

## CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS SEDIMENTOS HOLOCENOS PROXIMALES DEL VALLE GLACIAR LA CANOA, REGIÓN DE PUEBLO LLANO, ESTADO MÉRIDA.

Mayerling OROPEZA<sup>1</sup>, Eduardo CARRILLO<sup>2</sup>, José GUTIÉRREZ<sup>2</sup>, Yrasenia CEBALLOS<sup>2</sup>, Franck AUDEMARD<sup>3</sup> & Christian BECK<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Apdo. 47102, Caracas 1020-A, Venezuela. Correo-e.: oropezamaye@gmail.com. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad Central de Venezuela, Apdo. 3805, Caracas 1010-A, Venezuela. <sup>3</sup>Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas. FUNVISIS, El Llanito, Caracas 1030, Venezuela. <sup>4</sup>Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines, UMR 5025, CNRS, Université de Savoie, F-73376 Le Bourget du Lac, France.

### RESUMEN

El valle glaciar La Canoa, se ubica al noroeste de la población de Pueblo Llano, en la región central de Los Andes venezolanos. En él los procesos de sedimentación se han producido bajo la influencia de fluctuaciones climáticas y de la actividad sismotectónica asociada al Sistema de Fallas de Boconó. El presente trabajo abarca el estudio geoquímico y sedimentológico de la facies proximal del paleolago. Los análisis de elementos mayoritarios, minoritarios y traza mediante técnicas de espectroscopía atómica en conjunto con los difractogramas obtenidos, muestran en la zona evidencia de un registro significativo de las fluctuaciones climáticas durante parte del Holoceno. Además, debido a la ubicación estratigráfica de estos sedimentos se tiene una mayor susceptibilidad a la deformación mecánica sismoinducida, evidenciada por un evento gravitacional desestabilizador de los sedimentos, causado por una pulsación sísmica asociado al Sistema de Fallas de Boconó, generando un cambio en la dinámica depositacional del paleolago.

*Palabras claves:* Andes venezolanos, quimio-estratigrafía, paleo-climatología, paleo-sismología.

### ABSTRACT

The glacial valley La Canoa is located at the northwest of the Pueblo Llano town in the central region of the Venezuelan Andes. Processes of sedimentation have been controlled by the influence of the climatic variability and the seismotectonic activity of the Boconó System Faults. This work shows the results of the geochemical and sedimentological analysis on lacustrine sediments at the proximal facies. The analysis of majority elements, minority and trace by atomic spectroscopy techniques in conjunction with the diffractograms obtained, reveals in the proximal facies of significant evidence of climatic variability during the part of Holocene. Also due to the stratigraphic location of these sediments have a greater susceptibility to mechanical deformation seisminduced, evidenced by a gravitational event destabilizing of the sediments, caused by a seismic pulse associated Boconó Faults System,

generating a change in depositional dynamics of the paleolake.

*Keywords:* chemostratigraphy, paleoclimatology, paleoseismology, Venezuelan Andes.

### INTRODUCCIÓN

El registro sedimentario en los sistemas lacustres es una de las fuentes más importantes de información sobre su historia evolutiva y los cambios climáticos o tectónicos a los cuales han sido expuestos (COHEN 2003). Estos dan indicios de la mecánica de transporte o acumulación de los sedimentos que están controlados por factores, físicos, químicos y biológicos. Ejemplos de ambientes sedimentarios lacustres cuyo proceso de sedimentación está influenciado por la combinación de factores, como el clima y la sismotectónica, se encuentran en Los Andes venezolanos, entre ellos se pueden señalar estudios realizados en la laguna de Mucubají (CARRILLO *et al.* 2008) y en el paleolago Los Zerpa (GONZÁLEZ 2009). Zona cuya evolución geomorfológica, ha sido fuertemente influenciada por los cambios climáticos ocurridos desde el Pleistoceno Tardío y Holoceno (SCHUBERT & SIFONTES 1970), y donde actualmente la geomorfología del eje central de esta cordillera es controlada por el sistema de fallas rumbo deslizantes de Boconó (ROD 1956).

Según los trabajos previos realizados en paleolimnología (COHEN 2003; CARRILLO *et al.* 2008), los lagos poseen un gran potencial para el registro de sismos a través de la ocurrencia de fenómenos de licuación, deformación y depositación de flujos gravitacionales; en regiones tectónicamente activas los estudios del proceso de sedimentación de los lagos están asociados a corrientes de turbidez que contribuyen a la sedimentación de facies con una distribución granulométrica homogénea (CARRILLO *et al.* 2008), proponiendo en el proceso de sedimentación las denominadas facies de la homogenita, fácilmente caracterizables por su textura y granulometría.

Por otra parte, el conocimiento del comportamiento geoquímico de los sedimentos lacustres ante cambios

climáticos representa una información importante a la respuesta de las variaciones climáticas. Es por ello que un análisis sedimentológico y geoquímico permite dar indicios sobre la dinámica de la depositación y por consiguiente, permite establecer los principales factores que inciden en los procesos sedimentarios que controlan la acumulación de los sedimentos lacustres.

En función de lo establecido se caracterizaron geoquímicamente los sedimentos proximales del valle glaciar La Canoa, región de Pueblo Llano, estado Mérida (figura 1), el cual se encuentra a 8°55'44" de latitud Norte y 70°41'36" de longitud Oeste, zona en donde los procesos de sedimentación se han producido bajo la influencia de fluctuaciones climáticas y de la actividad sismotectónica asociada al sistema de fallas de Boconó.

Tomando en cuenta lo anterior, este trabajo tiene como principal contribución la caracterización geoquímica del valle glaciar la Canoa, para así comprender su dinámica sedimentaria, y el impacto de los efectos climáticos o sismotectónicos en el proceso de sedimentación, usando difracción de rayos X y técnicas de espectroscopía de emisión atómica.

## MÉTODOS

La recolección de las muestras para la caracterización geoquímica de los sedimentos holocenos proximales del valle glaciar La Canoa (figura 2) se tomó con dos canaletas o núcleos de pared de 45 cm x 5,5 cm x 2,5 cm cada uno, dichas canaletas corresponden a intervalos estratigráficos distintos solapados en una región de 4 cm aproximadamente para garantizar la continuidad en el registro de depositación de los sedimentos, y a las cuales se les realizó una descripción litológica (figuras 3 y 4).

