

## LA TURBERA DEL RIO SILENCIO (EL CAIRO, SIQUIRRES, COSTA RICA): PALEOAMBIENTES LAGUNARES INFLUENCIADOS POR LAS CENIZAS DEL VOLCAN TURRIALBA

Luis Gmo. Obando<sup>1)</sup> & Gerardo J. Soto<sup>2)</sup>

Escuela Centroamericana de Geología, Apdo 35-2060

<sup>1)</sup> Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

<sup>2)</sup> Oficina de Sismología y Vulcanología, Instituto Costarricense  
de Electricidad (ICE), Apdo 10032-1000, San José, Costa Rica.

**ABSTRACT:** The peat deposit of Río Silencio have an abnormal thickness (a maximum of 14 m) for the peat deposits of Costa Rica. In the 8 wells, the vegetation rests are predominantly woody and ferny. Our study, showed at least 3 flora-cycles development interrupted by clay beds of cineritic origin between them. The woody flora decrease and the ferns are dominant, which suggest the environment destruction caused by volcanic ash fall. The well correlations show a complicated paleo-environment with isolated ponds and alluvial influence. The peat accumulation rate was 1 m each 650-850 years.

The geographic and temporal correlations show that the ash bed-clays are the result of great eruptions of the Turrialba Volcano (35 km to the SW) 2000 and 3370 years before present. The volcanic ash was probably carried towards to NE of Costa Rica by high winds during the dry periods.

**RESUMEN:** La turbera del Río Silencio tiene un espesor anormal (14 m máximo) para los depósitos de turba en Costa Rica. Los restos de la vegetación observada en 8 pozos de muestreo son predominantemente leñosos y de helechos. Se distinguen al menos 3 ciclos de desarrollo de flora, interrumpidos entre ellos por horizontes de arcilla de origen cinerítico volcánico. En cada interrupción, la flora leñosa decrece y da paso a la colonización de helechos, lo que sugiere una destrucción del ambiente por el efecto de la caída de cenizas. La correlación entre los núcleos de los pozos muestra un complicado paleoambiente con influencia aluvial y formación de lagunas aisladas. La tasa de acumulación de turba fue de 1 m cada 650 a 850 años.

Una correlación geográfica y temporal, muestra que las cenizas de los horizontes arcillosos provinieron de grandes erupciones del Volcán Turrialba (situado 35 km al suroeste) 2000 años y 3370 años antes del presente. Las cenizas probablemente fueron arrastradas hacia el caribe de Costa Rica por vientos altos en períodos secos.

### INTRODUCCION

El depósito de turba del Río Silencio (El Cairo) se localiza 11 km al norte del poblado de La Herediana, Provincia de Limón, rodeado por los ríos Parismina y Reventazón. El pantano, con un área aproximada de 3 km<sup>2</sup>, es drenado por el Río Silencio y algunas pequeñas quebradas intermitentes, y forma una pequeña llanura aluvial en la Cuenca Tras-Arco de Costa Rica (Fig. 1).

Morfológicamente, la turbera se ha desarrollado paralela a los ríos Silencio y Salto.

Está rodeada de pequeñas colinas, lo que provoca numerosas interdigitaciones del depósito. Hacia el noreste, el depósito termina bruscamente, lo cual hace pensar que la turbera tiene algún control neotectónico no observado.

La vegetación, numérica y ecológicamente dominante, es de tipo yolillo (*Raphia taedigera*), selvática, muy común en la zona caribe y de aguas dulces ácidas (GOMEZ & HERRERA, 1986). También sobresale la presencia de bosques de bajísima diversidad y densidad en la parte nuclear o periférica del yolillal.

