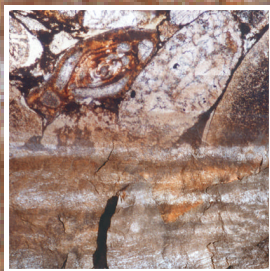


GEOLOGÍA DE TURRIALBA

Una historia de 60 millones de años

Serie Angostura 1



Instituto Costarricense de Electricidad
Subgerencia gestión administrativa
Patrimonio Histórico y Tecnológico (museo)



2002

Geología de Turrialba:
Una historia de 60 millones de años

Lepolt Linkimer
Guillermo E. Alvarado

Colección Patrimonio y Futuro N°17
Serie Angostura N° 1

Instituto Costarricense de Electricidad
Subgerencia Gestión Administrativa
Patrimonio Histórico y Tecnológico (Museo)



2002

Índice

Introducción	5
Rasgos fisiográficos y geomorfología	7
Volcán Turrialba	9
Valles fluviales	11
Contexto sismo–tectónico de la región de Turrialba	12
Unidades rocosas (formaciones geológicas) en la región de Turrialba	16
Formación Tuis: Paleoceno-Eoceno (60-37 millones de años)	17
Formación Calizas Fila de Cal: Eoceno Medio Superior (50-37 millones de años)	19
Formación Senosri: Eoceno Medio - Mioceno Inferior (50-22 millones de años)	21
Formación Calizas Punta Pelada: Oligoceno Superior - Mioceno Inferior (30-22 millones de años)	23
Formación de Lutitas Uscari: Mioceno Inferior - Mioceno Superior (22-6 millones de años)	26
Formación Río Banano: Mioceno Superior - Plioceno Inferior (11-3 millones de años)	31
Formación Guayacán: Plioceno (5 millones de años)	33
Formación Suretka: Plioceno (5-2 millones de años)	33
Formación Doán: Plioceno (5-2 millones de años)	35
Rocas del Volcán Turrialba: Pleistoceno-Holoceno (0,5 millones de años)	37
Depósitos superficiales recientes: Holoceno (11 000 años)	40
Páginas perdidas en el tiempo. Historia geológica	43
Glosario	56
Bibliografía	64

Introducción

TURRIALBA, LUGAR MÁGICO Y SAGRADO

La historia geológica de Costa Rica es muy compleja y debe enmarcarse dentro de la Teoría de la Tectónica de Placas, según la cual, grandes bloques o placas se mueven unos con respecto de otras, generando un complejo mosaico geológico. Las rocas más antiguas encontradas hasta el momento en Costa Rica datan de 200 millones de años, pero la emersión, definitiva, de lo que hoy día es nuestro territorio, se remonta tan sólo a unos 3,5 millones de años.

Desde tiempos geológicos, la región que actualmente conocemos como Turrialba ha estado habitada por muchas formas de vida, en paisajes y ambientes diversos. Por ejemplo, en el Eoceno Superior (hace unos 44 millones de años) fue el hogar de grandes comunidades marinas, incluyendo principalmente especies de moluscos, protozoarios, e incluso tiburones. Después la región emergió y en ella se desarrollaron volcanes, muchos de ellos ya extintos, y finalmente, hace menos de medio millón de años, el volcán Turrialba adquirió parte de las características que posee actualmente en el siglo XXI.

Mucho tiempo después, en la época precolombina, estuvo habitada por indígenas, quienes le dieron a la zona un carácter mágico y sagrado. El Monumento Nacional Guayabo queda como fiel testimonio de la permanencia aborigen con elementos civiles y religiosos, como plazas, montículos, basamentos circulares, canales, tanques de agua, calzadas, petroglifos y valiosas piezas de piedra, metal y cerámica. Todo esto hace de Turrialba uno de los sitios con los hallazgos arqueológicos más importantes de nuestro país.

Durante la colonia, Turrialba se convirtió en una zona de paso, pues la comunicación más fácil entre Cartago y el Caribe fue la vega del río Reventazón. Una situación similar ocurrió, al final del siglo XIX, con la construcción y funcionamiento del ferrocarril al Atlántico, el cual fue un factor determinante para el desarrollo de la región.

Sin embargo, Turrialba es más que una zona de paso. Posee tierras volcánicas y fluviolacustres muy fértiles, que permitieron el desarrollo de grandes cultivos, principalmente de café y caña de azúcar (tanto que a los turrialbeños se les llama azucareros), y en menor escala, macadamia y pejobay. Además, las condiciones geológicas permitieron la formación de hermosos paisajes, incluyendo saltos de agua, gran cantidad de ríos y el volcán Turrialba, los cuales han contribuido al desarrollo de actividades turísticas y deportivas.

El auge de la educación también ha sido muy próspero. Existen casas de enseñanza desde el siglo XIX. En 1902 se creó la escuela pública y desde 1944 el primer colegio, llamado actualmente Instituto Dr. Clodomiro Picado Twilight. La educación superior abrió sus puertas en 1946, cuando se instaló el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) de la Organización de Estados Americanos (OEA), ahora denominado CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). En 1971, inició sus actividades docentes la Sede Regional del Atlántico, de la Universidad de Costa Rica.

RIQUEZA GEOLÓGICA

Quizás es menos conocida la historia geológica de la región y su enorme potencial hidroeléctrico y turístico. En efecto, Turrialba goza, no sólo de esta riqueza geológica, histórica y social, sino también de un desarrollo económico floreciente, gracias a la instalación de la Planta Hidroeléctrica Angostura (PHA) de 177 MW.

Angostura es la planta de generación eléctrica más grande del país a principios del siglo XXI. También se han planificado otros proyectos hidroeléctricos como Tuis, Pacuare, Guayabo, Reventazón y Siquirres, los cuales constituyen cofres cargados de potencial energético, con miras a generar mayor desarrollo en la zona.

La construcción de la enorme obra ingenieril que constituyó la PHA ha puesto al descubierto una serie de elementos geológicos, paleontológicos y arqueológicos, que han revelado nuevos detalles sobre la vida en Costa Rica, desde épocas prehistóricas. Las investigaciones, muestras rocosas, piezas encontradas, así como toda la documentación referente al desarrollo de la PHA, forman parte de un centro de información, un verdadero museo, aledaño al vertedero de excedencias, cerca de la presa.



Rasgos fisiográficos y geomorfología

La zona del cantón de Turrialba, situado a 646 metros sobre el nivel del mar, presenta interesantes formaciones geológicas y rasgos geomorfológicos importantes, que explican la evolución de la historia geológica en esta prodigiosa región.

Turrialba se distingue por ser muy húmeda, con bastante vegetación y con una precipitación anual de 2500 mm. La estación lluviosa se extiende allí de mayo a octubre; sin embargo, llueve en cualquier momento. La temperatura es agradable y se



mantiene estable durante casi todo el año, con un leve descenso durante las horas de la noche, principalmente entre octubre y enero.

Turrialba es el nombre del cantón, de la principal ciudad de la región, en donde actualmente habitan más 80 mil personas. Este nombre posiblemente proviene del tarasco; turiri fuego y aba, río, Turiraba, nombre convertido por los españoles en Turrialba; o bien provenía de turis, torre, alba, blanca (Gagini C., 1917: 206).

Los ríos Turrialba y Colorado atraviesan la ciudad y esta situación le ha costado enormes pérdidas a la población, sobre todo en el recordado desbordamiento de 1948 y en las recientes inundaciones del 11 de agosto de 1991 y del 13 de febrero de 1996, cuando dichos ríos inundaron por completo el área urbana.

Río Turrialba. Los depósitos de aluvión a ambos lados del cauce han sido acarreados por las inundaciones de las últimas décadas

La PHA se localiza a unos 6 km al suroeste de la ciudad de Turrialba, en el valle del río Reventazón. En sus alrededores se pueden observar rasgos geomorfológicos muy particulares, como grandes valles fluviales y cerros con formas muy sobresalientes. Sin embargo, no hay rasgo topográfico más espléndido que el volcán Turrialba, cuya altura máxima alcanza los 3 340 metros sobre el nivel del mar. A continuación se describen algunas particularidades de las principales geoformas de la región.

EL VOLCÁN TURRIALBA

Muchos son los atributos del volcán Turrialba que lo hacen tan majestuoso: es el volcán más oriental de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica y el segundo más alto de nuestro territorio, tan

Cráter Central Volcán Turrialba





*Volcán Turrialba visto desde el
Volcán Irazú*

solo unos 90 m más bajo que el volcán Irazú. Además, tiene un edificio volcánico muy voluminoso de 290 km³ aproximadamente, abarcando, desde la ciudad de Turrialba hasta las llanuras de Guápiles y desde el río Toro Amarillo hasta las cercanías del río Reventazón.

El volcán Turrialba posee dos conos secundarios o satélites, tres coladas de lava recientes y un campo de solfataras, todos emplazados en una zona de fracturas. En la cima existen al menos cuatro cráteres, de los cuales, el cráter ubicado al sur-oeste y el central muestran actividad solfatárica actualmente (Soto G.J., 1988: 163-175).

Los depósitos del volcán Turrialba han generado dos morfologías o relieves importantes. Una de ellas es la colada de Aquiares, la cual se extiende al oeste del valle de Turrialba y está constituida por una fila con cima plano ondulada, de unos 2 km de ancho. La otra geomorfa corresponde a los depósitos de una gigantesca avalancha, que ocurrió hace aproximadamente 17 000 años, y que generó una topografía plano-ondulada, con lomas redondeadas, distribuida en casi todo el valle de Turrialba.

VALLES FLUVIALES

Los valles fluviales más importantes son los de los ríos Reventazón, Pacuare, Turrialba, Pejibaye, Atirro, Tuis y Guayabo. Todos corresponden con depresiones alargadas, posiblemente controladas por fallas tectónicas y por cuyo fondo discurren los ríos mencionados.

*Depósitos aluviales del río Tuis.
La mayoría de los valles fluviales como
este, son propicios para el cultivo de caña
de azúcar y café.*



Adyacente a estos ríos existen superficies planas, casi horizontales, que puede llegar a los 1 000 m de ancho y que están constituidas por los depósitos aluviales recientes que arrastran dichos ríos. Ambos lados de esta zona plana se alzan montañas con fuertes pendientes. Estos valles son muy importantes desde el punto de vista social y económico, ya que en ellos se encuentran instalados grandes cultivos de café y caña de azúcar así como los principales asentamientos de la región, como Turrialba, Tucurrique, La Suiza y Tuis.

TIERRA DE FALLAS

Contexto sismotectónico de la región de Turrialba

El Proyecto Hidroeléctrico Angostura se ubica en el límite de dos regiones tectónicas denominadas trasarco y arco volcánico interno. Esta región presenta gran cantidad de fallas activas, las cuales desde tiempos históricos, han sido responsables de la alta sismicidad que caracteriza la zona de Turrialba.