Las canaletas se seccionaron cada 2 centímetros de tope a base, obteniendo un total de 45 muestras; con el fin de abarcar toda la secuencia, obtener un análisis detallado de la misma y guardar un orden estratigráfico indispensable para el estudio quimioestratigráfico.

A cada una de las 45 muestras se les realizó el siguiente tratamiento:

- Homogenizado y pulverizado.
- Determinación de volátiles por termogravimetría. Se llevó a cabo calcinando cada una de las muestras a diferentes temperaturas, y por diferencia de pesos entre el inicial y el constante (muestra calcinada), se determinó el porcentaje en peso de compuestos volátiles en la muestra.
- Fusión de las muestras, utilizando el método de fusión alcalina propuesto por LIBERATORE (1993), LIBERATORE (1994). Comienza con la preparación de  $\text{LiBO}_2$  y  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , como fundentes, los fundentes se mezclan con una fracción de cada muestra y se

lleva a una mufla a 1000°C durante 30 min (en este punto ocurre la fusión de la muestra y fundentes, formando una pequeña perla). La disolución de la perla se realiza con  $\text{HNO}_3$  1,6 M.

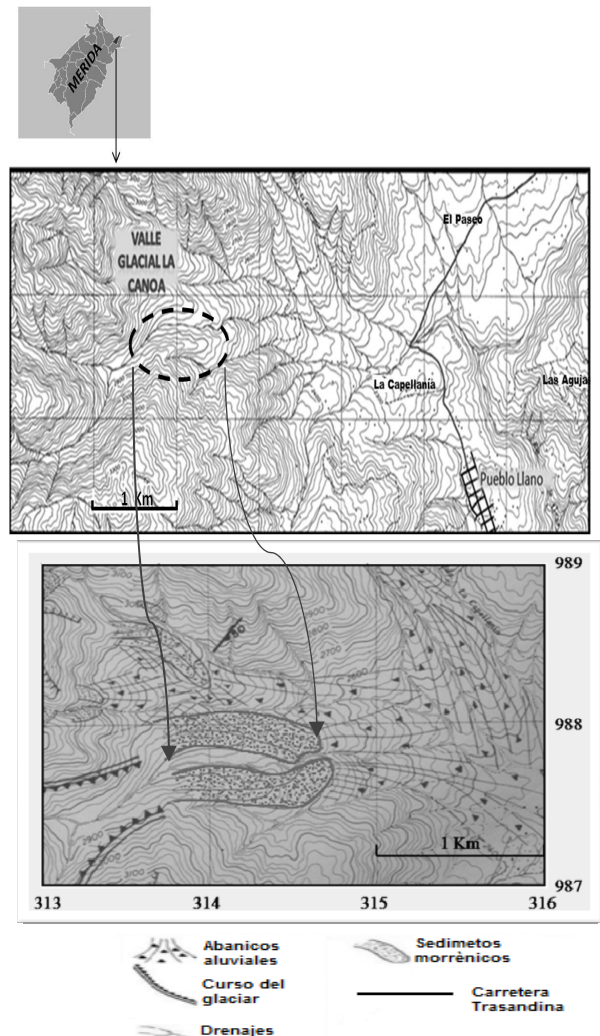


Fig. 1. Representación del valle glaciar La Canoa y geomorfología adyacente a Pueblo Llano (modificado de BEZADA 1989)

- Análisis elemental, mediante las técnicas de espectroscopía de emisión atómica, con fuente de llama para la cuantificación de Na y K y con fuente de plasma inductivamente acoplado para Si, Al, Mg, Ca, Mn, Fe, Cr, Cu, Sr, P, Y, La, Ti, Zn, y Zr.
- Tratamiento estadístico de los datos generados en la etapa de laboratorio, utilizando herramientas tanto de estadística descriptiva como multivariada que facilitaron la interpretación de los resultados a través del paquete estadístico STATISTICA 8.0.



Fig. 2. Imagen de el valle Glaciar La Canoa, mostrando la zona y forma de muestreo.

Adicionalmente, se realizaron los difractogramas a 15 muestras representativas de la secuencia de estudio, de acuerdo con la descripción estratigráfica realizada y las quimiofacies propuestas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La descripción litoestratigráfica de la columna se realizó de base a tope en función de las características observadas correspondientes a color, tamaño de grano, estructuras sedimentarias, presencia de raíces y óxidos, entre otros. A lo largo de toda la secuencia se identificaron intercalaciones limo-arcillas principalmente, con presencia de algunas capas de arenas finas a media. Los espesores de estas intercalaciones son variables, presentando como principal estructura sedimentaria las laminaciones paralelas, sobre todo en los sedimentos más finos. Asociado a las arenas se identificaron restos de raíces y laminaciones naranjas (evidencia de presencia de oxihidróxidos de hierro). La descripción detallada de las canaletas se presenta en las figuras 3 y 4.

EDAD	ESPESOR ACUMULADO (cm)	ESPESOR INDIVIDUAL (cm)	NUCLEO DE APOBORAMIENTO PB-01-08	LITOLOGÍA GRÁFICA	LITOLOGÍA DESCRIPTIVA
<b>CUATERNARIO</b> <b>HOLOCENO</b>	16,5	6,5			Arenas media a gruesas mal escogidas, el tamaño de grano aumenta de base a tope
	39	4,5			Matriz arcillosa en la que el contenido de arena disminuye de base a tope
	36,5	16,5			Laminación paralela predominantemente arcillosa intercalada con laminaciones de limos. Con restos de raíces sobre todo en los sedimentos más gruesos.
	19	8,5			Sedimentos tipo limo mayoritariamente hacia la base se observa un aumento considerable de la granulometría.
	10,5	8			Laminaciones paralelas de arena fina intercaladas con laminaciones paralelas de arcillas. Mayor densidad de laminaciones hacia la base.
	2,5	2,5			Laminaciones paralelas de arcillas limosas
0	0				