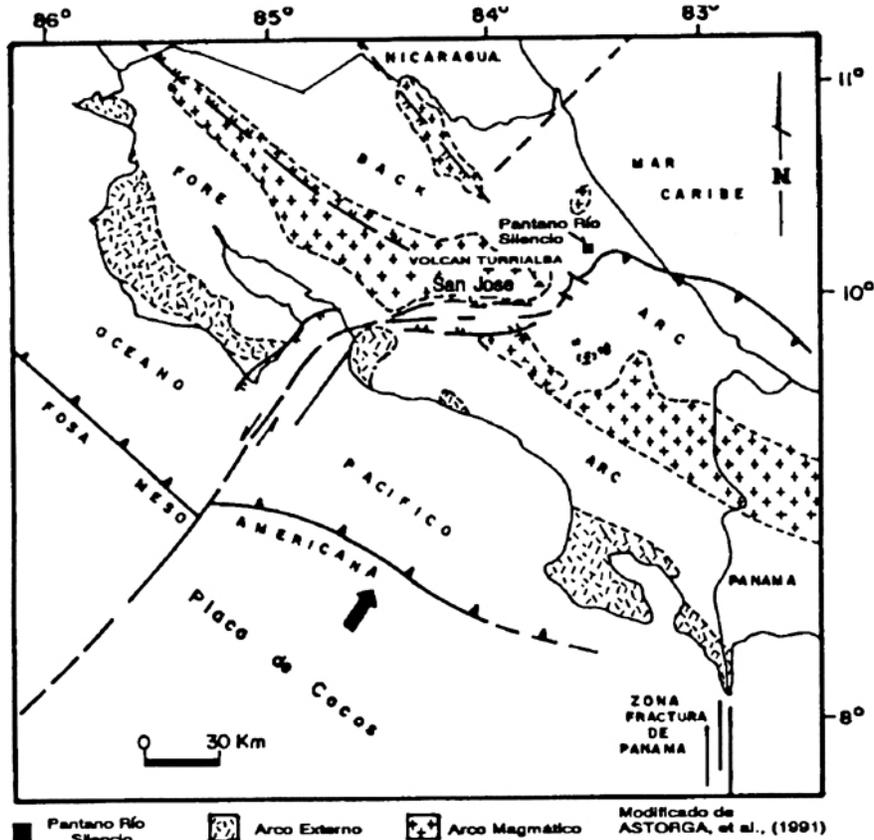


Fig. 1: Ubicación del área de estudio (Modificado de ASTORGA ET AL, 1991).

### CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO DE TURBA DEL RIO SILENCIO (EL CAIRO)

Al parecer, la cuenca de la turbera se profundiza hacia el norte, mientras que hacia el sur es poco profunda y estrechada por las colinas alledañas.

Hasta el momento, se han analizado muestras de 8 pozos con profundidades y espesores que oscilan entre 4 y 14 m. Este último espesor (14 m) es anormal para los depósitos de turba costarricenses, los cuales no sobrepasan los 3 m de espesor (OBANDO et al., en prensa).

Desde el punto de vista de calidad, y siguiendo los parámetros dados por la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM), la turba tiene un alto contenido de fibra (53% promedio), un alto pH (5,8), un 0,6% por peso de azufre promedio (COHEN & RAYMOND, 1984) y una capacidad para retener agua de 868%.

Durante los muestreos realizados se observaron y estudiaron intercalaciones arcillosas relativamente continuas que indican eventos que interrumpieron bruscamente la sedimentación orgánica.

### Vegetación y su abundancia relativa

De acuerdo con COHEN & RAYMOND (1984), los análisis petrográficos y botánicos de la turba mostraron una dominancia de vegetación leñosa, helechos y algas, así como evidencias de actividad de hongos.

La figura 2 muestra el pozo realizado por COHEN & RAYMOND (1984). Se indican 2 horizontes de arcilla (> 50% de ceniza) entre 240-270 cm y 420-430 cm de profundidad. Dataciones con  $^{14}\text{C}$  de la materia orgánica inmediatamente bajo ellos mostraron una edad de 2330 años y 3370 años respectivamente (la edad del evento más reciente se discutirá más adelante).