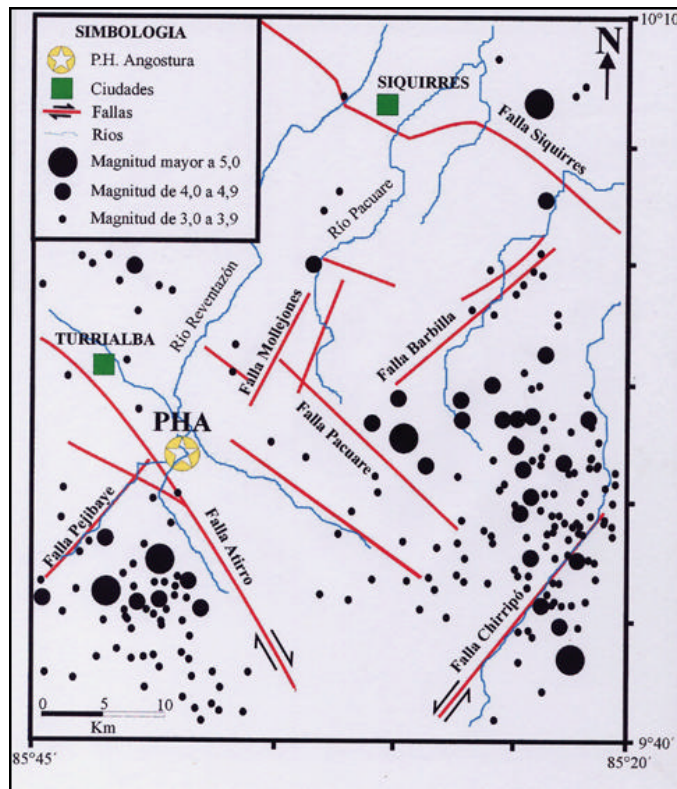
De las fuentes generadoras de temblores que podrían afectar Turrialba, las más importantes son las fallas locales, como la Atirro, Juan Viñas, Tucurrique, Turrialba, Aquiares, Pejibaye, Chirripó, y las relacionadas con el sistema conocido como Cinturón Deformado del Norte de Panamá, responsable de los violentos sismos de 1822, 1916 y 1991 que ocurrieron en la zona Atlántica de Costa Rica.

La sismicidad instrumental registrada en la región de Turrialba durante las últimas tres décadas se presenta distribuida en diferentes sectores, especialmente al sur de Tucurrique, en las estribaciones

de la cordillera de Talamanca y en los alrededores del río Chirripó (Barquero et. al., 1993). La mayoría de estos temblores son pequeños y no son percibidos por la población. No obstante, han ocurrido algunos sismos fuertes que han provocado daños en Turrialba y comunidades aledañas.

Los sismos más recordados en la zona, por su fuerza y destrucción, ocurrieron el 22 de abril de 1991. Ese día, un terremoto de magnitud 7,7 en la escala de Richter, sacudió fuertemente la zona de Limón y Turrialba. El terremoto fue seguido por una impresionante cantidad de réplicas, entre ellas, cuatro temblores con magnitudes entre 5,1 y 5,6 que tuvieron epicentro en las cercanías de La Suiza de Turrialba.

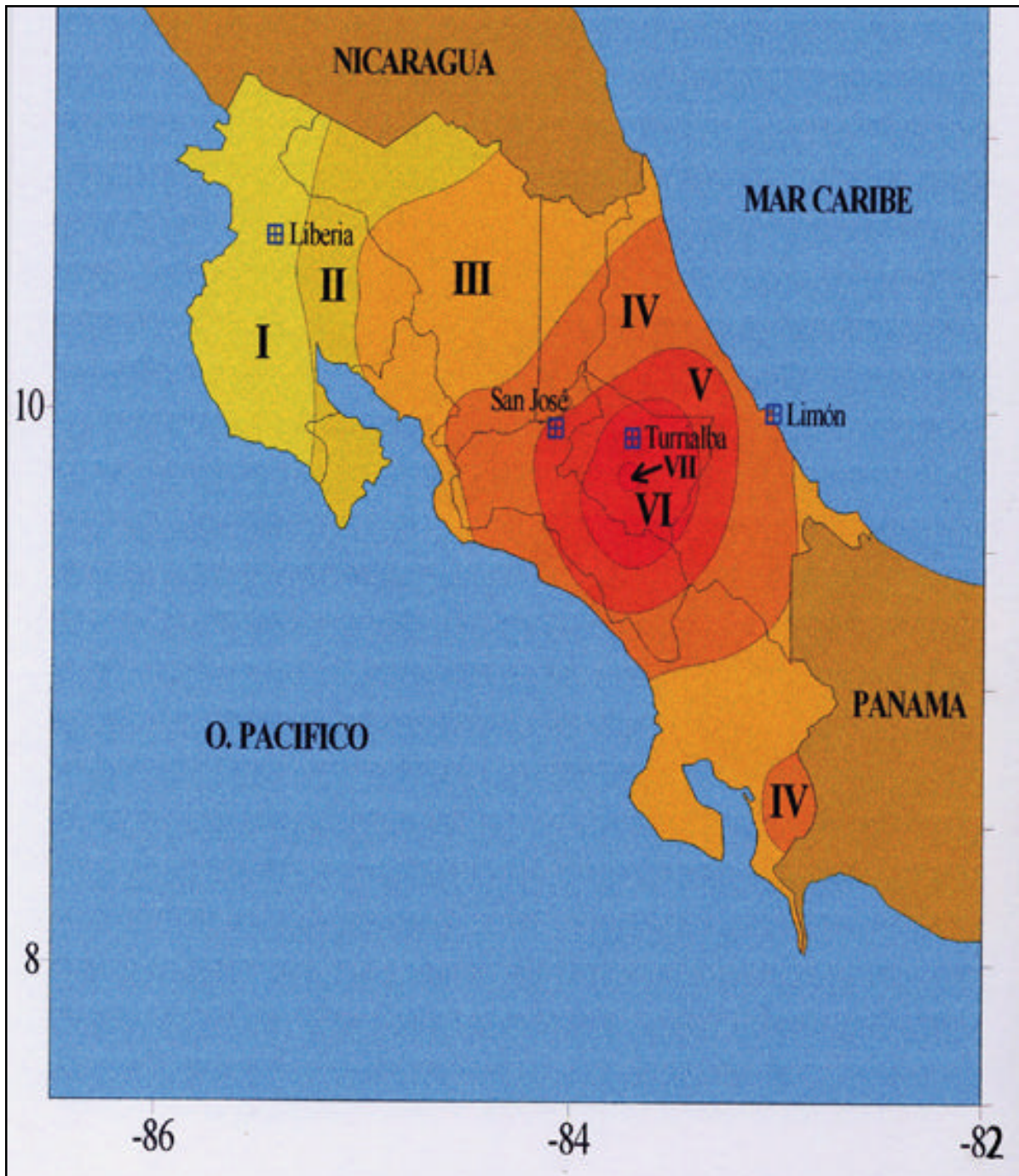
En julio de 1993 se desata una fuerte actividad sísmica el sistema de fallas Simarí, ubicado al sur de la comunidad de Pejibaye. El evento principal tuvo una magnitud de 5,3 en la escala Richter y fue seguido por muchos temblores con magnitudes de hasta 4,9. Estos sismos generaron intensidades de VII en la zona epicentral y produjeron daños en las comunidades de Pejibaye, Humo, Taus y Turrialba.



Recientemente, en febrero del 2001 la zona de Turrialba fue nuevamente sacudida por varios eventos sísmicos. El principal de ellos tuvo una magnitud de 4,6 y generó intensidades de IV-V en la ciudad de Turrialba. Estos sismos posiblemente se relacionan con la falla Turrialba que se localiza al suroeste de la ciudad (Montero et.al.,2001)

Mapa de intensidades del Sismo de Pejibaye del 10 de julio de 1993. La intensidad es un parámetro que describe los efectos de un sismo en un sitio determinado. Este sismo fue sentido con intensidades de VII y VI en la zona de Turrialba y alrededores

La interacción entre las placas Coco y Caribe, es otro fenómeno que ha afectado la zona de Turrialba. Este proceso provocó el sismo conocido como el terremoto de Turrialba, que ocurrió el 19 de noviembre de 1948. Este temblor tuvo una magnitud de 7,0, sin embargo, por ser un sismo que ocurrió a una gran profundidad (80 Km) generó pocos daños en la ciudad de Turrialba y en las comunidades aledañas (Boschini, 1989)



MANUSCRITOS EN PIEDRA

Unidades rocosas: Formaciones Geológicas en la región de Turrialba

La formación geológica es una unidad fundamental de clasificación estratigráfica, que pretende la delimitación y jerarquización de las rocas. Es una unidad litológica o sea rocosa, lo cual significa que representa y agrupa tipos de litologías particulares; por ejemplo, caliza, arenisca, brecha, o distintos tipos de rocas. Para que una formación geológica sea de utilidad, es esencial una completa descripción de todas sus características, como espesor, distribución geográfica, contenido de fósiles y relaciones estratigráficas con otras formaciones.

La formación recibe el nombre de la localidad geográfica (localidad tipo) donde está expuesta típicamente. Por ejemplo, la Formación Tuis, tomó su nombre de la localidad Tuis, ubicada 12 km al suroeste de la ciudad de Turrialba. Cuando una formación está constituida predominantemente por un tipo de roca, la litología se indica con el nombre, por ejemplo, Formación Calizas Punta Pelada; pero cuando se forma de varios tipos de litologías estratificadas se designa simplemente como una formación, por ejemplo Formación Senosri, constituida por lutitas, areniscas, calizas y brechas intercaladas.

En la región de Turrialba, específicamente en el área de la hoja topográfica Tucurrique (hoja 3 445 I, escala 1:50000 del IGN), se han reconocido al menos nueve formaciones geológicas distintas, las cuales representan gran parte de la secuencia estratigráfica de la cuenca geológica de Limón Sur.

En esta zona existe una secuencia de rocas, que forman un manuscrito en piedra de más de 6 000 m de espesor, el cual registra un fragmento de la his-

toria geológica de Costa Rica, de apenas 60 millones de años. Las rocas de las formaciones geológicas actúan como hojas pétreas que registran los eventos que han sucedido en el tiempo, y en el caso de Turrialba, expresan únicamente un pequeño capítulo del gran libro que representa la historia geológica de la Tierra, que se remonta a unos 4 600 millones de años. A continuación se describen las características fundamentales de estas formaciones geológicas.

UN EPISODIO DE LA HISTORIA GEOLÓGICA **Formación Tuis: Paleoceno y Eoceno** **(60-37 millones de años)**

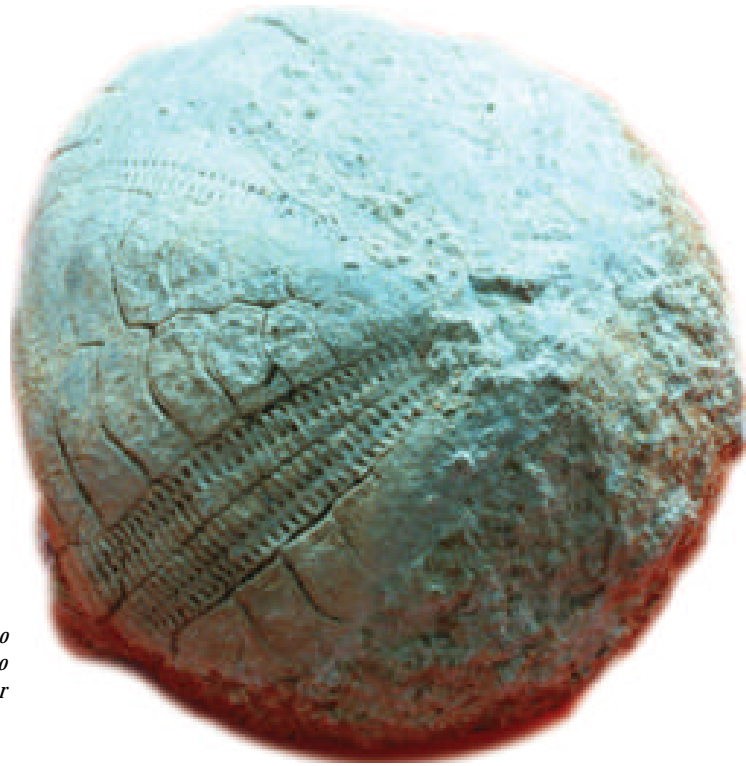
La Formación Tuis constituye la unidad estratigráfica más antigua de la región de Turrialba, abarcando gran parte de las rocas depositadas durante todo el Paleoceno y gran parte del Eoceno, en un episodio de la historia geológica que ocurrió entre 60 y 37 millones de años atrás (Bottazzi G. y otros, 1994: 351-391).