Fig. 3. Representación de columna estratigráfica PB-01-08

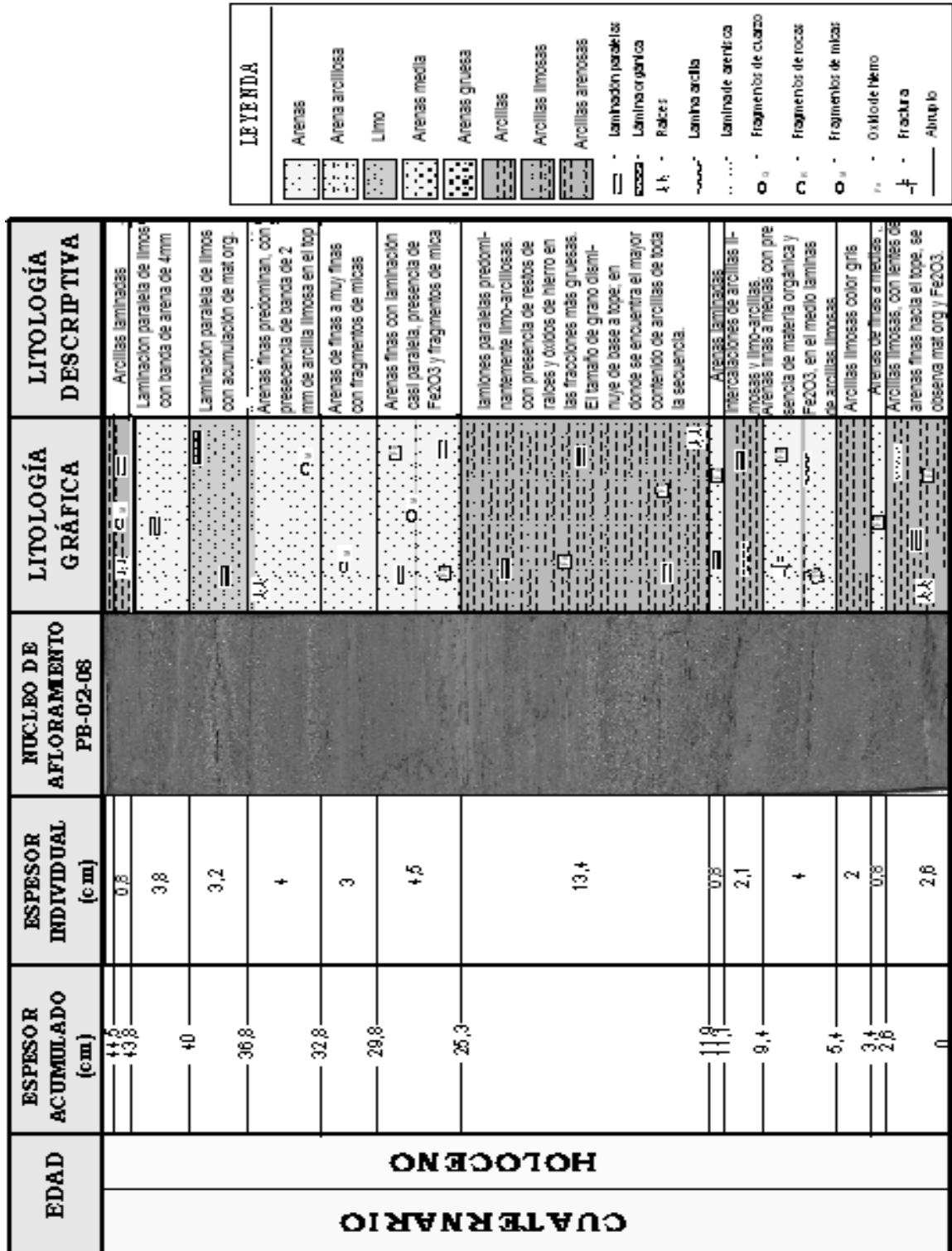


Fig. 4. Representación de columna estratigráfica PB-01-08 (canaleta 2)

Por otra parte, para determinar la proveniencia sedimentaria se utilizó un gráfico discriminante propuesto por ROSER & KORSH (1988) (figura 5), el cual maneja concentraciones de elementos

considerados inmóviles en el sistema de estudio (como el aluminio), además de otros elementos mayoritarios y minoritarios como: titanio, hierro, magnesio y potasio, los cuales mantienen una correlación lineal

con el aluminio. Los resultados arrojan rangos de proveniencia sedimentaria e ígnea de félsica a intermedia, concordando con las rocas que afloran en la zona de estudio, rocas graníticas y metamórficas de origen sedimentario (sistema que compone el grupo Iglesias).

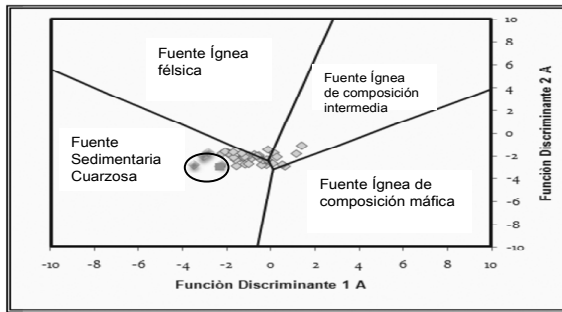


Fig. 5. Diagrama discriminatorio de funciones para la proveniencia de sedimentos. Los valores graficados en el ovalo representan las muestras incluidas en la quimiofacies QP-II.

Los valores graficados dentro del ovalo en la figura 5, corresponden a las muestras identificadas como PB-01-02, PB-01-04, PB-01-06, PB-01-08 y PB-01-10 en el tope de la secuencia sedimentaria, y presentan un origen más sedimentario cuarzoso que el resto de las muestras. Probablemente la fuente de estos sedimentos, es un material reciclado con mayor madurez introducidos al lago por una progradación deltaica.

Al analizar los resultados mineralógicos de Roca Total en las muestras seleccionadas, se observa como la mayoría de ellas siguen un patrón muy similar, en cuanto a las proporciones de cuarzo, minerales de arcillas, plagioclasas y feldespato potásico. Las pequeñas variaciones existentes se deben a los cambios granulométricos a lo largo de la secuencia estudiada, teniendo una disminución relativa de cuarzo unido a un aumento de los minerales de arcilla, en los sedimentos limo-arcillosos.

En la figura 6, se puede observar como las muestras PB-01-04 Y PB-02-28, relacionadas a la fracción arenosa, presentan en los difractogramas las mayores intensidades en los picos correspondientes al cuarzo y plagioclasas; las diferencias entre estas muestras en cuanto a los picos de la plagioclasa, se puede atribuir a la premisa ya discutida en la proveniencia, de que los sedimentos en el tope de la secuencia estratigráfica son reciclados, lo cual disminuiría la proporción de minerales menos resistentes a los procesos de erosión, meteorización y transporte, como las plagioclasas. Por el contrario la muestra PB-02-20, presenta las mayores intensidades en los picos correspondientes a minerales de arcilla.