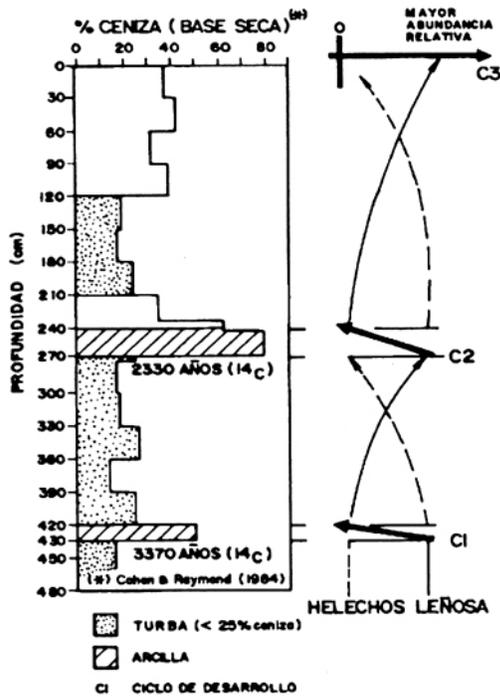


Fig. 2: Vegetación y su abundancia relativa

La reinterpretación del pozo realizado por COHEN & RAYMOND (1984) y la utilización de sus descripciones botánicas, muestra lo siguiente: se identificaron 3 ciclos bien definidos de desarrollo de la flora (C1,C2,C3; Fig. 2). El ciclo C1 está representado por las capas depositados bajo los 430 cm y la vegetación dominante (mayor abundancia relativa) es de tipo leñosa en relación con los helechos. Esto significa que antes de los 3370 años, la turbera estaba dominada por vegetación leñosa, dado que los helechos son plantas pioneras. Inmediatamente sobre este horizonte de arcilla 420 cm, se observa una disminución brusca de plantas leñosas y se invierten las abundancias, así las plantas pioneras (helechos) llegan a ser más abundantes sobre las leñosas.

El segundo ciclo (C2), comprende el intervalo 270 cm a 420 cm (Fig. 2), en donde, culmina con plantas leñosas, las cuales, de nuevo, llegan a ser dominantes. Por último, el horizonte de 30 cm de espesor, entre 240-270 cm, marca otra inversión de la abundancia relativa de la vegetación, indicando con esto que la turbera, al igual que en la inversión anterior, fue desprovista significativamente de la vegetación leñosa. El

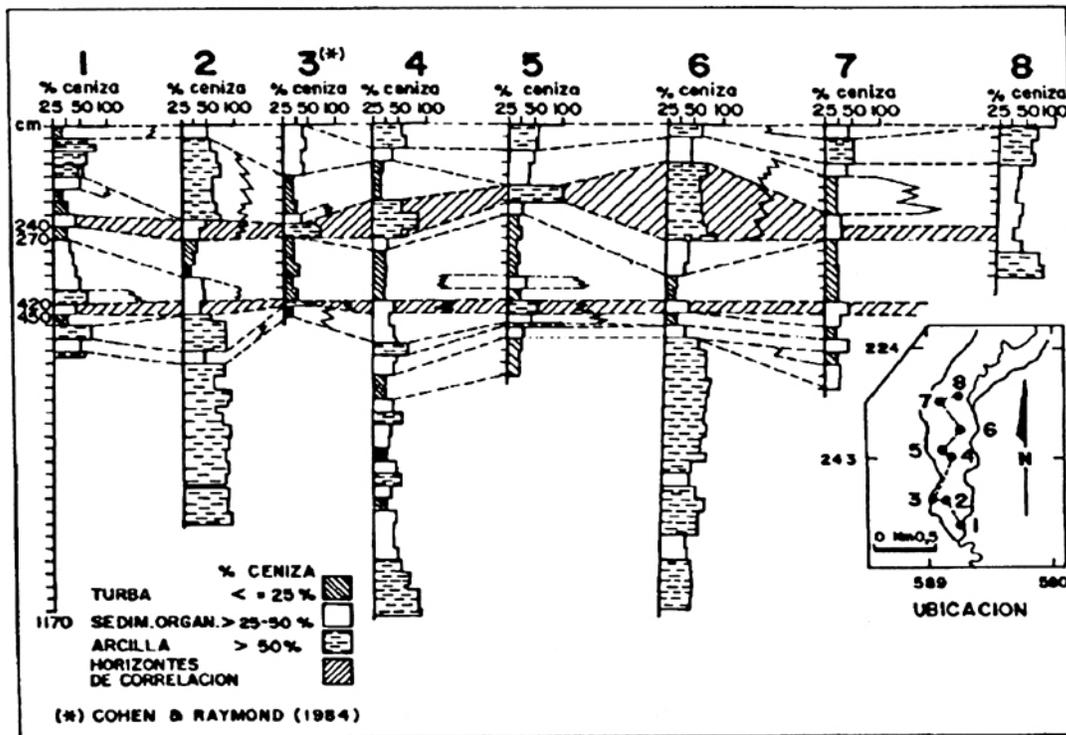


Fig. 3: Horizontes de correlación (porcentaje de ceniza de acuerdo a las especificaciones de la ASTM).