Agrupada principalmente rocas compuestas por partículas con diámetros mayores a 2 mm. De acuerdo con la forma de las partículas, se distinguen en brechas y conglomerados, las cuales están formadas por fragmentos angulares y redondeados, respectivamente. El origen de estas rocas está relacionado con la existencia de un arco de islas volcánicas, el cual aportó gran cantidad de materiales volcánicos a los mares. La mayoría de estos materiales se depositó en la angosta plataforma continental existente en el Paleoceno y posteriormente fueron removidos en forma de avalanchas, que fluyeron por las pendientes del talud continental.

Actualmente, los depósitos generados por estos eventos forman rocas consolidadas, como lutitas, areniscas, brechas y conglomerados, que se pueden observar en la margen derecha del río Pacuare y con mejores exposiciones, en los alrededores del poblado Tuis, el río Platanillo y en las quebradas Danta, Alcantarilla y Ganga (Fernández J.A.,1987). Estas rocas se disponen en forma de estratos o capas, que yacen una sobre otra, formando un gran paquete, el cual supera los 3 000 m de espesor en el área de Turrialba (Rivier F., 1973: 149-159).

Exposición rocosa de un conglomerado meteorizado de la Formación Tuis, en la margen derecha del río Reventazón





*Fósil de un Erizo
regular del Eoceno
Superior*

UN RELATO MÁS PRECISO DE LA VIDA **Formación Calizas Fila de Cal: Eoceno Medio Superior (50-37 millones de años)**

Con las rocas de la Formación Calizas Fila de Cal, aparecen los primeros fósiles en abundancia, suministrando un relato más continuo y preciso de la vida y ambientes existentes, a partir de su depositación en el Eoceno Medio Superior (entre 50 y 37 millones de años).

Está conformada predominantemente por calizas de color blanco, las cuales, poseen en la región de Turrialba un espesor que varía entre 100 y 200, y cubren parcialmente los depósitos de la Formación Tuis (Salazar A., 1985:132).

El origen de estas rocas está muy relacionado con el levantamiento de la cuenca, que permitió el desarrollo de extensas plataformas, en las cuales

las condiciones ambientales fueron estables, con aguas turbulentas pero sin turbidez, cálidas y oxigenadas (condiciones típicas de zonas tropicales, entre 30° N y 30° S del Ecuador).

La disminución en la actividad volcánica durante esta época, permitió que los mares recibieran menos sedimentos, por lo que las aguas fueron limpias, con luz y salinidad normal. Esta situación contribuyó con la instalación de grandes arrecifes en las zonas levantadas, por los cuales, esta época constituye el clímax de la sedimentación carbonatada, en la región centroamericana meridional (Calvo C., 1987:165).

En los ecosistemas formados, los foraminíferos y las algas fueron los principales organismos constructores; no obstante, el registro fósil evidencia la existencia de muchos otros grupos ecológicos funcionales, como corales, hidrozooos y gastrópodos. Muy representativa fue la presencia de foraminíferos, como *Asterocyclina marianensis*, *Asterocyclina asterisca*, *Asterocyclina mínima*, *Lepidocyclina (Pliolepidina) pustulosa* y *Lepidocyclina (Eulepidina) chaperi*. (Malavassi E., 1967: 12).

Sin embargo, los que dieron la mayor contribución a los depósitos generados fueron los macroforaminíferos del tipo nummulites (derivado del latín *nummus*, moneda, y del griego *lithos*, piedra) los cuales son foraminíferos gigantes (de hasta 4 cm de largo) que poseen un caparazón calcáreo, con forma lenticular, muy similar a la que poseen las monedas.

En nuestro país, esta formación se encuentra ampliamente distribuida, ya que incorpora a todas las formaciones geológicas que están constituidas por calizas con nummulites. En la región de Turrialba, por

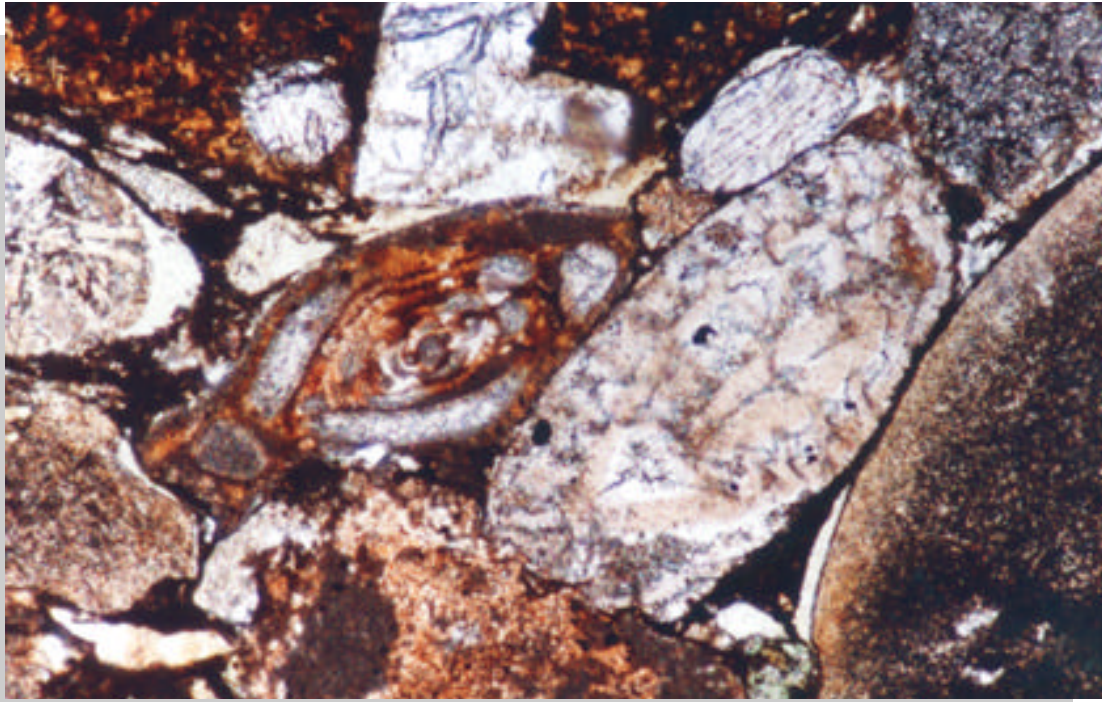
ejemplo, corresponde con las rocas que están expuestas en la cantera Las Ánimas y en algunos otros afloramientos situados a lo largo de la vía del ferrocarril y el cauce de los ríos Reventazón y Guayabo (Fernández J.A., 1987: 205).

Las Avalanchas Submarinas
Formación Senosri: Eoceno Medio al Mioceno
Inferior (50-22 millones de años)

Al igual que la Formación Tuis, la Formación Senosri se depositó en un mar abierto sobre el talud continental (a profundidades de 2000 a 4000 m), pero en este caso, ocurrió un gran aporte de los sedimentos existentes en las plataformas arrecifales (Formación Fila de Cal). Esta sedimentación ocurrió desde el Eoceno Medio al Mioceno Inferior, aproximadamente entre 50 y 22 millones de años atrás (Bottazzi G.,1994: 351-391).

*Conglomerado de la
formación Senosri*





Los depósitos resultantes provienen de avalanchas submarinas que fluyeron por el talud y corresponden principalmente a areniscas y brechas calcáreas, cargadas del material carbonatado de las plataformas, incluyendo macroforaminíferos, algas, bivalvos, partes de corales y fragmentos esqueléticos de otros organismos que vivían en zonas poco profundas, a menos de 200 m.

Fotografía de una sección delgada de una arenisca de la Formación Senosri (corte de roca de 0,03 mm de ancho), vista en el microscopio polarizante

Al mismo tiempo se acumularon lutitas, con foraminíferos microscópicos como: *Lepidocyclina* sp., *Discocyclina* sp., *Asterocyclina* sp., *Heterostegina* sp. y *Amphistegina* sp. (Rivier F., 1973: 149-159), las cuales provienen de la lenta y continua lluvia de sedimentos y organismos muertos, que cae desde el mar hasta las zonas profundas (como el talud y las cuencas marinas).

Todas estas rocas se encuentran estratificadas, es decir, se disponen en capas, una sobre la otra, formando un conjunto de estratos, que posee un espesor máximo de 700 m en la zona de Turrialba. Además, se encuentran depositadas sobre las rocas de la Formación Tuis.

La zona de Senosri, en territorio panameño, es la mejor localidad para estudiar estas rocas. No obstante, en la región de Turrialba pueden observarse en la margen izquierda del río Pacuare, desde la quebrada Sartén hasta el río Platanillo, y con buenas exposiciones en las quebradas Grande y Danta, en río Blanco y en la fila Asunción (Fernández J.A., 1987: 205).

LOS CORALES CONSTRUCTORES

Formación Calizas Punta Pelada: Oligoceno Superior al Mioceno Inferior (30-22 millones de años)

La Formación Calizas Punta Pelada se encuentra conformada predominantemente por una secuencia de calizas arrecifales, masivas y bioclásticas, además de ocasionales brechas clacáreas, areniscas y conglomerados, que en conjunto poseen un espesor de entre 20 y 40 m para la región de Turrialba. Estas rocas, se depositaron sobre la Formación Senosri, en un ámbito que se extiende desde el Oligoceno Superior al Mioceno Inferior, entre 30 y 22 millones de años atrás.