Tomando en cuenta la mineralogía y los estudios de proveniencia, los sedimentos parecen ser derivados de rocas granitoides y gneises graníticos; lo cual coincide con las unidades litológicas descritas por Schubert (1968) para el Grupo Iglesias, en el que la unidad litológica Gneis bandeado de la Mitisús, que por lo general forma los afloramientos de las crestas divisorias de aguas del río Pueblo Llano, está representada por: cuarzo 40-70%, feldespato potásico 5-40%, plagioclasas (albita, oligoclasa) 10-50%, biotita 10-30% (por lo general parcialmente alterada a clorita), principalmente (BEZADA 1989).

Así mismo, evaluando cada una de las canaletas visualmente y haciendo uso de los perfiles quimioestratigráficos de las especies, se obtuvo una secuencia única que representa de forma continua la sedimentación de la zona de estudio. Desde ahora, todos los resultados se presentan en función de esta secuencia unificada, en orden temporal de las muestras de base a tope.

A partir del dendograma obtenido en el análisis multivariado realizado, se identificaron tres asociaciones elementales en los depósitos proximales del valle glaciar La Canoa:

*Asociación 1*, relacionada con clásticos arenosos en la que se incluyen los elementos Si, Ca y Na. *Asociación 2*, corresponde a clásticos limo-arcillosos y agrupa Al, Fe, Mg, Ti, K, Zn, Cr y las pérdidas a 450°C, 550°C y 750°C. *Asociación 3* (Indicadores de proveniencia), la cual incluye al Y, La, Zr, P, Mn y Sr (figura 7).

La clasificación de estos elementos ( $P_2O_5$ , La, Zr, Y, Sr, Mn) como indicadores de proveniencia se debe principalmente a que no muestran variaciones significativas litoestratigráficamente dependientes, sin embargo se sugiere que su comportamiento está controlado por la fracción de minerales pesados detríticos. Además el peso que tienen en la asociación 3 y su falta de correlación con el  $Al_2O_3$  es consistente con la observación de que aunque en las pelitas estos elementos se suelen alojar en las fases de minerales accesorios, estos elementos se producen en los sedimentos sobre todo en fases de resistatos, apoyando la idea de que son eficientes en el registro de procedencia; sin depositarse preferencialmente ni en la fracción fina ni en la gruesa.

Por otra parte, los elementos indicadores de proveniencia tienen la particularidad de considerarse inmóviles, por lo que la presencia en este grupo del Mn y el Sr es un poco confusa. Para justificar el hecho de que este par de elementos este incluido en esta asociación se considera que el principal proceso de meteorización en la cuenca sea físico, por lo que no hay una alteración de las fases minerales existentes, además del hecho que según el análisis de difracción de roca total en los sedimentos se reconoce una fase

carbonática reportada como dolomita. Estos elementos a pesar de ser indicadores de facies carbonáticas no están asociados al Mg y Ca, debido a que ellos se

encuentran en distintas fases minerales y con mayor abundancia que los carbonatos en el sistema de estudio.

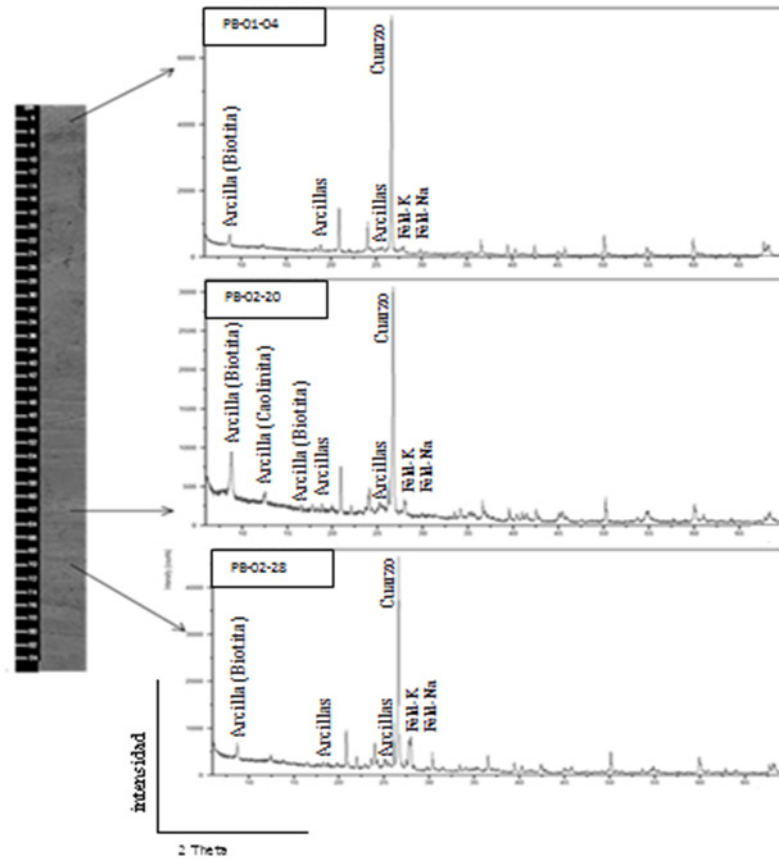


Fig. 6. Relación granulométrica y mineralógica.

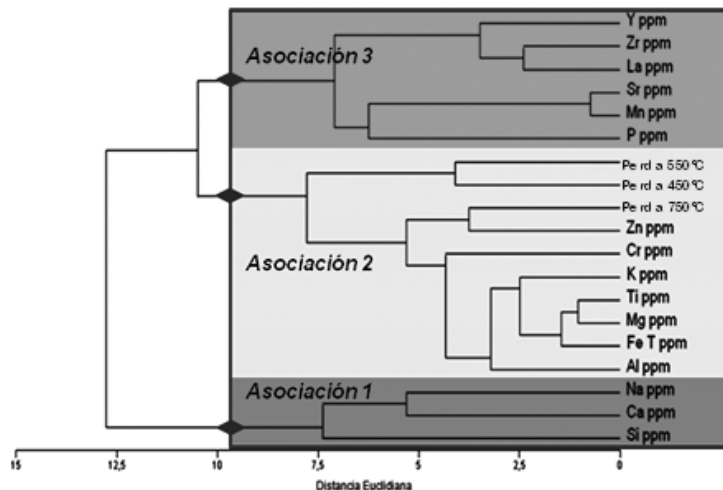


Fig. 7. Dendrograma de agrupamiento libre.

Los nombres propuestos para cada una de estas asociaciones se deben a que los procesos sedimentarios en los lagos están controlados principalmente por el tamaño de grano, las

características hidrodinámicas y el aporte de sedimentos (SHIKI *et al.* 2000).