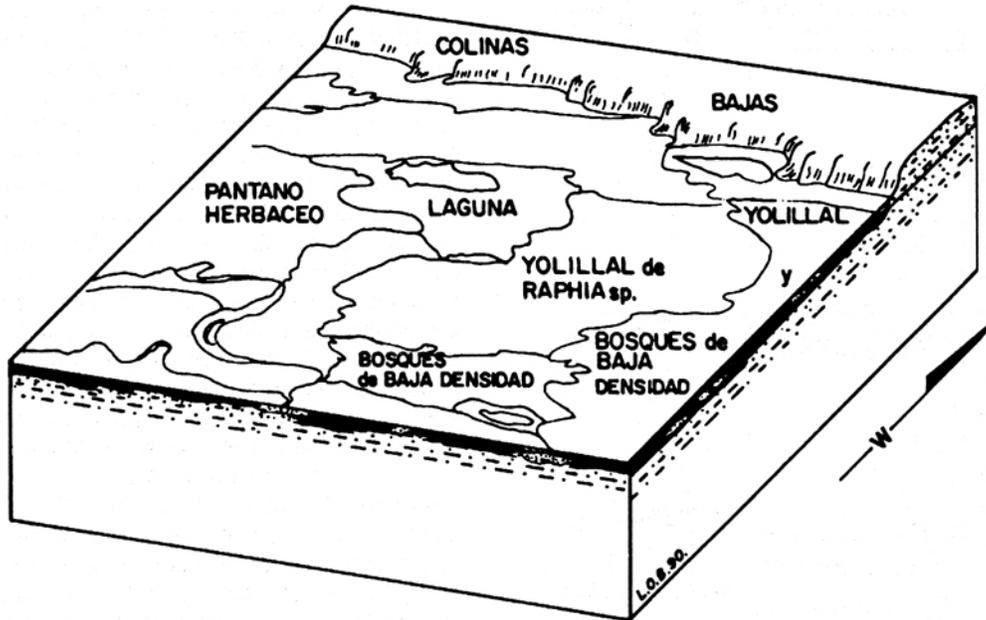


Fig. 4: Posible distribución florística de la turbera (Río Silencio, El Cairo).

último ciclo (C3), es el actual y de nuevo se observa la dominancia de plantas leñosas.

De lo anterior, se desprende que existieron al menos 2 eventos destructivos que hicieron desaparecer las plantas leñosas. Tales depósitos señalados por las capas de arcilla, se interpretan como cenizas finas de caída distal que acabaron con la vegetación existente en el área.

Entre el ciclo C1 y C2 existió un periodo sin influencia volcánica de 1000 años y durante esta relativa calma la turba se acumulaba a una razón de 1 m cada 650 a 850 años.

### Correlaciones

Para el entendimiento de la depositación y distribución de los sedimentos orgánicos e inorgánicos, es necesario pensar en la dinámica de la depositación y en la hidrología existente en esa época.

La correlación de los horizontes arcillosos (>50% ceniza, Fig. 3), muestran la distribución lateral en un perfil de dirección general norte-sur. Estos horizontes se adelgazan y ensanchan frecuentemente y algunos pasan lateralmente a turba o a sedimento orgánico, lo cual es típico de las turberas en Costa Rica (OBANDO et al., en

prensa), sobre todo cuando se forman en planicies aluviales de inundación en ríos perennes y de flujos laminares.

Por lo general, hacia la profundidad de la turbera, los pozos muestran una predominancia de las arcillas y sedimentos orgánicos (por ejemplo: pozos 2,4,6,8). Esto debido a que la base representa los estadios iniciales del desarrollo de la cuenca y en ellos las inundaciones eran frecuentes. Por otra parte, los pozos poco profundos, como el No.8, presentan una base arcillosa, dada las cercanías al actual Río Silencio.