Esta formación representa un ambiente de plataformas con arrecifes de parche, los cuales poseen una distribución irregular y un pequeño tamaño de menos de 20 m² de área y 5 m de espesor. Estos ecosistemas se desarrollaron en zonas de poca profundidad (de unos 20 m) con influencia ocasio-

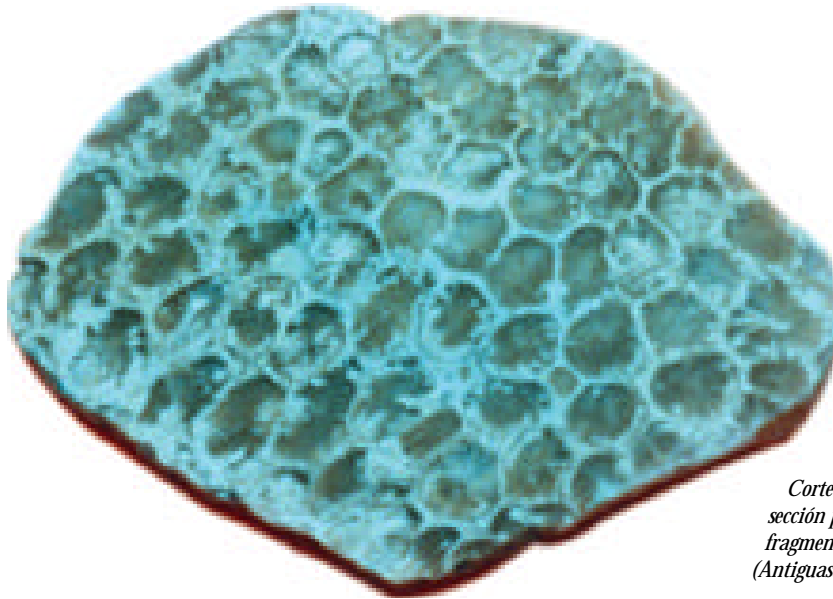


nal de corrientes fuertes y con aporte de materiales volcánicos desde el arco de islas (Aguilar T., 1997: 61).

Tortuga fósil (Archimys costarricensis) terrestre de edad presumible Eoceno Tardío u Oligoceno, hallada en Peralta de Limón

El poco desarrollo que lograron los arrecifes durante esta época, se debe posiblemente a que existían plataformas angostas, a la excesiva sedimentación producida por una fuerte actividad volcánica y a cambios en el nivel del mar, debidos a los levantamientos tectónicos que se produjeron. Por ello, los arrecifes estuvieron constituidos por comunidades de reducida diversidad, incluyendo solamente tres especies de constructores, a diferencia de otros arrecifes del Oligoceno, como los de Puerto Rico, con 14 géneros, o como los actuales del Caribe, con 80 especies conocidas.

Junto con los corales constructores (principalmente *Antiguastrea cellulosa*), se han encontra-



*Corte de un coral:
sección pulida de un
fragmento de colonia
(Antiguastrea cellulosa)*

do 31 especies de moluscos (21 de gastrópodos y 10 de bivalvos), algas (de por lo menos tres grupos), equinodermos, foraminíferos y crustáceos. Entre los fósiles macroscópicos destacan por su abundancia los corales (40%), seguido por las algas calcáreas (30%) y los moluscos (20%) y en menor cantidad, restos de cirripedios, decápodos, equinoideos y briozoos (Aguilar T., 1999: 453-474).

La localidad tipo de esta formación se encuentra en la zona de Punta Pelada, en la provincia de Guanacaste, aunque también posee buenas exposiciones en la zona de Turrialba, sobre todo a la entrada del caserío Jesús María, en la plaza del caserío San Martín y en el terreno de la Casa de Máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Angostura.

ROCAS SUAVES Y AZULADAS

Formación Lutitas Uscari: Mioceno Inferior al Mioceno Superior (22-6 millones de años)

La Formación Lutitas Uscari cubre con un cambio transicional a las rocas de la Formación Senosri y lateralmente se presenta transicional con algunas rocas de la Formación Río Banano, la cual se depositó al mismo tiempo (Fernández J.A., 1987:205).

Esta caracterizada por rocas de granulometrías finas, es decir, rocas constituidas por partículas con diámetros menores a 2 mm. Predominantemente incluye lutitas calcáreas, azuladas y suaves (Olsson, 1922), las cuales se encuentran estratificadas con algunas areniscas de grano fino y ocasionales conglomerados. Este conjunto de rocas posee un espesor de



Pecten sp. de la Formación Uscari



*Estratos plegados de la formación
Uscari, en el río Guayabo*

1000 m en la región de Turrialba y cubren un ámbito de edad que va del Mioceno Inferior al Mioceno Superior, aproximadamente entre 22 y 6 millones de años (Bottazzi G., 1994: 351-391).

Estas rocas se depositaron en la plataforma continental, en una zona con gran cantidad y diversidad de organismos, y caracterizada por aguas iluminadas, oxigenadas y sujetas a la influencia de las olas, tormentas y corrientes marinas.



Fusus sp.
Formación Uscari

Es común encontrar comunidades fósiles (como en el Alto de Guayacán, a unos 20 km al noroeste de la ciudad de Turrialba), conformadas predominantemente por bivalvos endobentónicos (como *Nucula* aff. *mirada*) y algunos gastrópodos, espinas de erizos e incluso muchos icnofósiles o trazas de la actividad de los organismos en el sustrato (Aguilar T., 1993: 51-60).

En las lutitas es frecuente encontrar pequeños foraminíferos, como por ejemplo: *Globigerina*, *Textularia*, *Lagena*, *Nodosaria* y *Miliola*. Algunos moluscos reconocidos son: *Volvula cylindrica*, *Cancellaria islacolonis*, *Scaphella costaricana*, *Fasciolaria tulipa*, *Ptychosalpinx dentalis*, *Malea elliptica*, *Chlorostoma (Neomphalus) costarricensis*, *Dentalium (Fissidentalium) uscarianum*, *Clementia duriena*, *Chione (Lirophora) hotelensis*, y *Semele claytoni* (Olsson, 1922).

Un rasgo importante es el hallazgo de dientes del tiburón *Isistius triangulus* (en Alto Guayacán), los cuales corresponden al segundo hallazgo de esta especie en América (el primero fue en Ecuador). Este tiburón es de pequeño tamaño (30 a 40 cm), posee un esqueleto sobrecalcificado y es habitante de los océanos tropicales (Laurito C.A., 1996: 87-92).

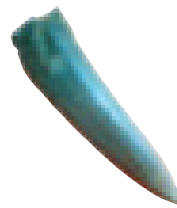
Esta formación presenta afloramientos aislados en el cauce superior del río Pacayitas y en las quebradas Grande, Danta, Sartén y Ganga, de la margen izquierda del río Pacuare. De igual forma,

está expuesta en la mayoría de los ríos y quebradas afluentes del río Reventazón, en el área comprendida entre el río Guayabo y cerca del límite norte de la hoja topográfica Tucurrique, en los ríos Guayabo, Lajas, Chitaría, Cacao y Colima (Fernández J.A., 1987: 205).

La localidad tipo se encuentra en la quebrada Uscari, a 60 km al oeste de la boca del río Sixaola (Hoffstetter R. 1960: 368), aunque en la región de Turrialba posee afloramientos muy representativos en el río Guayabo y en las quebradas Grande y Ganga.



Dientes de tiburón



EL MAR DEL MIOCENO

Formación Río Banano: Mioceno al Plioceno (11- 3 millones de años)

Los sedimentos de esta formación fueron depositados sobre las rocas de la Formación Lutitas Uscari, en un ambiente marino somero (en estuarios, deltas, llanuras de marea y abanicos deltaicos), en el cual las partículas están sujetas a una intensa acción hidrodinámica, por medio de las olas, las corrientes marinas y las tormentas. Estos depósitos ocurrieron durante la última parte del Mioceno y la parte inicial del Plioceno, aproximadamente entre 11 y 3 millones de años atrás (Bottazzi G. 1994: 351-391).

Las rocas generadas corresponden principalmente con areniscas, lutitas y conglomerados, todos compuestos por material clástico de origen volcánico y calcáreo (microfósiles). Estas litologías se encuentran estratificadas, y forman un gran paquete que posee un espesor mínimo de 200 m para la re-

Laminación cruzada en las areniscas de la formación Río Banano, casa de máquinas, P.H Angostura.



gión de Turrialba. Muy frecuentemente poseen estructuras sedimentarias, principalmente ondulitas (ripples), laminación paralela y laminación cruzada.

Los fósiles más sobresalientes corresponden a dientes de grandes tiburones del Mioceno (*Carcharocles megalodon*), los cuales alcanzaron longitudes de hasta 20 m. Además se encuentran partes de peces (*Sparus aurarus*), espinas de erizos, macroforaminíferos, nódulos de algas y fragmentos de corales, ostras y péctines. También son comunes las trazas de organismos (icnofósiles), tipo *Ophiomorpha* y *Thalasinoides* atribuidas a la actividad de cangrejos (Laurito, C.A., 1996: 87-92).

Estratos de arenisca de la formación Río Banano en los alrededores de casa de máquinas P.H. Angostura



Esta formación se puede observar expuesta en el río Tuis, en el curso medio de las quebradas Grande y Gata, en el área de Linda Vista y en los alrededores de Casa de Máquinas en la Planta Hidroeléctrica Angostura. La localidad típica se encuentra en el curso inferior del río Banano y río Peje, en la provincia de Limón.

SECUENCIA DE ROCAS ÍGNEAS

Formación Guayacán: Plioceno (5 millones de años)

Incluye la secuencia de rocas ígneas, que fueron eruptadas a lo largo de posibles fracturas, hace aproximadamente 5 millones de años (Cervantes J.F., 1988: 19-26).

Agrupar principalmente un conjunto de 25 coladas de basaltos (de 3 a 12 m de espesor) y las rocas hipobasales alcalinas que intruyen la secuencia sedimentaria anteriormente depositada (formaciones Tuis, Senosri y Uscari).

Este conjunto de rocas conformó una plataforma emergida de 700 m de espesor, que posteriormente fue cubierta por sedimentos de la parte superior de la Formación Río Banano. Actualmente se puede observar en algunos tramos del río Pacuare y en los alrededores de Guayacán y Siquirres.

EL PODER DE LA EROSION

Formación Suretka: Plioceno (5-2 millones de años)

Las rocas de la Formación Suretka tipifican el inicio de una sedimentación eminentemente continental, cuya depositación, ocurrida durante la época Pliocena (entre 5 y 2 millones de años), está relacionada con el retrabajo y transporte de masas terrestres expuestas a la erosión.

Consiste principalmente en conglomerados fluviales o aluviales, con partículas que incluyen un amplio ámbito de tamaño, desde arcillas (con diámetros menores a 0,004 mm) hasta bloques de más de un metro de diámetro. La composición de los bloques es predominantemente volcánica, por ejemplo, andesitas piroxénicas, andesitas con anfíbol y basaltos y ocasionalmente es intrusiva.

Estas rocas poseen un espesor de 1500 m aunque en el área de la Planta Hidroeléctrica Angostura, el espesor es de sólo 60 m. Además, cubren parcialmente las rocas de las formaciones Senosri, Uscari y Río Banano.

En algunos pozos perforados en la cuenca de Limón Sur, se han encontrado fósiles como los dinoflagelados *Crassoretitriletes vanraddshooveni*, *Lingulodinium* sp. B, *Operculodium israelianum*, *O. wallii* y *Polysphaeridium* sp. C, y los palinomorfos *Bombacacidites bellus* y *Kuylisporites waterbolkii* (Pizarro D., 1993: 81-58).

*Formación Suretka en las
cercanías de casa de máquinas,
P.H. Angostura*



En la región de Turrialba, esta formación se puede observar expuesta en la fila Asunción, La Suiza y en los alrededores de la PHA. El nombre deriva de la población de Suretka, actualmente abandonada, situada 40 km al oeste de la boca del río Sixaola (Hoffstetter R., 1960: 368).