En función de las asociaciones obtenidas se realizó un análisis de agrupamiento restringido o cluster constrained, con el fin de delimitar cambios

indicadores de los procesos ocurridos a lo largo de la secuencia sedimentaria estudiada, estableciendo las quimiofacies correspondientes para cada asociación (figuras 8, 9 y 10).

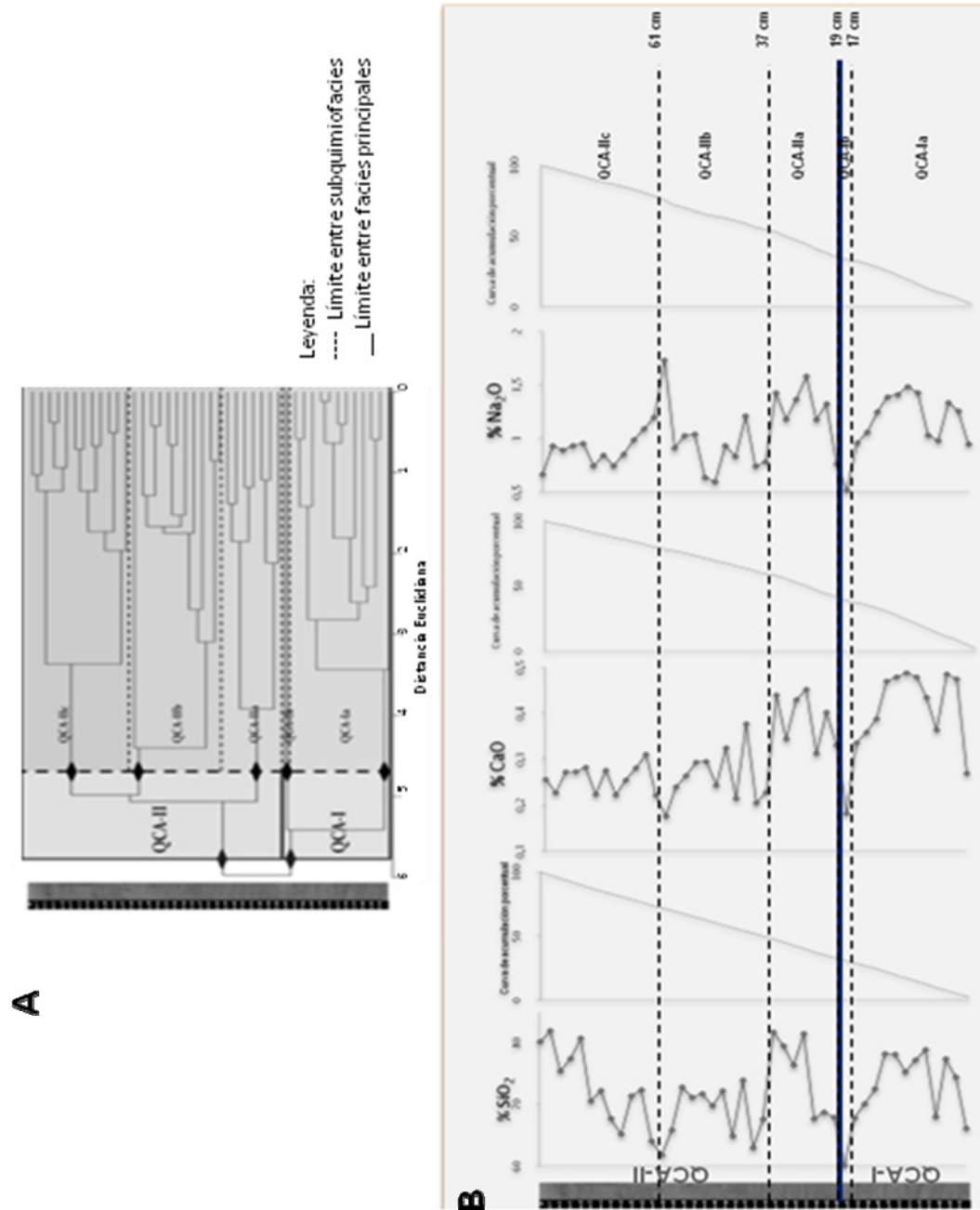


Fig. 8. A) Dendrograma de agrupamiento restringido de la primera asociación, clásticos arenosos. B) Perfiles quimioestratigráficos y curvas de acumulación porcentual de las variables de la asociación 1, señalando los límites entre quimiofacies y la altura estratigráfica en que se encuentran.