El horizonte arcilloso, sobre el depósito de turba del episodio C1, es muy continuo, no sólo en espesor, sino también lateralmente. Esta continuidad, probablemente se debe a que después del fenómeno volcánico (el cual pudo ocurrir en verano), el río no divagó demasiado sobre la planicie aluvial, en donde la materia orgánica se depositaba, y por ello su buena conservación. Todo lo contrario ocurrió con el horizonte sobre el ciclo C2, el cual muestra discontinuidades laterales y verticales fuertes, lo cual se explicaría si se piensa en un río muy divagante sobre la llanura y que ocasionalmente erosionaba sus propios sedimentos. Con ello se formarían lagunas y meandros abandonados en donde las cenizas pudieron acumularse fácilmente.

Por último, parte de la dinámica de la cuenca involucra la resedimentación, la cual no debe descartarse para ambos niveles de depósito.

El estudio de las correlaciones y sedimentación de la materia orgánica e inorgánica (Fig. 4), hace pensar en la presencia de lagunas que ocasionalmente pudieron tener masas (baterías) flotantes de turba. Estas lagunas fueron desaguardas por el Río Silencio o bien quedaron aisladas durante los periodos de poca precipitación.

El modelo de la posible distribución florística de la turbera presenta zonas de yolillales de *Raphia sp.*, posiblemente bosques de baja densidad y diversidad, así como mezclas de yolillos y bosques. Por último, los pantanos herbáceos eran locales y éstos llegaron a dominar cuando la vegetación leñosa desapareció. Ambientalmente, estos pantanos no difieren significativamente de los actuales y quizás de los formados durante el Plio-Pleistoceno de la Formación Venado en San Carlos, en donde las diatomeas de agua dulce encontradas entre los carbones señalan la presencia de lagunas durante la depositación de la turba (OBANDO, 1986; SANCHEZ et al., 1987).

#### ERUPTIVIDAD RECIENTE DEL VOLCAN TURRIALBA Y SU EFECTO EN LA TURBERA DEL RIO SILENCIO

El Volcán Turrialba es el más oriental de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. Se encuentra 35 km al suroeste de la turbera El Silencio (El Cairo) de Siquirres. Ha erupcionado de manera explosiva al menos seis veces durante los últimos 3300 años, la última de ellas entre 1864-66. Los depósitos de tales erupciones han sido denominados subunidades 1 a 6, partiendo de la más nueva a la más antigua (REAGAN, 1987; REAGAN et al., en preparación), ver Tabla 1.

El período eruptivo más violento fue de tipo pliniano, y sus depósitos corresponden a la Subunidad 4: tefras de caída, oleadas y flujos piroclásticos. El punto de erupción fue cercano al actual cráter central en la cúspide. Los materiales eruptados son andesitas porfíricas (30% de fenocristales de plagioclasa, augita, ortopiroxenos) con 58-59% de SiO<sub>2</sub> (REAGAN, 1987; REAGAN et al., en prep.).

El depósito más característico de la subunidad 4 del Turrialba, es una pómez de caída,

TABLA 1

Erupciones del Turrialba en los últimos 3500 años (adaptado de REAGAN, 1987 y REAGAN et al., en preparación)

Subunidad	Edad (AP)	Quimismo	Eventos y comentarios
1	85	Basalto	Estromboliana-vulcaniana; oleadas, freática
2	600 ?	Andesita-basáltica	Estromboliana freática
3	1300 ?	Andesita-basáltica dacítica	Freatomagmática
4	2000	Andesita silíceas	Pliniana, flujos, oleadas; la más voluminosa de todas
5	2750	Andesítica	Flujos y/u oleadas
6	3370	Basalto dacítica	Freática, vulcaniana

de color crema a rosado, junto con escorias gris oscuras (algo más máficas), con apariencia moteada. En la cúspide del volcán, el depósito alcanza varios metros de espesor. REAGAN (1987) mapeó la distribución areal de la pómez de caída, cuyo eje se orienta hacia el oeste (Fig. 5). Se estima que la isopaca de 1 cm cubre un área de 1000 km<sup>2</sup>, y la de 1 mm, 5000 km<sup>2</sup>. El volumen aproximado estimado es de 0,1 km<sup>3</sup>, equivalente en roca densa a 0,05 km<sup>3</sup>. A pesar de que el volumen eruptado es relativamente pequeño, esta es la erupción explosiva más voluminosa del Turrialba.