**DE BRECHAS
Y CONGLOMERADOS VOLCÁNICOS**
Formación Doán: Plioceno (5-2 millones de años)

El origen de las rocas de la Formación Doán es eminentemente volcánico, y fueron depositadas principalmente a partir de coladas de lava y flujos laháricos, producidos bajo condiciones aluviales. El Cerro Doán, Cerro Silencio y alguna estructura volcánica en las cercanías de Angostura, son sugeridos

Sitio de la tubería de presión, tanque de oscilación y casa de máquinas. Ríos Reventazón e Izarco,



como las posibles fuentes de estos eventos (Alvarado G.E., Pérez, W, 1999: 150-167), los cuales ocurrieron posiblemente en el Plioceno, entre 5 y 2 millones de años (Escalante G., 1966: 59-69; Berrangé J.P. 1977: 72)

Geográficamente está distribuida desde el cerro Pilón de Azúcar (hoja topográfica Tucurrique) al cerro Cruces (hoja topográfica Istarú) y entre el río Villegas y finca Belén (hoja topográfica Tapantí). (Krushensky R.D., 1976: 127-134). Posee afloramientos en la parte central y la esquina inferior izquierda de la hoja topográfica Tucurrique, en las quebradas Cacao, Chitaría, Jabillos, La Flor, Camacho e Izarco (Madrigal, 1985) y en el área de la Planta Hidroeléctrica Angostura.

Litológicamente, consiste de brechas y conglomerados volcánicos con ocasionales depósitos de tobas. Además, incluye brechas con bloques de lavas de hasta 3 m (mesobrechas volcánicas), contenidos en una matriz de granulometría arenosa. En la localidad típica (ubicada en el Cerro Doán–Congo, al este de Orosi) consiste en una toba clara, sobre la que se encuentra una brecha masiva y un conglomerado con intercalaciones y lentes de toba de lapilli, andesitas y lavas basálticas (Alvarado G.E., Leandro C.E., 1997).

El espesor de estas rocas es de aproximadamente 500 m en el área de Turrialba llegando posiblemente hasta los 800 m en los alrededores de la localidad tipo. (Krushensky R.D., 1972: 46). Esta formación cubre parcialmente las formaciones de rocas sedimentarias marinas (como Uscari y Río Banano) y la Formación Suretka (Fernández J.A., 1987: 205).

UN GRAN VOLCAN ACTIVO
Rocas del Volcán Turrialba:
Pleistoceno Holoceno (0,5 millones de años)

Los depósitos relacionados con el volcán Turrialba empezaron a acumularse sobre la compleja y deformada secuencia sedimentaria, desde hace medio millón de años. A partir de ese momento y hasta la actualidad, este volcán ha tenido muchos episodios eruptivos, que han generado principalmente coladas de lava, cenizas y bloques, cuyos depósitos conforman el edificio estratovolcánico del macizo Turrialba.

Las rocas son principalmente andesitas basálticas y andesitas y en menor proporción, basaltos olivínicos. Los flujos piroclásticos del cono del

Area de deslizamiento alrededor puente Angostura, juntamente en los depósitos de la denominada Brecha de Angostura





son andesíticos, con líticos y bombas centimétricas a decimétricas, contenidos en una matriz de cenizas. También se han identificado depósitos de oleadas piroclásticas, piroclastos de caída y lahares (Soto G.J., 1988:163-175).

Volcán Turrialba

Uno de los depósitos más ampliamente distribuido, es la denominada Brecha Angostura, de unos 80 m de espesor, que consiste de cantos rodados y bloques angulares de lavas y ocasionalmente areniscas y fragmentos de calizas, contenidos en una matriz formada por cenizas y barros volcánicos. Este depósito se produjo a raíz de un enorme deslizamiento volcánico, hace aproximadamente 17 000 años y puede

reconocerse a lo largo del valle del río Turrialba, en la zona de la PHA y en la confluencia de los ríos Tuis y Reventazón (Alvarado G.E., Leandro, C.E., 1997).

Al momento de este megadeslizamiento, grandes mamíferos hoy día extintos, vagaban por los valles de lo que hoy día es Costa Rica, entre ellos, mastodontes, elefantes, gliptodontes, toxodontes, megaterios, y muchos otros más.

Otro evento de avalancha volcánica posiblemente más reciente (unos pocos miles de años de antigüedad) se observa muy bien en los alrededores de la población Santa Rosa, 2 km al noreste de la ciudad de Turrialba) donde una serie de lomas caóticas compuestas por bloques de lava de diversa composición dejan entrever la magnitud del evento (Alvarado G. E., 2000: 269).

En los últimos 3 500 años, se han verificado al menos seis eventos explosivos de importancia en el Turrialba, del más antiguo al más reciente se reconocen: 1420 a.C., 800 a.C., 50 d.C., 650 d.C., y finalmente el ciclo de actividad ocurrido entre setiembre de 1864 y febrero de 1866, (Alvarado G.F., 2000: 269) durante el cual el volcán arrojó cenizas que fueron arrastradas por los vientos alisios del este y cayeron en San José, el Valle Central Occidental y hasta en Puntarenas.

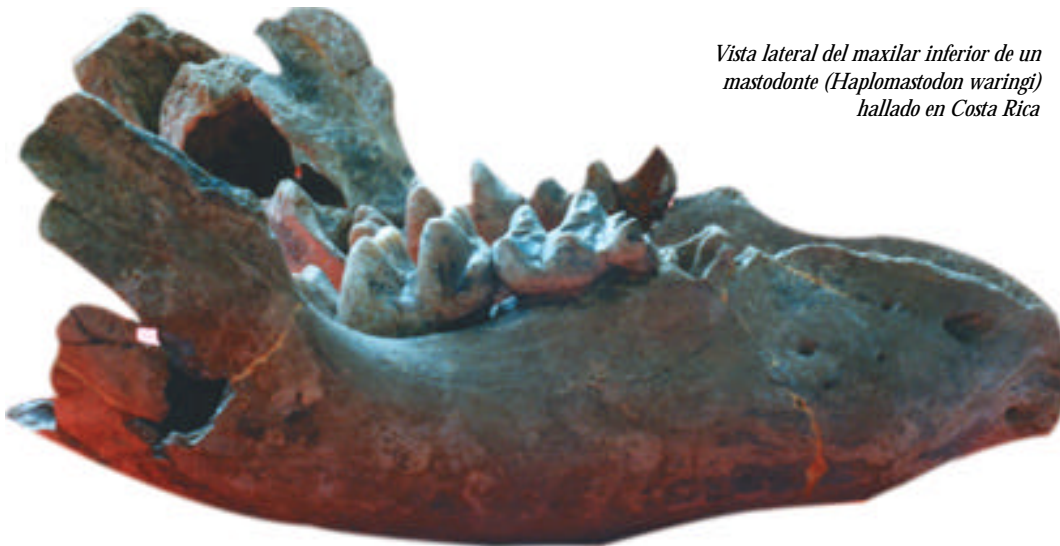
Desde 1866 al presente, sólo ha habido actividad solfatárica en los cráteres central y SW, produciendo precipitados de azufre.

EN EL ÁREA DE LA PLANTA ANGOSTURA Depósitos Superficiales Recientes: Holoceno (11 000 años)

Los depósitos superficiales recientes corresponden con sedimentos depositados durante la época Holocena (últimos 11 000 años). En la zona de Turrialba, poseen una gran distribución en los valles de los ríos Reventazón, Pacuare, Turrialba, Pejibaye, Atirro, Tuis y Guayabo.

Generalmente estos depósitos son inconsolidados y están constituidos por partículas que varían en un amplio ámbito granulométrico, desde arcillas hasta cantos rodados.

Dentro de estos depósitos es frecuente el hallazgo de piezas arqueológicas utilizadas por los amerindios, que como pequeños grupos de cazadores y recolectores de frutas, merodiaban en los valles y vegas del actual territorio turrialbeño.



*Vista lateral del maxilar inferior de un
mastodonte (Haplomastodon waringi)
hallado en Costa Rica*

Los depósitos superficiales recientes son particularmente importantes desde el punto de vista social y económico, ya que sobre ellos se asienta la ciudad de Turrialba y los principales cultivos de la zona: la caña de azúcar y el café. Además, gran parte de la P.H.A se localiza sobre sedimentos holocenos, por lo que fueron objeto de especial atención durante los cuidadosos estudios que realizaron geólogos e ingenieros del ICE, antes y durante la construcción del majestuoso proyecto. Sólo en la zona del P.H.A se identificaron depósitos holocenos de tipo coluvial, aluvial y lacustre.

Los depósitos recientes cubren todas las formaciones geológicas anteriormente descritas

Excavación en materiales de deslizamiento en el tramo final del túnel cerca del tanque de oscilación como parte de los trabajos de construcción de P.H.A





Páginas perdidas en el tiempo

Historia geológica

Con base en las unidades de roca anteriormente descritas y su disposición espacial y temporal, podemos reconstruir la historia de formación de las rocas que hoy constituyen los cerros que circundan al valle de Turrialba y alrededores.

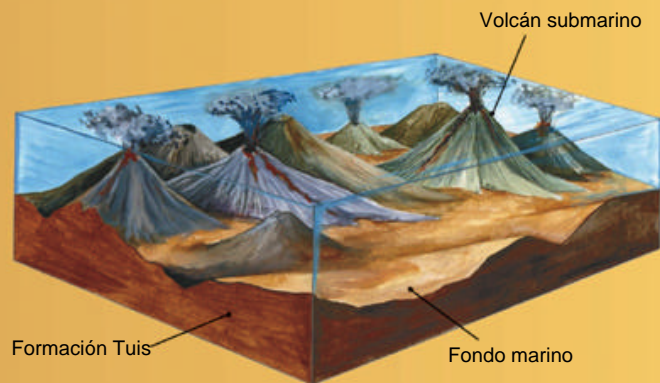
Al igual que la historia humana, la historia geológica relata los eventos que han sucedido en el tiempo, con una interpretación de sus causas y sus relaciones. Sin embargo, muchas de las páginas de esta historia, en nuestro caso, estratos de roca, se en-

cuentran perdidas en el tiempo, pues no están expuestas en la superficie, o están muy deformadas por la tectónica, lo cual dificulta determinar un registro completo de la evolución geológica.

Desde hace unos 75 millones de años, el territorio costarricense ocupa aproximadamente la misma posición geográfica. Desde ese momento, comienza la historia del relleno sedimentario para la cuenca de Limón Sur; sin embargo, en la región de Turrialba se inicia más de 15 millones de años después, durante el Paleoceno (entre 65 y 37 millones de años), con la depositación de las brechas y conglomerados de la Formación Tuis.

Paleoceno-Eoceno Medio 60-44 millones de años

En este periodo como consecuencia de la actividad eruptiva de una serie de volcanes submarinos, se origina la depositación de las rocas más antiguas reconocidas hasta hoy en Turrialba: las brechas y conglomerados de la Formación Tuis. El material que fue continuamente expulsado por los volcanes se depositó en el fondo marino junto con los sedimentos provenientes del asentamiento de detritos y organismos que cayeron desde zonas menos profundas. Esta sedimentación es lenta y permanente en los océanos.