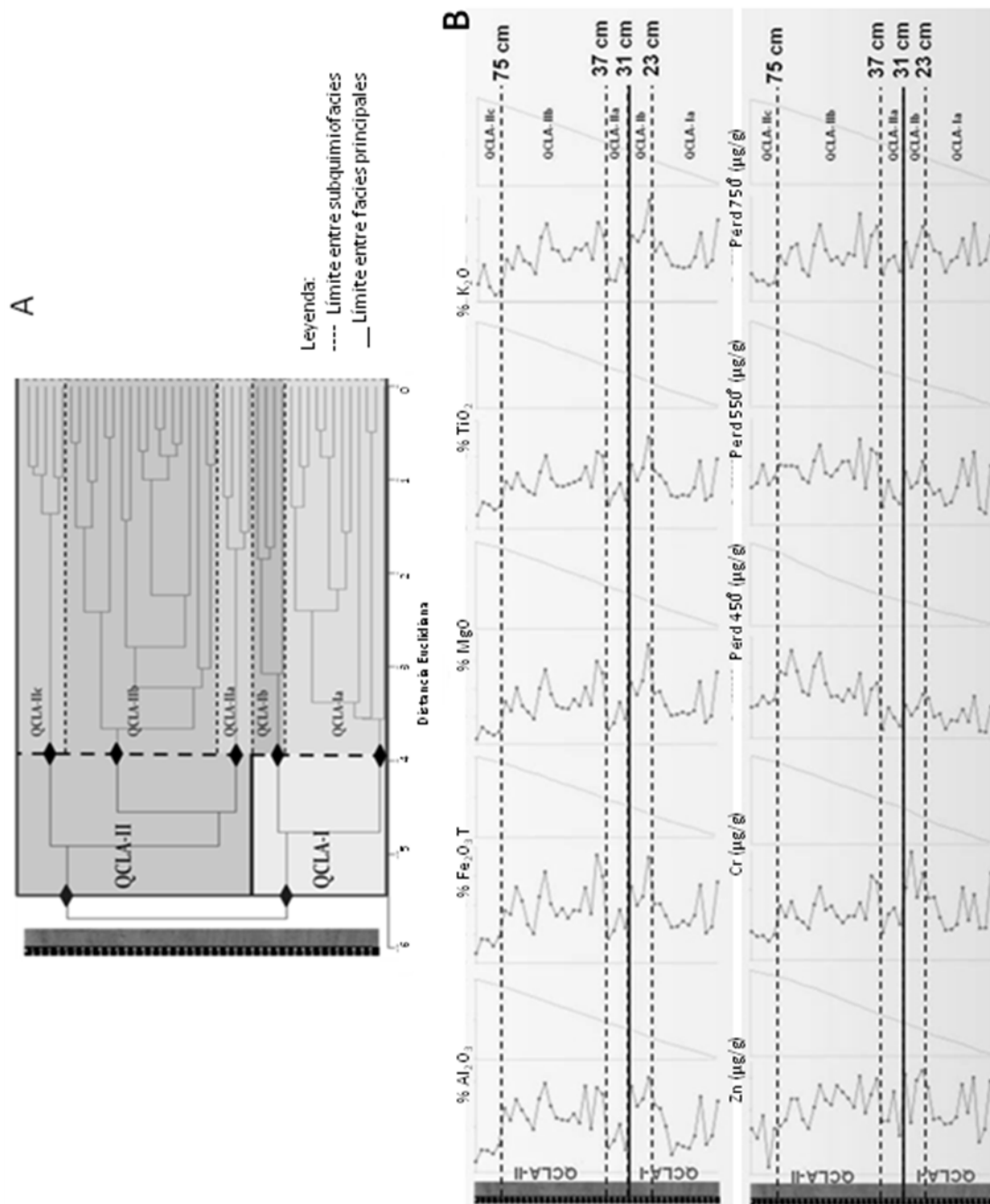


Fig. 9. A) Dendrograma de agrupamiento restringido de la asociación 2, clásticos limo-arcillosos. B) Perfiles quimioestratigráficos y curvas de acumulación porcentual de las variables de la asociación 2, señalando los límites entre quimiofacies y la altura estratigráfica en que se encuentran.



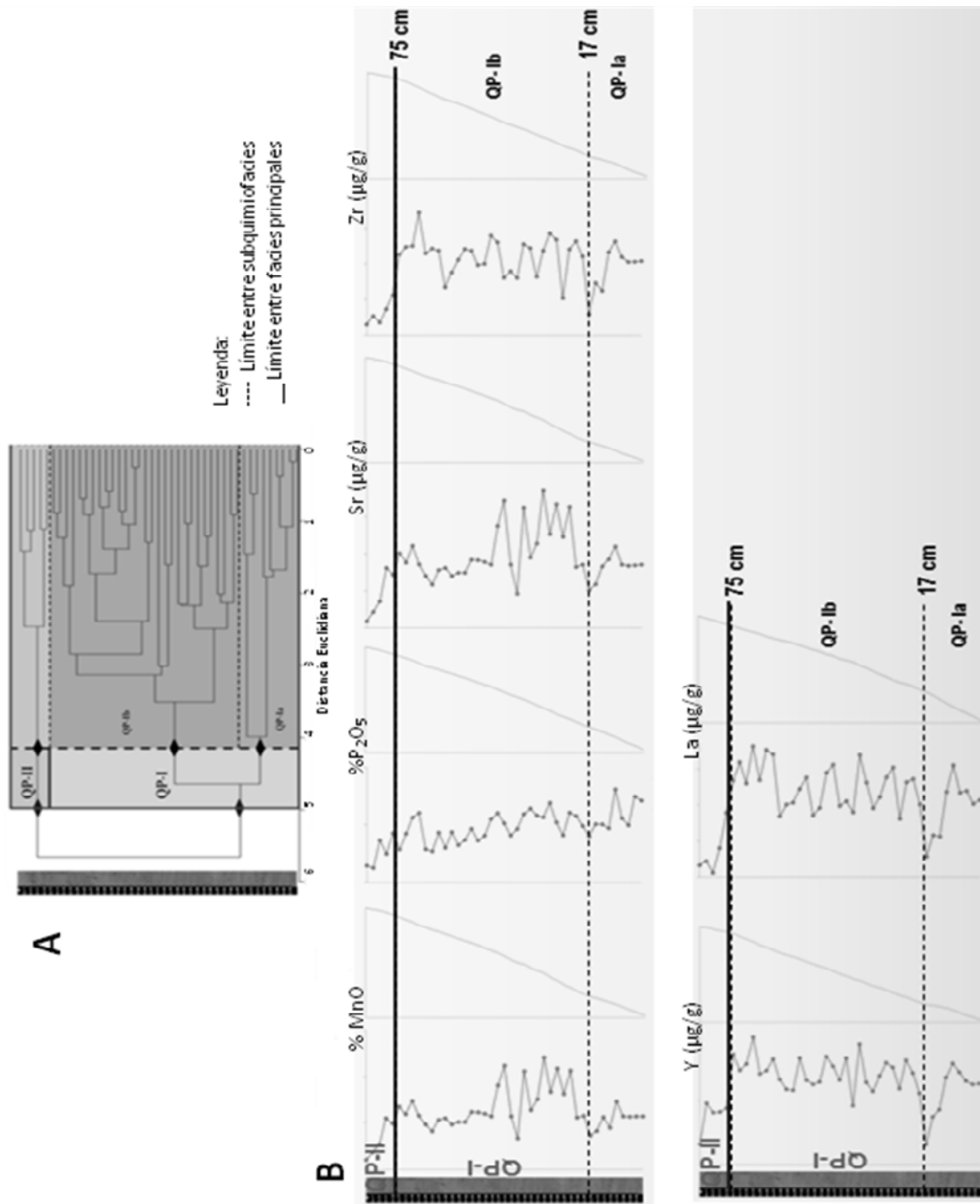


Fig. 10. A) Dendrograma de agrupamiento restringido de la asociación 3, indicadores de proveniencia. B) Perfiles quimioestratigráficos y curvas de acumulación porcentual de las variables de la asociación 3, señalando los límites entre quimiofacies y la altura estratigráfica en que se encuentran.