La distribución mostrada para las tefras de caída es la típica para este tipo de depósitos en Costa Rica (v.gr.: las pómez del nivel ET-2 del Arenal, CHIESA, 1987; las cenizas del Irazú en 1963-1965). No obstante, la inaccesibilidad del área no permite un prolijo seguimiento del nivel de tefra, así como la abrupta topografía y la espesa vegetación.

Con base en edades de radiocarbono obtenidas en los depósitos de las tefras de caída y de flujos piroclásticos de la Subunidad 4, el rango de antigüedad está entre 2340±90 y 1870±100 años antes del presente (REAGAN et al., en prep.). Esta edad coincide con otra obtenida por MELSON et al. (1986), de 1970±90 años, en la capa sobreyacente a un paleosuelo, que además contiene fragmentos cerámicos de 2000 años de antigüedad. Como se ve, coinciden en parte con la edad de 2330 años datada por COHEN & RAYMOND (1984). No obstante, la incertidumbre de los análisis, una vez corregidos y

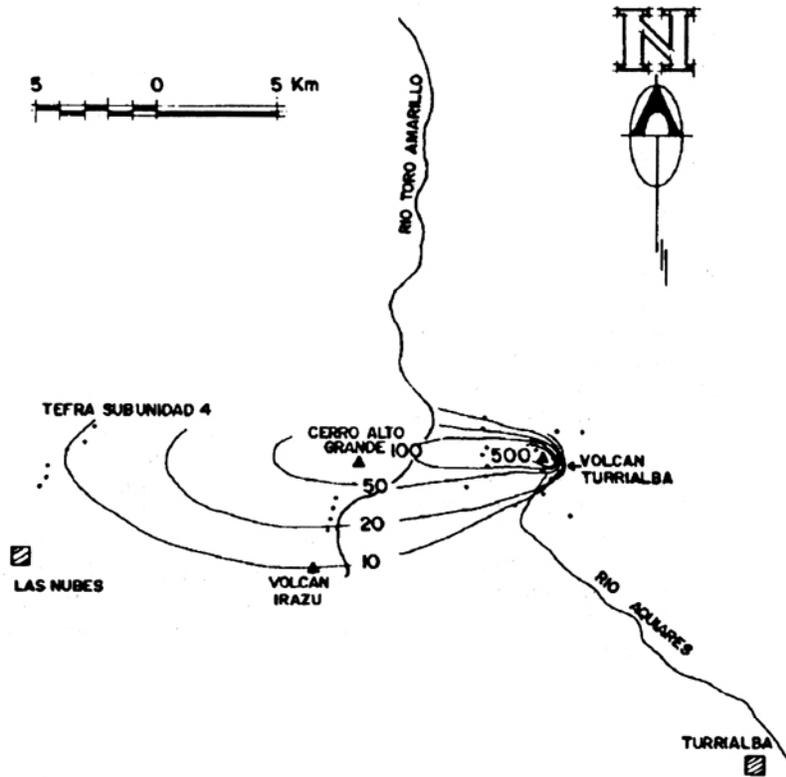


Fig. 5: Distribución e isopacas en centímetros de la tefra de caída, Subunidad No.4, Volcán Turrialba. (Tomado de REAGAN, 1987).

correlacionados, coinciden en una edad final de 2000 años antes del presente.

Otro evento explosivo del Turrialba corresponde con la Subunidad 6 que está documentada en depósitos piroclásticos de caída y oleada. La parte basal es limo-arcillosa, meteorizada, de una secuencia explosiva freática. Luego se intercalan cenizas, lapilli y bloques (juveniles de apariencia de lava mezclada de andesitas y basaltos y no juveniles), de moderada a buena granoselección. Por último, se encuentran los depósitos de oleada piroclástica, con laminación cruzada y semi-planar. Su edad corregida con base en radiocarbono, es de 3370+105-205 años antes del presente (REAGAN et al., en prep.).