El origen de estas rocas, las más antiguas reconocidas hasta hoy en Turrialba, estuvo muy influenciado por el desarrollo de un arco de islas volcánicas, con el cual se

inició una fuerte actividad eruptiva, que aportó gran cantidad de material volcánico hasta los mares de ese momento. Continuamente el material sedimentario aportado fue removido, primero por los ríos y deslizamientos de tierra, y una vez en el mar, por derrumbes submarinos. Eso generó que grandes volúmenes de sedimentos fueran puestos repentinamente en suspensión y fluyeran en forma turbulenta por las laderas submarinas de las islas.

Estos acontecimientos pudieron originarse por la acción de sismos y por la inestabilidad propia de los depósitos recientemente aportados desde el arco de islas. Junto con los depósitos de grano grueso, generados por estos eventos, se acumularon sedimentos de grano fino. Estos provinieron del asentamiento de detritos y micro-organismos muertos, que caen desde zonas menos profundas, hasta zonas con más profundidad (como el talud y las cuencas marinas). Esta sedimentación es lenta y permanente y se produce en condiciones de completa oscuridad, quietud y bajas temperaturas.

Los derrumbes submarinos y la sedimentación en el fondo del mar abierto continuaron durante el Eoceno Inferior (entre 54 y 50 millones de años). Adicionalmente, a raíz de esfuerzos tectónicos se produjo un levantamiento general de la cuenca de sedimentación y fallas geológicas, que igualmente contribuyeron a elevar zonas más restringidas.

Una disminución del vulcanismo, cerca del Eoceno Medio y Superior (entre 45 y 35 millones de años) permitió que estas áreas levantadas fuesen colonizadas por extensos cuerpos de coral, los cuales se dispersaron sobre las rocas de la Formación Tuis.

La gran distribución que adquirieron estos cuerpos hizo de esta época el clímax de la sedimentación carbonatada en la región centroamericana meridional, clímax que actualmente está representado por las rocas de la Formación Calizas Fila de Cal, expuestas en forma particular en el tajo Las Animas (al NW de la ciudad de Turrialba).

Las particularidades ambientales que permitieron la configuración de arrecifes orgánicos, durante el final del Eoceno, caracterizaron condiciones muy estables, en las cuales los organismos construyeron una masa sólida de carbonato de calcio (CaCO_3), cerca o en la superficie del océano, en zonas con aguas limpias, cálidas (entre 18 y 23°C), oxigenadas, con turbulencia pero sin turbidez, bien iluminadas y con salinidad normal. Actualmente, estas condiciones son comunes en las plataformas continentales localizadas entre 30° N y 30° S del Ecuador, siendo una evidencia paleoambiental de la posición tropical de Costa Rica durante esa época.

Junto con las construcciones calcáreas de los corales, vivía una fauna muy numerosa de moluscos, algas, hidrozoos y protozoarios. Los macroforaminíferos muertos, especialmente los nummulites, dieron una contribución importante a los depósitos generados.

A partir del Eoceno Medio y hasta el Oligoceno Superior (entre 45 y 22 millones de años atrás) se produjo una fuerte erosión de las plataformas con arrecifes. Esta situación originó el movimiento de grandes cantidades de material calcáreo por el talud continental y hasta las áreas del centro de la cuenca (a profundidades mayores a los 1000 m). Los depósitos producidos (abanicos submarinos) estaban cargados del material carbonatado de las plataformas y actualmente conforman areniscas

Eoceno Superior-Oligoceno Superior 44-24 millones de años

Debido a movimientos tectónicos, en este periodo, se produjo un levantamiento general en la zona y por ello las áreas que sufrieron esos cambios, aun sumergidas, fueron colonizadas por extensos cuerpos de coral, los cuales se dispersaron sobre las rocas de la Formación Tuis. La gran distribución de los arrecifes hace de esta época el clímax de la sedimentación carbonatada en la región centroamericana, particularmente representada en la formación Fila de Cal. Además de los corales, vivía una fauna muy abundante de moluscos, algas, hidrozoos y protozoarios.

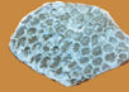
Erizo regular



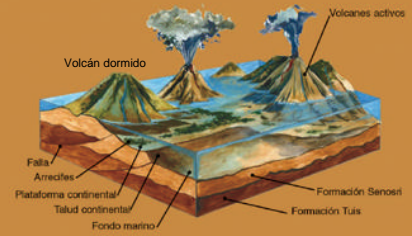
Tortuga fósil



Fragmentos de dientes de tiburón



Fragmento de coral



y brechas calcáreas con foraminíferos macroscópicos, algas, bivalvos, partes de corales y fragmentos esqueléticos de otros organismos que vivían en zonas menos profundas.

Al mismo tiempo, se acumulaban barros ricos en conchas de foraminíferos microscópicos, provenientes de la lenta y continua depositación de sedimentos en el mar abierto. Este grupo de sedimentos, una vez litificados, conformó las lutitas y areniscas fosilíferas de la Formación Senosri, que se depositó discordantemente sobre las rocas de la Formación Tuis.

En el Oligoceno Superior (hace aproximadamente 25 millones de años) se produjo una drástica caída del nivel del mar, la cual dejó parcialmente expuestas las plataformas continentales. Posteriormente y hasta el Mioceno Inferior (entre 25 y 20 millones de años), nuevamente se desarrollan arrecifes, pero a diferencia de los del Eoceno Superior,

estas construcciones orgánicas estuvieron caracterizadas por poseer una extensión muy reducida (menos de 25 m² de área superficial), una distribución irregular y por estar constituidas por comunidades de reducida diversidad, incluyendo principalmente especies de corales, gastrópodos, bivalvos, algas y foraminíferos.

Los cuerpos arrecifales estuvieron instalados en zonas de poca profundidad, sometidos a la acción hidrodinámica de las olas. Esta condición es importante, ya que las olas, aunque rompen los arrecifes en fragmentos, contribuyen con la producción de aguas oxigenadas y con la remoción de sustancias nutritivas, indispensables para el desarrollo de los organismos de esta comunidad marina.

Adicionalmente se produjo una intensa actividad volcánica, que aportó gran cantidad de sedimentos desde el arco volcánico. Esta situación, junto con la existencia de plataformas continentales angostas y los cambios en el nivel del mar (debido a levantamientos tectónicos), no permitieron el completo desarrollo de estos arrecifes. Actualmente, estos parches arrecifales, que conforman la Formación Punta Pelada se presentan muy bien expuestos en los poblados de Jesús María y San Martín.

Al llegar el Mioceno Inferior y Medio (entre 23 y 12 millones de años) la cuenca subsidió, es decir, comenzó a hundirse y el arco volcánico continuó con gran actividad. Consecuentemente, los parches arrecifales del Oligoceno Superior, empezaron a ser cubiertos por un relleno sedimentario, que se inició con la depositación de materiales sedimentarios y volcánicos en la plataforma continental y culmina con la acumulación de sedimentos costeros.

Las lutitas y areniscas de la Formación Uscari representan esta sedimentación, que ocurrió en la zona nerítica, localizada desde el límite de la marea más baja, hasta el cambio de la pendiente en el extremo de la plataforma continental, a unos 200 m de profundidad. Los sedimentos depositados en esta zona estuvieron sujetos a la acción de las olas y las corrientes de mareas, las cuales fueron capaces de mover y clasificar los sedimentos del fondo. Por esta razón, es común encontrar estructuras sedimentarias en la Formación Uscari, ya que los sedimentos estuvieron sometidos a corrientes bidireccionales, que generaron estructuras sedimentarias como ondulitas (ripples) y laminación cruzada.

La penetración de la luz solar permitió el crecimiento de algas y otras formas de vida vegetal. Además, la plataforma continental (zona nerítica) fue el hogar de una gran variedad de faunas marinas, como tiburones (por ejemplo, *Isistius triangulus*), moluscos (bivalvos endobentónicos), equinodermos y protozoarios, que actualmente pueden encontrarse en estos sedimentos, como formas fósiles o como trazas de su actividad en el sustrato blando (icnofósiles).

El Mioceno Superior (entre 11 y 5 millones de años) se inicia con el levantamiento de la Cordillera de Talamanca y con el desarrollo de un complejo sistema de fallas geológicas, que inducen la emergencia de gran parte de la cuenca de Limón Sur. Estas condiciones tectónicas permitieron la exposición de masas continentales, las cuales fueron erosionadas y eventualmente retrabajadas y transportadas al mar.

Mioceno Inferior- Plioceno 24-1,6 millones de años

En este periodo se produce el levantamiento de la Cordillera de Talamanca y el desarrollo de un complejo sistema de fallas geológicas que inducen la emisión de gran parte de la cuenca de Limón Sur. Durante esta fase la fauna marina fue muy diversa incluyendo grandes tiburones de hasta 20 m de longitud (*Carcharocles megalodon*) y especies de erizos macroforaminíferos, algas, corales, ostras y péctines. Al finalizar el periodo la región tiende a rellenarse de sedimentos y a elevarse produciendo la unión de todas las islas volcánicas y, con ello, el cierre definitivo del istmo centroamericano hace unos 3,5 millones de años.



Dientes de tiburón.



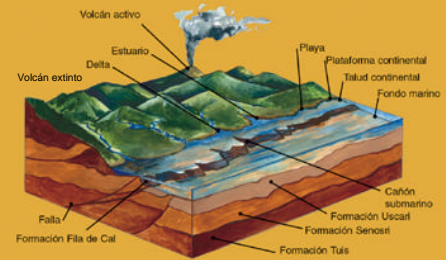
Pecten sp.



Meoma sp.



Fusus sp.



Todo el material que llegó a la desembocadura de los ríos contribuyó a la formación de deltas o conos de sedimentos, los cuales se propagaron sobre la plataforma, cubriendo parcialmente los sedimentos de la Formación Uscari. La fauna marina fue muy diversa, e incluía grandes tiburones de hasta 20 m de longitud (*Carcharocles megalodon*), erizos, macroforaminíferos, nódulos de algas, corales, ostras y péctines.

Las rocas generadas en los deltas, corresponden principalmente con las lutitas, areniscas y conglomerados, todos muy ricos en materia orgánica continental, que conforman la base de la Formación Río Banano.

En el Plioceno (entre 5 y 2 millones de años) continuaron produciéndose esfuerzos tectónicos que dieron como resultado el desarrollo de de-

presiones o pequeñas cuencas, en las áreas intermontanas o marinas poco profundas. La erosión y el retrabajo de material continental continuaba, y los sedimentos eran transportados hasta los lagos y bahías instalados en las zonas deprimidas. De este modo, se formaron abanicos deltáicos, hoy día representados principalmente por rocas como: conglomerados, areniscas y lutitas ricas en carbón, asociadas a la parte superior de la Formación Río Banano.

Esta sedimentación fue interrumpida, hace unos 4 ó 5 millones de años, por una intensa actividad efusiva, que generó, a partir de fracturas en la corteza, una serie de coladas de basaltos alcalinos. Estos fluyeron sobre las zonas continentales, formando una extensa plataforma rocosa emergida, de hasta 700 m de espesor. Además, rocas ígneas alcalinas cortaron como chimeneas la secuencia sedimentaria anteriormente depositada (formaciones Tuis, Senosri y Uscari).