A partir del corte establecido a una altura euclidiana de 5,8 aproximadamente en el dendrograma de clásticos arenosos (figura 8), se obtuvieron dos quimiofacies identificadas como: Quimiofacies Clástica Arenosa – I (QCA-I) y la Quimiofacies Clástica Arenosa – II (QCA-II). En promedio QCA-I

presenta un mayor tamaño de grano y por ende mayor concentración de los elementos vinculados.

Por otra parte, para la asociación 2 al llevar a cabo un corte grueso de acuerdo a la mencionada escala de disimilitud a una altura de 11 (figura 9), se obtuvieron dos quimiofacies principales identificadas como:

Quimiofacies Clástica Limo-Arcillosa I (QCLA-I), y Quimiofacies Clástica Limo-Arcillosa II (QCLA-II).

En cuanto a la asociación tres, como ya se mencionó está vinculada a elementos indicadores de proveniencia, y al igual que con las asociaciones uno y dos, al realizar un primer corte a una altura de 8 con respecto a la escala de disimilitud, se identificaron dos quimiofacies principales (figura 10): Quimiofacies de Proveniencia I (QP-I), y Quimiofacies de Proveniencia II (QP-II). El límite entre ambas quimiofacies sugiere cambios significativos en la fuente de los sedimentos.

Cada una de las quimiofacies obtenidas a partir del método de agrupamiento restringido, son el resultado de cambios geológicos y geoquímicos significativos involucrados durante su sedimentación. Mientras que las subquimiofacies indican posibles variaciones de menor magnitud dentro del mismo proceso.

Haciendo uso de métodos gráficos, como perfiles quimioestratigráficos y las curvas de acumulación porcentual, se corrobora que los elementos incluidos en cada una de las asociaciones antes señaladas mantienen una tendencia similar y a su vez las inflexiones importantes coinciden con los cambios entre quimiofacies en orden temporal (figuras 8B, 9B y 10B).

Evaluando el comportamiento químico de los elementos cuantificados y correlacionándolos con las características litológicas de la secuencia sedimentaria estudiada, en la zona proximal del paleolago se identificaron tres zonas que corresponden a cambios significativos en el proceso de sedimentación.

La primera zona comprendida en el intervalo de altura estratigráfica 19 a 25 cm, se caracteriza por presentar cambios granulométricos importantes, acumulándose hacia la base sedimentos tamaño arena de media a fina, seguidamente se observa una disminución gradual en el tamaño de grano, encontrando algunas pulsaciones de arenas y restos de raíces, hasta llegar al tope de esta zona, en la que se acumulan los sedimentos arcillosos. La depositación de diferentes fracciones, en función de cambios de energía dentro de la corriente puede sugerir que este depósito pudo haberse llevado a cabo de forma instantánea, por eventos caóticos que promueven la formación de corrientes de turbidez.

De igual forma la química también varía dentro de esta sección, encontrando tres quimiofacies principales definidas como: quimiofacies “b”, la cual se ubica en la base de la turbidita y en donde se concentran los sedimentos de mayor tamaño, dentro de esta facies se ubica un cambio en cuanto a la proveniencia de los sedimentos (figura 10); quimiofacies “St”, abarca la fase transicional presentando una disminución del tamaño de grano; y quimiofacies “H”, relacionada con la facies de la homogenita (figura 11).

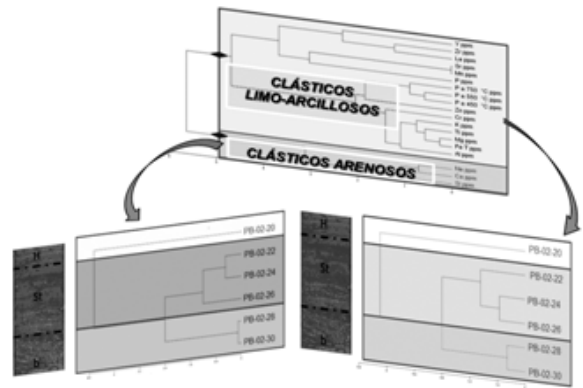


Fig. 11. Dendrogramas de agrupamiento para la sección comprendida entre 19 y 25 cm. Se observan las tres quimiofacies identificadas (H, St y b).

Para interpretar el origen del depósito turbidítico fue necesario comparar las características de la mismo con aquellas descritas en depósitos instantáneos generados por eventos climáticos y sísmicos, estudiadas en trabajos anteriores (CARRILLO *et al.* 2008, NAKAJIMA & KANAI 2000; GONZÁLEZ 2009; SHIKI 2000). A partir de esto se sugiere un evento gravitacional de los sedimentos en una de las pendientes del paleolago, causado por una pulsación sísmica (asociada al sistema de fallas de Boconó) que provocó una dinámica de desplazamiento y desencadenó el efecto seiche (figura 12).

La segunda sección en la secuencia de sedimentos proximales en donde se observan cambios en el proceso de sedimentación corresponde a la altura de 37 cm y está marcada por límites de subquimiofacies en las figuras 6 y 7. En este límite, las especies químicas que revelan el comportamiento de los sedimentos durante su depositación, están indicando variaciones en las capas de sedimentos de acuerdo a su granulometría, los valores de Si contrastantes con los de Al están mostrando un cambio de los flujos durante la sedimentación. Esto se puede atribuir a un posible aumento en el nivel del lago, por cambios climáticos, que generan pequeñas fluctuaciones en el de agua del lago, y permite la depositación de lentes de arenas (figura 13), indicando una transición a condiciones de agua más superficiales.

Además, también se observa un aumento significativo en las concentraciones de Fe y Mn, lo cual se asocia a variaciones redox en el ambiente de depositación. Es por esto que se sugiere a la altura de 37 cm como el lago cerrado en donde prevalecen las condiciones subóxicas y se caracteriza por bajas concentraciones de Fe y Mn (A), comienza a tener una mayor circulación de oxígeno debido a que empieza a

rellenarse, aumentando su nivel hasta alcanzar un nuevo sistema de aliviadero (figura 13).

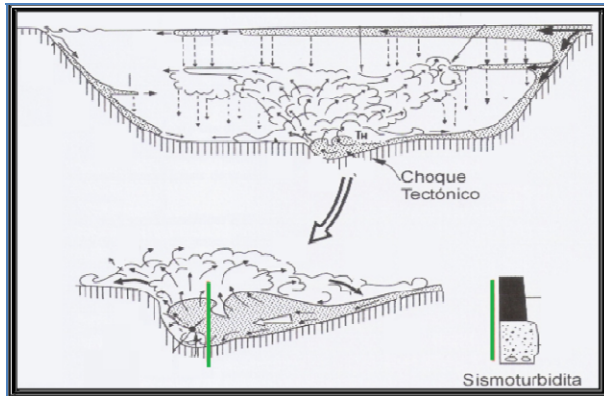


Fig. 12. El movimiento sísmico provoca una desestabilización de los sedimentos y desencadena el efecto seiche, manteniendo el limo y las partículas arcillosas en suspensión, durante este intervalo de tiempo la densidad de flujo disminuye y la mayoría de las partículas gruesas decantan.