#### Correlación temporal entre las cenizas del Turrialba y las de la turbera

SOTO (1988), correlacionó los piroclastos finos del evento pliniano del Turrialba, con las capas de ceniza volcánica descritas por COHEN & RAYMOND(1984) en la turbera El Silencio (El Cairo). Las edades de las turbas inmediatamente

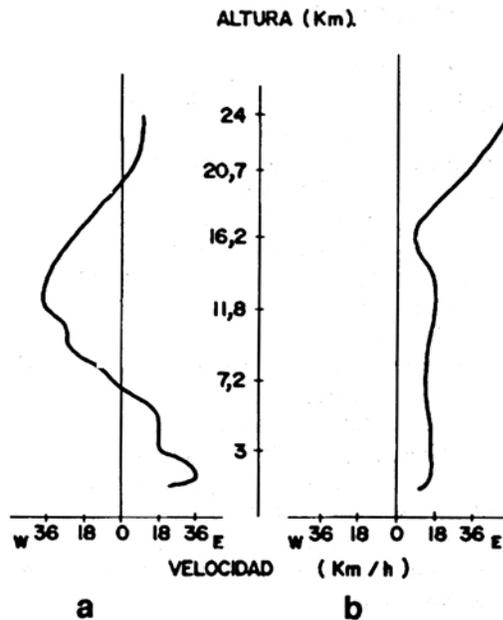


Fig. 6: Perfil de viento en Costa Rica. a) Epoca seca, b) Epoca lluviosa (Adaptado de ZARATE, 1990).

infrayacentes a los horizontes de ceniza son coincidentes con las obtenidas para los eventos explosivos del Turrialba, en particular el de la Subunidad 6, con 3370 años. El rango de edades de la Subunidad 4 también es coincidente con el del primer horizonte de cenizas de la turbera El Silencio (El Cairo), mas debe considerarse su edad, con base en las correcciones descritas supra, en cerca de 2000 años.

El Turrialba es el volcán más cercano a la turbera, y las edades de explosión coinciden con los depósitos, así que con un alto margen de seguridad, de él proceden las cenizas que sensu COHEN & RAYMOND (1984), "aparentemente destruyeron la vegetación existente y provocaron la formación de embalses sobre ellas", lo cual ha sido demostrado anteriormente.

No obstante, cabe la interrogante respecto a la distribución de las cenizas volcánicas en Costa Rica, puesto que lo normal es que se depositen hacia el oeste o suroeste de los aparatos volcánicos (cf. PANIAGUA & SOTO, 1987, 1990; CHIESA, 1987). El estudio de los vientos de altura en Costa Rica, sobre los 2500 m, nos ayuda en esta incógnita. Según ZARATE (1990), durante la época lluviosa (abril-octubre, con excepción de los veranillos de julio-agosto), a todas las alturas hasta 24 km (Fig. 6) los vientos predominantes son del este hacia el oeste. En época seca (noviembre a marzo y los veranillos) a alturas entre 9-15 km, las columnas piroclásticas se verían sometidas al empuje de una capa de vientos fuertes y de alta persistencia provenientes del oeste y suroeste, que distribuirían parte de la nube hacia el este y noreste del volcán en erupción. Lo mismo ocurriría para columnas mayores de 20 km de altura para las fases de oscilación casi-bienal del viento que sopla desde el oeste.

El evento pliniano de hace 2000 años y el evento explosivo de hace 3370 años del Turrialba, probablemente originaron columnas piroclásticas de gran altura en períodos secos, y por consiguiente, las cenizas finas fueron arrastradas hacia la vertiente caribeña del país.

Esta anomalía en la distribución de cenizas, aún a grandes distancias y restringidas a pequeños espacios geográficos, con espesor anómalos, se debería al corte desigual de la columna eruptiva, por vientos a diferente altura, con diferente velocidad. Por ejemplo, durante la última erupción del Irazú, llegaron a caer cenizas

en Limón (90 km al este), el día 12 de enero de 1964, en plena época seca (BARQUERO, 1976). Los espesores relativamente grandes observados en la turbera pueden obedecer a caída y redepositación en un ambiente de cuenca fluvial dinámica.

## CONCLUSIONES

La sedimentación orgánica de la turbera del Río Silencio, fue interrumpida por 2 horizontes de arcilla (>50% ceniza), los cuales se correlacionan lateralmente en varios pozos.

Las variaciones observadas en estos horizontes y su disposición espacial, así como su botánica, hacen suponer la presencia de ambientes lagunares locales afectados por ríos relativamente meándricos que erosionaban sus cauces retrabajando dichos horizontes. La razón aproximada de sedimentación fue de 1 m cada 650 a 850 años. El modelo de distribución floral de la turbera, señala la presencia de zonas de yolillales, así como bosques de baja densidad y diversidad y pantanos herbáceos.