Al final del Plioceno (hace aproximadamente 3,5 millones de años), abanicos deltáicos cubrieron las rocas volcánicas anteriormente derramadas. En este momento cesa la depositación marina y la región tiende a rellenarse de sedimentos y a elevarse, produciendo la unión de todas las islas volcánicas, y con ello, el cierre definitivo del istmo centroamericano.

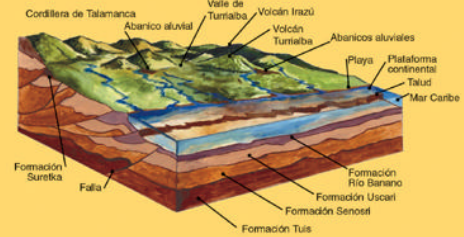
Al quedar las zonas emergidas expuestas a la acción de la lluvia y el viento, comenzaron a removerse a través de los ríos, gran cantidad de sedimentos continentales y a depositarse en forma de abanicos aluviales, en las bocas de los cañones montañosos. Los conglomerados y brechas de las formaciones Suretka y Doán tipifican esta sedimentación y vulcanismo continental.

Pleistoceno-Holoceno 1,6 millones al presente

Hace medio millón de años comienzan a depositarse los primeros materiales expulsados por el Volcán Turrialba. A partir de ese momento se han producido diversos eventos eruptivos y enormes avalanchas como la que cubrió gran parte del Valle de Turrialba hace 17 000 años. Este tipo de eventos han configurado, a través de los años, el relieve actual del lugar. La última actividad importante del volcán ocurrió entre setiembre de 1864 y febrero de 1866. En la actualidad los depósitos recientes son originados por procesos erosivos que remueven los materiales y los transportaron a través de los ríos y laderas. Estos sedimentos están acumulados principalmente en los valles de los ríos Reventazón, Pacuare, Turrialba, Pejibaje, Atirro, Tuis y Guayabo.



Mandíbula de un mastodonte



Hace medio millón de años, comenzaron a depositarse sobre la espesa y deformada secuencia sedimentaria, los primeros productos relacionados con el incipiente macizo del volcán Turrialba. A partir de ese momento, una serie de eventos eruptivos produjeron, principalmente coladas de lava y flujos piroclásticos, que configuraron el edificio del estratovolcán, coronado por el actual volcán Turrialba (de 3340 m s n m).

A lo largo de las fracturas del volcán Turrialba, se han instalado conos piroclásticos, se han erupado coladas de lava y además se han producido enormes deslizamientos, como el ocurrido hace 17 000 años, que cubrió gran parte del valle de Turrialba y generó los depósitos de la denominada Brecha Angostura. Los troncos de madera encontrados dentro de este depósito fueron transportados por el gran deslizamiento volcánico, desde una zona de bosques de altura (enriquecidos en robles), que pudo ubicarse en el flanco sureste del volcán Turrialba, entre 1 800 y 2 000 metros sobre el nivel del mar.

Este acontecimiento ocurrió en pleno apogeo del período glacial, en el cual la temperatura se redujo unos 5° C, es decir, hace unos 11 000 años, el clima de Angostura lo que hoy día es y Turrialba, variaba aproximadamente entre 22° C y 13° C. En este período el volcán Turrialba pudo estar coronado por la nieve.

Al final de la última glaciación, merodeaban por los valles, sabanas y bosques, grandes mamíferos hoy día extintos, tales como: mastodontes, gliptodontes, toxodontes y megatorios, entre muchos otros más.

Hace unos 10 mil años se produjo el último retroceso glacial en Costa Rica, generando un cambio climático de frío y seco a cálido y húmedo, el cual permanece hasta la actualidad, con temperaturas que varían anualmente entre 26,8° C y 17,8° C, para un promedio anual de 22,1° C. Aproximadamente en esa época, existió un lago en la zona del PHA.

Los depósitos más recientes correspondieron a los originados por procesos erosivos que remueven los materiales y los transportan a través de las laderas y los ríos. La acumulación de estos sedimentos generó los depósitos aluviales y lacustres, que se encuentran distribuidos predominantemente en los valles y llanuras aluviales de los ríos Reventazón, Pacuare, Turrialba, Pejibaye, Atirro, Tuis y Guayabo.

Posteriormente, erupciones volcánicas, deslizamientos en las laderas inestables, inundaciones y la formación de lagos, así como el fallamiento con los terremotos, vinieron a imprimir al actual valle de Turrialba su bella y conspicua morfología. Así, la antesala de suelos fértiles, bañados en aguas y ricos en fauna y flora, estuvo preparada para el establecimiento de las primeras poblaciones de amerindios hace aproximadamente 4 000 años.

El actual Monumento Nacional Guayabo es un fiel testimonio de esta permanencia aborígen, constituyendo uno de los lugares más complejos y grandes con estructuras arqueológicas en Costa Rica.

Con la llegada de los españoles, el uso de la tierra se diversificó y cambio sustancialmente, no obstante, la colonización agrícola fue definitiva hasta los años siguientes a la Independencia, cuando don Juan Mora Fernández promulgó algunas leyes en procura de impulsar la agricultura en la región.

Desde la Colonia, Turrialba ha representado una zona de paso entre el Valle Central y el Caribe. En ese momento, la comunicación más fácil entre Cartago y el Puerto de Matina, fue la vega del río Suerre (hoy día río Reventazón). Esta situación se convierte en un factor determinante en el desarrollo de la región, especialmente con la construcción del ferrocarril al Atlántico, a finales del siglo XIX.

Sin embargo, Turrialba ha sido más que una zona de paso. El crecimiento de la región también estuvo relacionado con el desarrollo de actividades agropecuarias y comerciales. La educación superior ha sido otra fuente de progreso, especialmente con las actividades docentes y de investigación que desarrolla el CATIE, desde 1946 y la Universidad de Costa Rica, desde 1971.

La construcción de la Planta Hidroeléctrica Angostura, es el último gran acontecimiento de la historia turrialbeña. Justamente, la ejecución de este proyecto permitió descifrar las páginas perdidas de la historia geológica de Turrialba, debido al amplio conocimiento adquirido por los personeros del ICE durante los últimos años de cuidadosos estudios en la zona. En esta misión, los geólogos han tenido un papel trascendental, ya que como lo mencionara Hugh Torrens “los geólogos son los más históricos de los científicos”.

De esta forma, culmina una larga historia de 60 millones de años, que comenzó en las frías y oscuras aguas del océano y terminó con la construcción del proyecto hidroeléctrico más importante de Costa Rica, Angostura.

Glosario

Abanico aluvial: acumulaciones de sedimentos (principalmente arenas y gravas) con forma en planta de cono, óvalo o semicírculo, depositados al pie de las serranías montañosas.

Abanico deltaico (Fan Delta): depósito de sedimentos, con forma en planta de cono o semicírculo, formados donde los ríos desembocan en cuerpos de agua estable, como lagos y bahías.

Afloramiento: lugar donde aparecen expuestas rocas y estructuras geológicas de la superficie terrestre.

Aluvi3n: material detrítico no consolidado, depositado en un tiempo geológico muy reciente por corrientes fluviales.

Andesita: roca volcánica cuyo contenido de sílice (SiO_2) se encuentra entre un 52% y un 63%. Los minerales constituyentes son generalmente plagioclasa y piroxeno.

Arcilla: partícula detrítica, cuyo diámetro es menor de 0,004 mm.

Arco de islas: distribución de islas volcánicas en bandas arqueadas.

Arena: partícula detrítica, cuyo diámetro varía entre 0,063 mm y 2 mm.

Arenisca: depósito litificado de partículas con diámetros entre 0,063 mm y 2 mm.

Basalto: roca volcánica cuyo contenido de sílice (SiO_2) es menor de 52%. Los minerales constituyentes principales de esta roca son plagioclasa, piroxenos y olivino.

Bloque: fragmento de roca angular, cuyo diámetro es mayor de 25,6 cm.

Bomba: pedazos de lava, con diámetro mayor de 6,4 cm; poseen formas generalmente aerodinámicas que resultan de la deformación durante el recorrido aéreo.

Brecha: depósito litificado de partículas angulosas con diámetros mayores a 2 mm.

Buzamiento: ángulo en el que se inclina una capa o estrato.

Caliza: roca sedimentaria constituida al menos por 90% de carbonato de calcio (CaCO_3).

Canto: fragmento de roca con forma entre redondeada y subangular, cuyo diámetro es mayor de 25,6 cm.

Ceniza: partícula de roca volcánica, cristales o vidrio volcánico, originada durante las explosiones, cuyo diámetro se encuentra entre 0,016 mm y 2 mm.

Colada de lava: derrame de magma en la superficie que, debido a su alta viscosidad, se mueve lentamente.

Coluvio: material rocoso no consolidado, depositado por la acción de la fuerza de gravedad, en un período geológico muy reciente.

Conglomerado: rocas conformadas por partículas redondeadas, cuyos diámetros son mayores a 2 mm.

Cuenca geológica, cuenca de sedimentación: espacio de sedimentación con forma cóncava. Puede corresponder con depresiones cerradas de la superficie terrestre.

Cuenca marina: comprende con las zonas más profundas de los océanos, situadas a profundidades mayores a los 4000 ó 5000 m.

Delta: acumulación de sedimentos, con forma de cono o abanico, en el área de desembocadura de los ríos.

Depósito de pie de monte: véase abanico aluvial.

Erosión: destrucción por desgaste de las rocas, efecto de la meteorización y corrosión, procesos por los cuales suelos y rocas son eliminados de cualquier parte de la superficie de la Tierra.

Estratificación cruzada: disposición en estratos, cuyos planos están en un ángulo con la superficie sobre la cual fueron depositadas.

Estratificación: disposición de los sedimentos y rocas en estratos o capas.

Estrato: nivel de roca o sedimento, que es más o menos distinguible de forma visual o física y que fue depositado esencialmente bajo condiciones físicas constantes.

Estratovolcán: volcán formado por una alternancia de coladas de lavas y piroclastos. Los piroclastos generalmente son arrojados por los cráteres en la cima del volcán, mientras que las coladas de lava salen de los flancos del volcán.

Estromboliana: erupción explosiva moderada, cuya proyección de piroclastos alcanza normalmente menos de 5 km de altura. Se llama así por ser típica del volcán Estrómboli, en Italia.

Estuario: desembocadura de un río, comúnmente ancha y con forma de embudo, en la cual las mareas invierten diariamente la dirección de la corriente del río. La principal característica de los depósitos estuarinos es la presencia de limos y arcillas.

Facies: conjunto de características litológicas y paleontológicas, que definen una unidad estratigráfica y que permiten diferenciarlas de las demás.

Falla: superficie de ruptura de la corteza terrestre a lo largo de la cual se da un movimiento diferencial entre dos bloques adyacentes.

Foraminíferos: organismos pertenecientes al phylum Protozoa y al subphylum Sarcodina. Son principalmente marinos, unicelulares y heterótofos, caracterizados por un esqueleto con una o varias cámaras compuestas por calcita. Existen desde el período Cámbrico hasta el reciente.

Formación: es una unidad fundamental de clasificación estratigráfica, que pretende la delimitación y jerarquización de las rocas. Es una unidad litológica, es decir, representa tipos particulares de roca. Su nombre se asigna según la litología dominante y la localidad geográfica donde se encuentra expuesta típicamente.