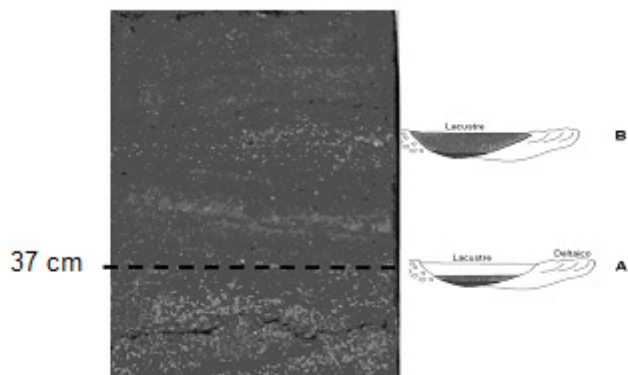


Fig. 13. Sección de secuencia de estudio, en la que se presenta en líneas punteadas el límite entre subquimiofacies, a 37 cm, y donde se propone al aumento del nivel del lago (A). Al alcanzar el nivel (B) se depositan sedimentos de mayor tamaño.

El último cambio significativo en el proceso de sedimentación se ubica desde la altura de 75 cm hasta el tope de la secuencia, y está marcada por la *Quimiofacies de Proveniencia II* (figura 10). En esta zona se propone una transición ambiental hacia condiciones de agua superficial, donde existen mecanismos de depositación de mayor energía, producto de la progradación del delta y con ello la llegada de sedimentos reciclados con mayor madurez textural, evidenciado por el aumento del tamaño de los sedimentos y el cambio en su composición (muestras dentro del ovalo, en la figura 5), generado por una variación en las condiciones climáticas que controlan

el grado de meteorización y transporte de dichos sedimentos (figura 14).

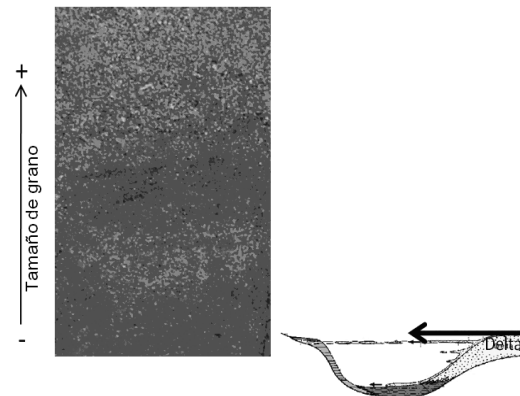


Fig. 14. Sección que abarca de 75cm de altura estratigráfica al tope de la secuencia.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al comportamiento y correlación de los elementos químicos, se identificaron tres eventos principales que dieron como resultado cambios significativos en el proceso de sedimentación. De base a tope el primero se ubica entre 19 – 25 cm de altura estratigráfica e involucra un evento gravitacional causado por una pulsación sísmica, un segundo proceso identificado a 37 cm de altura estratigráfica relacionado con cambios en el nivel del paleolago, y el último cambio se encuentra en la región identificada desde 75 cm hasta el tope de la secuencia sedimentaria, en donde existen mecanismos de depositación de mayor energía producto de la progradación del delta.

Tomando en cuenta la mineralogía y los estudios de proveniencia, los sedimentos parecen ser derivados de rocas granitoides y gneises graníticos; lo cual coincide con las unidades litológicas descritas por Schubert (1968) para el Grupo Iglesias. Además se encontró hacia el tope de la secuencia como fuente de sedimentos, un material reciclado con mayor madurez introducidos al lago por una posible progradación deltaica.

La caracterización geoquímica de la secuencia sedimentaria, permitió establecer que en el valle glaciar La Canoa, los procesos de sedimentación se han producido bajo la influencia de fluctuaciones climáticas y de la actividad sismotectónica asociada al sistema de fallas de Boconó.

## BIBLIOGRAFÍA

BEZADA M. 1989. *Geología glacial del cuaternario de la región de Santo Domingo – Pueblo Llano – Las Mesitas (Edo Mérida y Trujillo)*. Tesis Doctoral Centro de Estudios Avanzados, IVIC.

- CARRILLO E., C. BECK, F. AUDEMARD, E. MORENO & R. OLLARVES. 2008. Disentangling late Quaternary climatic and seismo-tectonic control on Lake Mucubají sedimentation (Merida Andes, Venezuela). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 259: 284-300.
- COHEN A. 2003. *Paleolimnology: the history and Evolution of Systems*. Sedimentological Archives in lake deposits. Chap. 7:162-171.
- GONZÁLEZ G. 2009. *Análisis geoquímico de sismoturbiditas holocenas en sedimentos lacustres del paleolago Los Zepa*. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Licenciada en Geoquímica, Universidad Central de Venezuela.
- LIBERATORE P. 1993. Determination of Majors in Geological. *ICP-AES. Instruments at work, Varian Application ICP-12*.
- LIBERATORE P. 1994. Determination of Trace Elements in Geological Samples. *ICP-AES. Instruments at work, Varian Application ICP-16*.
- NAKAJIMA T. & Y. KANAI. 2000. Sedimentary features of seismoturbidities triggered by the 1983 and older historical earthquakes in the eastern margin of the Japan Sea. *Sedimentary Geology* 135: 1-19.
- ROD E. 1956. Strike-slip faults of northern Venezuela: American Association of petroleum *Geologist Bulletin*. 40: 457-476.
- ROSER B. & R. KORSH. 1988. Provenance signatures of sandstone -mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chem. Geol.*, 67: 119-139
- SCHUBERT C. & R. SIFONTES. 1970. Boconó fault. Venezuela Andes: Evidence of Postglacial Movement. *Science*, 170: 66-68.
- SHIKI T, F. KUMON, Y. INOUCHI, Y. KONTANI, T. SAKAMOTO & M. TATEISHI. 2000. Sedimentary features of the seismo-turbidities, Lake Biwa, Japan. *Sedimentary Geology* 135: 37-50.