Se demostró que la eliminación drástica de la vegetación después de ocurrir tales eventos, fue a causa de la caída de cenizas provenientes de grandes erupciones del Volcán Turrialba hace 2000 años y 3370 años antes del presente. Los vientos altos en los periodos secos, empujaron la columna de ceniza hacia el área Caribe de Costa Rica, por tanto, bajo condiciones particulares, los vientos altos pueden hacer que el área afectada por erupciones violentas sea muy amplia y anómala con respecto al patrón normal supuesto.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la LIC. TERESITA AGUILAR y al DR. S. KUSSMAUL, por la revisión del manuscrito. A todas aquellas personas que de una u otra manera nos ayudaron en la preparación del presente trabajo.

Este trabajo fue presentado en el VII Congreso Geológico de América Central, San José, Costa Rica, 1990 y es una contribución al proyecto PICG-249 Magmatismo Andino y su Marco Tectónico.

## REFERENCIAS

- ASTORGA, A.; FERNANDEZ, J.A.; BARBOZA, G.; CAMPOS, L.; OBANDO, J.; AGUILAR, A. & OBANDO, L.G., 1991: Cuencas sedimentarias de Costa Rica: Evolución geodinámica y potencial de hidrocarburo. - *Rev. Geol. Amér. Central*, 13: 25-59.
- BARQUERO, J., 1976: El Volcán Irazú y su actividad. - 85 págs. Esc. Ciencias Geográficas, UNA, Heredia (tesis inédita).
- COHEN, A.D. & RAYMOND, R.Jr., 1984: Final Report of short-term mission for Preliminary evaluation of the peat resources of Costa Rica. - Inter-American Development Bank, Los Alamos National Laboratory, 31 págs.
- GOMEZ, L.D. & HERRERA, W., 1986: Vegetación y clima de Costa Rica. En: Gómez, L.D (ed), (Vol.1), EUNED, San José, 327 págs.
- MELSON, W.G.; BARQUERO, J.; SAENZ, R. & FERNANDEZ, E., 1986: Erupciones explosivas de importancia en volcanes de Costa Rica (un reporte del progreso alcanzado). - *Boletín Vulcanología*, 16: 15-20, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- OBANDO, L., 1986: Estratigrafía de la Formación Venado y rocas sobreyacentes (Mioceno-Reciente), Provincia de Alajuela, Costa Rica. - *Rev. Geol. de América Central*, 5: 73-104.
- OBANDO, L.; MALAVASSI, L. & ESTRADA R.: Depósitos de turba de Costa Rica. - Simposio Sobre Circum-Pacífico (en prensa).
- PANIAGUA, S. & SOTO, G.J., 1987: Reconocimiento de los riesgos volcánicos potenciales de la Cordillera Central de Costa Rica. - *Ciencia y Tecnología*, 10(2):49-72.
- PANIAGUA, S. & SOTO, G.J., 1990: Peligros volcánicos en el Valle Central de Costa Rica. - *Ciencia y Tecnología*, 12(1-2): 145-156.
- REAGAN, M.K., 1987: Turrialba Volcano: Magmatism at the southeast terminus of the Central American Arc. - 216 págs, Ph.D. Tesis, Universidad de California en Santa Cruz.
- REAGAN, M.; HILL, J. & SOTO, G.: An outline of the recent eruptive history of Turrialba Volcano, Costa Rica (en prep.).
- SANCHEZ, J.D.; BRADBURY, J.P.; BOHOR, B.F. & COATES, D.A., 1987: Diatoms and Tonsteins as Paleoenvironmental and Paleodepositional Indicators in a Miocene Coal Bed, Costa Rica. - *Palaios*, 2: 158-164.
- SOTO, G.J., 1988: Estructuras volcano-tectónicas del Volcán Turrialba, Costa Rica, América Central. - *Actas Quinto Congreso Geológico Chileno*, Santiago, 8-12 de agosto de 1988, Tomo III: I63-I75.
- ZARATE, E., 1990: Factores meteorológicos asociados a desastres causados por erupciones volcánicas en Costa Rica. - *Ciencia y Tecnología*, 12(1-2):41-52.