Fósil: (del latín fossilis = extraer). Todo resto de actividad de un organismo, no sólo partes de él, sino también cualquier evidencia de su actividad vital.

Freatomagmática: actividad volcánica explosiva, en la que hay participación combinada de agua subterránea y magma.

Iconofósil: resto de la actividad de los organismos en el sedimento.

Lahar: flujo de fragmentos de roca, cenizas y barro que contienen suficiente agua como para fluir. Genera depósitos volcánicos heterogéneos, consolidados, compuestos por fragmentos que varían en un amplio rango granulométrico.

Lámina: es una capa de espesor menor a 1 cm, diferenciado dentro de un estrato por composición, textura o color.

Laminación cruzada: tipo de laminación en la que un grupo de láminas se dispone formando un ángulo con respecto de otro grupo de láminas.

Laminación paralela: disposición en forma paralela de las láminas de un estrato.

Laminación: disposición sucesiva en láminas dentro de un estrato. La laminación puede estar ausente en algunos estratos o puede ser de tipo paralela o cruzada.

Lapilli: fragmentos de rocas y vidrio volcánico, con tamaños entre 2 mm y 64 mm.

Limo: partícula detrítica, cuyo diámetro varía entre 0,004 mm y 0,063 mm.

Limolita: depósito litificado de partículas con diámetros dentro del rango de 0,063mm a 0,004 mm.

Localidad tipo: es la localidad geográfica concreta en la que se encuentran las mejores exposiciones de una formación.

Lutita: depósito fisible de partículas con diámetros menores a 0,063 mm.

Meteorización: proceso de desintegración física y descomposición química de la roca en la superficie terrestre.

Mineral: elemento o compuesto formado por procesos naturales, con características físicas y químicas definidas y estructura atómica determinada.

Ondulita (Ripples): marcas semejantes a ondas, formadas por el movimiento del agua o del aire, sobre la superficie de un sedimento recién depositado.

Piroclasto: incluye todo el material que fue arrojado por una explosión volcánica a la atmósfera, tanto en estado líquido, como también en forma de fragmentos de rocas.

Plataforma: zona plana (con ángulo promedio de $0,07^\circ$), que se extiende desde la línea de costa, a profundidades de 10 m (con influencia de las olas) hasta el quiebre de la plataforma, a profundidades de 100 y 250 m. El ancho de las plataformas varía entre 1 y 1500 km, dependiendo del contexto tectónico.

Pliegue: "doblez" en las rocas causado por esfuerzos tectónicos compresivos.

Pliniana: explosión de vigorosa magnitud con eyección de grandes volúmenes de gases, piroclastos y avalanchas incandescentes. Los hongos de cenizas alcanzan hasta 20 km sobre el nivel del cráter.

Rudita: roca constituida por partículas o granos, cuyos diámetros son mayores a 2 mm.

Sedimentación: acumulación o depositación de fragmentos de material rocoso, organismos muertos, sustancias químicas u otros materiales.

Solfataras: salida de gases y agua a una temperatura menor a 100°C , en un volcán o cerca del él. Los gases están compuestos principalmente de hidrógeno sulfurado.

Somero: zona marina poco profunda (menor a 100 m).

Talud: zona irregular, con pendientes de hasta 10° , que se extiende desde el quiebre de la plataforma, a 200 m de profundidad, hasta 2000 ó 4000 m. Están frecuentemente disectados por cañones submarinos.

Toba: depósito compactado compuesto de polvo volcánico, ceniza o lapilli, conformando una roca.

Unidad estratigráfica: es un estrato o conjunto de estratos, que pueden ser reconocidos en su conjunto, como una unidad de clasificación de la sucesión estratigráfica de la Tierra, respecto de alguno de los caracteres, propiedades o atributos que poseen las rocas (tipo de roca, fósiles, edad). Las formaciones geológicas son un tipo de unidad estratigráfica, donde el tipo de roca es el rasgo más importante para su reconocimiento.

Unidad litológica: unidad que representa y agrupa litologías particulares, por ejemplo, caliza, arenisca, brecha, o distintos tipos de rocas estratificadas.

Bibliografía

Aguilar, T., **Paleoecología del Alto Guayacán Formación Uscari Mioceno**, Provincia de Limón, Costa Rica. *Rev. Geol. América Central*, 16: 51–60, 1993.

Aguilar, T., **Parches arrecifales de Jesús María (Oligoceno–Mioceno Inferior): una de las primeras comunidades del actual Caribe de Costa Rica**, San José, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología, Tesis de Maestría, 61 pp. + 5 láminas. 1997

Aguilar, T., **Organismos de un arrecife fósil (Oligoceno Superior–Mioceno Inferior), del Caribe de Costa Rica**, *Rev. Biol. Trop.*, 47 (3): 453-474, 1999.

Alvarado, G. E. y Pérez, W., **The Doán Formation (Plioceno) of Costa Rica: an overview on its description, origin, lateral equivalents, and further implications on the closing of the Central America seaway**, San José, Sixth International Congress on Pacific Neogene Stratigraphy and IGCP–355, 150–167 p, 1999.

Alvarado, G. E., Barquero, R. y Climent, A., **Informe y neotécnico actualizado para la etapa de factibilidad del P.H.P Pacuare**, Inf. OSV 98.02. ICE, 47 pp, 1998.

Alvarado, G.E. y Leandro, C.E., **Actualización geológica – geofísica de los sitios en donde se construirán las grandes obras del P.H. Angostura: un enfoque hacia los problemas ingenieriles conexos**. –Inf. OSV. 97.4. ICE, 88 pp. + planos.0, 1997.

Alvarado, G.E., **Los Volcanes de Costa Rica: geología, historia y riqueza natural**, 2 ed. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad Estatal a Distancia (EUNED), xv+269 pp, 2000:

Barquero, R., Krinitzsky, E. & Climent, A., 1993: P.H. Angostura. Estudio Sismológico y de Amenaza sísmica. - Inf. Interno ICE, 12 pp. 1993

Berrangé, J. P. y Whittaker, J.E., **Reconosance of the Tapaní Quadrangle, Talamanca**, Costa Rica. – London, Institute of Geological Sciencies, 72 pp, 1977.

Bottazzi, G., Fernández, J.A. y Barboza, G., **Sedimentología e historia tectono-sedimentaria de la cuenca Limón Sur**, Profil 7: 351-391, 1994.

Boschini, I., 1989: Incidencia de las fuentes sísmicas en la región Caribe de Costa Rica.- San José C.R, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología, Tesis de Licenciatura, 97 pp., 1989

Calvo, C., **Las calizas neríticas de la vertiente pacífica del norte de Costa Rica y sur de Nicaragua: épocas y sistemas asociados con la apertura y evolución del margen convergente de la América Central Meridional**, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología, Tesis de Licenciatura, 165 pp, 1987:

Cervantes, J. F., **Base geológica para los análisis geotécnicos del proyecto hidroeléctrico Siquirres provincia de Limón**, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología, Tesis de Licenciatura, 105 pp, 1989.

Cervantes, J. F. y Soto, G. J., **Sedimentación y vulcanismo tras-arco Plio-cuaternarios en el área de Siquirres**, Ciencia y Tecnología, 12 (1-2): 19–26, 1988.

Escalante, G., **Geología de la cuenca superior del río Reventazón**, Costa Rica. –Guatemala, Publicaciones geológicas del ICAITI, 1: 59–69, 1966.

Fernández, J.A., **Geología de la hoja topográfica Tucurrique 1:50000, IGNCR**, 3445I. –San José, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología, Tesis de Licenciatura, xvi+205 pp, 1987

Gagini, C., **Los aborígenes de Costa Rica**. –San José, Costa Rica, Imprenta Trejos Hermanos, 206 pp., 1917

Hoffstetter, R., Dengo, G., Dixon, C.G., Meyer–Abich, H., Weyl, R., Woodring, W.P. y Zoppis–Brachi, L., **Lexique Stratigraphique International, Vol. 5: Amérique Latine, fasc 2a: Amérique Centrale**. –París, Centre National de la Recherche Scientifique, 368 pp., 1960

Montero, W., Rojas, W., Schmidt, V. & Linkimer, L., 2001: Estudio de amenaza sísmica para el proyecto hidroeléctrico La Joya, en la zona de Tucurrique, Turrialba, Provincia de Cartago.- Informe Interno Red Sismológica Nacional (RSN), 41 pp., 2001

Olsson AA., **The miocene of northern Costa Rica, part 1**.- *Bulletins of american paleontology* 9 (39): 309, 1922

Krushensky, R. D., **Geology of the Istarú Quadrangle**, Costa Rica. –San José, Geological Survey Bulletin 1358, 46 pp., 1972

Krushensky, R. D., Malavassi, E. y Castillo, R., **Geology of central Costa Rica and its implications in the geologic history of the region**. –*Jour. Research U S. Geol. Survey* 4 (2): 127–134., 1976

Laurito, C.A., **El género *Isistius* (Squalidae) en el alto de Guayacán. Formación Uscari (Mioceno Superior–Plioceno Inferior), Provincia de Limón, Costa Rica**. *Rev. Geol. Amér. Central*, 19/20: 87–92., 1996

Madrigal, C., **Estudio Geológico–Geotécnico de Pre–factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Guayabo Turrialba, Cartago, Costa Rica.** –San José, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología, Tesis de Licenciatura, 2 vol, 129 pp + 27 láminas., 1985

Malavassi, E., **Reseña Geológica de la Zona de Turrialba.** – Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Ministerio de Industria y Comercio, Informe 27 Año 6, 12 pp., 1967

Pizarro, D., **Los pozos profundos perforados en Costa Rica: aspectos biológicos y bioestratigráficos.** –Rev. Geol. Amér. Central, 15: 81–85., 1993

Rivier, F., **Contribución estratigráfica sobre la geología de la cuenca de Limón, Zona de Turrialba, Costa Rica.** –Guatemala, Publicaciones Geológicas del ICAITI 4: 149–159.,1973

Salazar, A., **Estudio de Factibilidad para el aprovechamiento de la Cantera de Azul de Turrialba, Cartago, Costa Rica.** –San José, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología, Tesis de Licenciatura, 132 pp., 1985

Soto, G. J., **Estructuras volcano-tectónicas del volcán Turrialba, Costa Rica, América Central.** –Santiago, Quinto Congreso Geológico Chileno, 8-12 de agosto de 1988, Actas Tomo III: 163–175., 1988

Sprechmann, P., Astorga, A., Calvo, C. y Fernández, A., **Stratigraphic chart of the sedimentary basins of Costa Rica, Central America.** –Profil, 7: 427–433., 1994

Créditos

Contenidos:	Lepolt Linkimer Laboratorio Ingeniería Sísmica, Instituto de investigaciones en Ingeniería, UCR. Escuela Centroamericana de Geología , UCR	Coordinación:	Mario Rojas Murillo Carlos E. Fallas Saborío
	Guillermo E. Alvarado Area de Auscultación y amenazas sismovolcánicas, ICE Escuela Centroamericana de Geología, UCR.	Edición:	Gabor & Hoffmann
		Diseño Gráfico:	Gabriela Mata S.
		Fotografía:	Archivo gráfico museo Laboratorio fotográfico
		ICE ICE	
		Impreso:	GEDI (ICE)