "Volcanisme récent et variations climatiques Quaternaires au Costa Rica", *Bull. Assoc. de Géographes Français*, núms. 485-486, pp.199-205, París, France, 1982.
- Beaudet, G.; Gabert P. y Bergoeing J.P., "La Cordillère de Talamanca et son Piémont (Néotectonique) et variations climatiques dans le Sud-ouest du Costa Rica", *Colloque sur les Piémonts*, pp. 121-134, Toulouse, France, 1982.

- Beaudet, G.; Gabert P. y Bergoeing J.P., “La Cordillera de Talamanca y su piemonte. Neotectónica y variaciones morfoclimáticas en el SW de Costa Rica”, *Revista Geográfica*, núm. 103, pp. 87-95, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 1986.
- Bergoeing, J.P., “Modelado Glaciar en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica”, *Informe semestral del Instituto Geográfico Nacional*, pp. 33-44, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, San José, Costa Rica, 1978.
- , “L'évolution du Quaternaire au Costa Rica”, *Cahiers Nantais*, núm. 30-31 Hommage au professeur Gras, pp. 167-187, Nantes, 1987.
- Bergoeing, J.P., *Geomorfología de Costa Rica*, Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica, 1998, 409 pp.
- Bergoeing, J.P.; 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, Costa Rica, 1978.
- Bergoeing, J.P.; Brenes, L.G., Fernández, A.M. y Ureña F.M., “Geomorfología de la cordillera Costeña y de los abanicos aluviales en el piedemonte meridional de la Cordillera de Talamanca”, *Revista Geográfica*, núm. 148, pp. 165-179, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 2010.
- Castillo Muñoz, Rolando, *Glaciaciones e inter glaciaciones en Costa Rica*, Academia de Geografía e Historia, SIEDIN-UCR, San José, Costa Rica, 2011.
- Collins, L.; Coates, A.; Jackson, J. y Obando, J., *Timing and rates of emergence of the Limón and Bocas del Toro basins: Caribbean effects of the Cocos Ridge subduction?*, in Mann, P., ed., *Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America: Boulder, Colorado*, Geological Society of America Special Paper 295, pp. 263-289, USA, 1995.
- Coutterand, Sylvain, “Etude Géomorphologique des flux glaciaires dans les Alpes Nord-Occidentales au Pléistocène Récent. Du maximum de la dernière glaciation aux premières étapes de la déglaciation”, Thèse de Doctorat de Géographie soutenue le 21 juin 2010, Université de Savoie, France, 2010.
- De Boer, J.Z., M. Drummond, M. Bordelon, M. Defant, H. Bellon y R. Maury, “Cenozoic magmatic phases of the Costa Rican island arc (Cordillera de Talamanca)”, *Geologic and tectonic development of the Caribbean Plate boundary in southern Central America*, edited by P. Mann, pp. 131-157, Geological Society of America Special Paper 295, Boulder, Colorado, 1995.

- De Boer, J.Z.; M.J. Defant, R.H. Stewart, J.F. Restrepo, L.F. Clark, and A.H. Ramirez, "Quaternary calc-alkaline volcanism in western Panama; regional variation and implication for the plate tectonic framework", *Journal of South American Earth Sciences*, núm. 1, pp. 275-293, 1988.
- Defant, M.J.; Jackson T.E.; Drummond M.S.; De Boer J.Z.; Bellon H.; Feigenson M.D.; Maury R.C. y Stewart R.H., "The geochemistry of young volcanism throughout western Panama and southeastern Costa Rica: an overview", *Journal of the Geological Society*, vol. 149; núm. 4; pp. 569-579; DOI: 10.1144/gsjgs.149.4.0569, 1992.
- Denyer, P., Montero, W., Alvarado, *Atlas Tectónico de Costa Rica*, Editorial Universidad de Costa Rica, 2009, 81 pp.
- Denyer, P. y Alvarado, G., *Mapa Geológico de Costa Rica, escala 1:400,000*. Librería Francesa, San José, Costa Rica, 2007.
- Denyer, P. y Kusmaull, S., *Geología de Costa Rica*, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2000, 551 pp.
- Early Holocene Edifice Failure And Sector Collapse of Volcán Barú, Panama*, Geology Department, Pomona College, Claremont, CA, USA, 2010.
- Gazel, E.; Hoernle K.B.; Carr M.; Herzberg C.; Saginor D.; Van Den Bogaard P.; Hauff F.B.; Feigenson C.M.; Swisher III C.C., "Plume-subduction interaction in southern Central America: Mantle upwelling and slab meeting", *Lithos*, Elsevier, 2010.
- Gómez, L., *Vegetación de Costa Rica. Apuntes para una biogeografía costarricense. Vegetación y clima de Costa Rica*, vol. 1, Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 1986.
- Hartshorn, G., "Plantas", pp 119-353, en Janzen, D., *Historia natural de Costa Rica*, Editorial de la Universidad de Costa Rica, 1991.
- Hastenrath, S., "On the Pleistocene glaciation of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica", *Zeitschrift für Gletscherkunde and Glazialgeologie*, núm. 9, pp. 105-121, 1973.
- Horn, S.P., "Postglacial vegetation and fire history in the Chirripó Páramo of Costa Rica", *Quaternary Research*, núm. 40, pp. 107-116, USA, 1993.
- , "Timing of deglaciation in the Cordillera de Talamanca, Costa Rica", *Climatic Research*, VI, pp. 81-83, USA, 1990.
- , "Prehistoric fires in the Chirripó highlands of Costa Rica Sedimentary charcoal evidence", *Revista Biológica Tropical*, núm. 37, pp. 139-148, Costa Rica, 1989.
- Kappelle, M., "Costa Rica", pp. 301-370, en Kappelle, M. y A.D. Brown, *Bosques nublados del geotrópico*, Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica, 2001.

- Kesel, R.H., "Quaternary History of the Río General Valley, Costa Rica", *Research Reports*, National Geographic Society, núm. 15, pp. 339-358, USA, 1983.
- Kolarsky, R.A.; Mann, P. y Montero, W., "Island arc response to shallow subduction of the Cocos Ridge, Costa Rica", in Mann, P., ed., *Geological Society of America Special Paper*, no. 295, Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America, p. 235-262, 1995.
- Lachniet Matthew S., Seltzer Geoffrey O., y Solís Leonardo S., *Geología, geomorfología y depósitos glaciares en los páramos de Costa Rica*, faculty.unlv.edu/.../Lachniet et al 2003 Paramos ext.pdf
- Lachniet, M.S., y Seltzer, G.O., "Late Quaternary Glaciation of Costa Rica", *Geological Society of America Bulletin*, núm. 14, USA, 2002.
- Luteyn, J. "Introducción al ecosistema de páramo", pp. 37-100, en Kappelle, M. y S.P. Horn, *Páramos de Costa Rica*, Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica, 2005.
- Macmillan, A.I.; Gansa, P.B. y Alvarado, I.G., "Middle Miocene to present plate tectonic history of the southern Central American Volcanic Arc", *Tectonophysics*, núm. 392, pp. 325-348, Elsevier, 2004.
- Marshall, J.S.; Fisher, D.M., y Gardner, T.W., "Central Costa Rica deformed belt: Kinematics of diffuse faulting across the western Panama block", *Tectonics*, vol. 19, pp. 468-492, 2000.
- Montero, W., "Neotectonics and related stress distribution in a subduction – collisional zone: Costa Rica", *Profil*, núm. 7, pp. 125-141, 1994.
- Orvis, K.H. y Horn, S.P., "Quaternary glaciers and climate on Cerro Chirripó, Costa Rica", *Quaternary Research*, núm. 54, pp. 24-37, USA, 2000.
- Pissart, Albert, "Concernant la disparition du Gulf Stream pendant la dernière glaciation et le danger de voir se reproduire ce phénomène catastrophique pour l'Europe", *Bull. Soc. Géographique de Liège*, vol. 42, pp. 79-83, 2002.
- Protti, Roberto, "Evidencias de glaciación en el valle de El General, Costa Rica, durante el Pleistoceno tardío", *Revista Geol. Amer. Central*, pp. 19-20, 75-85, 1996.
- Scatena, F., "El bosque neotropical desde una perspectiva jerárquica", pp. 23-42, en Guariguata, M. y G.H. Kattan, *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica, 2002.
- Shimizu, C., "Glacial landforms around Cerro Chirripó in Cordillera de Talamanca, Costa Rica", *Journal of Geography*, núm. 101, pp. 615-621, Japón, 1992.
- Somoza, A. y Tejada, I., *Vegetación y flora de los páramos de cerro Fábrega-Itamut*, 2007, <http://biota.wordpress.com/2007/07/02/vegetacion-y-flora-de-los-paramos-de-cerro-fabrega-itamut/>
- Tournon, J. y Alvarado, G., *Mapa geológico de Costa Rica, escala 1:500,000*, Ministerio de Relaciones Exteriores de Francia, Delegación regional de la

- Cooperación Científica y Técnica. Instituto Costarricense de Electricidad ICE, Editado por La Vigie, Dieppe, Francia, 1995.
- Van Uffelen, J.G., *A geological/geomorphological and soil transect study of the Chirripó Massif and Adjacent areas, Cordillera de Talamanca, Costa Rica*, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Agricultural University Wageningen, Alemania, 1991.
- Weyl, Richard, "Excursiones Geológicas en Costa Rica: vestigios de los glaciares del Pleistoceno", *Informe Trimestral IGN-CR*, enero-marzo, 50 pp., San José Costa Rica, 1957.
- Zellinga de Boer, J.; Drummond, S.M.; Bordelon, J.M.; Defant, M.J.; Bellon H. y Maury R., "Cenozoic magmatic phases of the Costa Rican island arc (Cordillera de Talamanca)", *Geological Society of America*, pp. 35-55, Special Paper 295, USA, 1995.