



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias
Escuela de Biología Marina

PROFESOR PATROCINANTE:

DR. MARIO PINO Q.
INSTITUTO DE GEOCIENCIAS
UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

**“COMPOSICIÓN, DISTRIBUCION Y ORIGEN DE LAS FACIES
SEDIMENTARIAS DEL LAGO PULLINQUE X REGION”**

Tesis de Grado presentada como
parte de los requisitos para optar
al Título de Biólogo Marino.

ANDRES WESTERMEYER KNOPEL

VALDIVIA – CHILE

2005

AGRADECIMIENTOS

A mi Familia.

A mis Profesores.

A mis Amigos.

INDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
1.-INTRODUCCIÓN	4
2.- MATERIAL Y MÉTODO	9
2.1- Área de Estudio	9
2.2- Extracción de muestras	12
2.3.-Análisis de laboratorio	12
2.4.-Análisis de los datos	13
3.- RESULTADOS	15
3.1.- Batimetría	15
3.2.- Análisis Mineralógico	15
3.3.- Análisis Textural	16
3.4.- Análisis Factorial y de Cluster	17
3.5.- Facies	20
4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	23
4.1.- Discusión	24
4.2.- Conclusiones	28
5.- BIBLIOGRAFÍA	32
6.- ANEXO I	37
7.- ANEXO II	38

INDICE DE TABLAS

Anexo I

Tabla 1. Resultados del análisis granulométrico expresados en porcentajes relativos.

Tabla 2. Resultados del análisis mineralógico total y porcentual.

Tabla 3. Resumen estadístico de las características texturales del total de muestras.

Tabla 4. Resumen estadístico de las características texturales por facies.

Tabla 5. Aporte de factores a la varianza según análisis factorial.

Tabla 6. Peso de los factores.

INDICE DE FIGURAS

Anexo I

Figura 1. Fotografía aérea del lago pullinque.

Figura 2. Situación geomorfológica perimetral de lago pullinque según Laugenie (1983).

Figura 3. Lago Pullinque y ubicación de puntos de muestreo y transectos para batimetría.

Figura 4. Roca madre granítica con estrías provocadas por el paso del glaciar.

Figura 5. Depósitos morrénicos influenciados por distintos procesos erosivos.

Figura 6. Distribución porcentual de mica según porcentajes de esta en análisis mineralógico de la fracción arena de entre 300 y 150 μm .

Figura 7. Distribución porcentual de cuarzo según porcentajes de este en análisis mineralógico de la fracción arena de entre 300 y 150 μm .

Figura 8. Distribución porcentual de vidrio volcánico según porcentajes de este en análisis mineralógico de la fracción arena de entre 300 y 150 μm .

Figura 9. Distribución de las variables según su peso como resultado de análisis factorial.

Figura 10. Distribución de las muestras analizadas según resultado de análisis factorial.

Figura 11. Análisis de cluster según método de Ward con las muestras separadas por distancia Euclidiana.

Figura 12. Función discriminante.

Figura 13. Facies sedimentarias según análisis granulométricos caracterizados por método de discriminantes.

Anexo II

Figura 1. Mapa batimétrico del área estudiada.

RESUMEN

El Lago Pullinque, corresponde a un pequeño cuerpo de agua ubicado en el borde occidental de los Andes en la X Región de Chile (39°32'S-72°10'O). Su principal afluente corresponde al canal Hueñinca, que nace de un sector de gran profundidad del lago Calafquen y presenta un perfil que impide el transporte por tracción de sedimento desde su cuenca de origen. Así, el aporte de material terrígeno al lago Pullinque estaría limitado a pequeñas cuencas en el perímetro del lago.

Según los diversos análisis: batimétricos, mineralógicos, sedimentológicos, texturales y estadísticos, es posible distinguir siete Facies sedimentarias que caracterizan al lago Pullinque por poseer sedimentos mayoritariamente fangosos conformados por material inorgánico y sílice biogénico, sin embargo la cantidad de material combustible es mayor que en los lagos cercanos.

Además se muestran una clara relación entre la composición mineralógica circundante al cuerpo de agua del Pullinque y las características de sus sedimentos lacustres, a la vez que existen diferencias entre los procesos de sedimentación pelágica del Pullinque y los modelos de depositación pelágica clásica. Estos fenómenos evidencian la clara dependencia de estos sedimentos del aporte de las cuencas perimetrales, además este punto estaría reforzado por el aporte de finos que se encuentran asociados a las microcuenas perimetrales

Todo lo anterior permite decir que el aporte de sedimentos al lago Pullinque está restringido a los aportes de estas pequeñas cuencas que se encuentran alrededor.

ABSTRACT

The lake Pullinque corresponds to a small water body located in the western side of the Andes in the tenth region of Chile (39°32'S-72°10'O). Its main affluent is the channel Hueñinca which springs from a deep area of lake Calafquen and presents a profile that prevents sediment transports from its original basin. Thus the terrigenous supply in lake Pullinque is limited to small basins in the lake perimeter.

According to different analysis: bathymetric, mineralogical, sedimentological, granulometric and statistical it is possible to distinguish seven sedimentary facies, which characterize lake Pullinque mainly due to muddy sediments conformed by inorganic material and biogenic silica. However combustible material is greater than in nearby lakes.

Furthermore a clear relationship between the mineralogical composition surrounding the Pullinque lake basin, and the mineral characteristics of its own sediments are shown. At the same time there are differences between the Pullinque pelagic sedimentation and the classical pelagic deposition models.

These phenomena show a clear dependence of lake sediments on the supply of the basins in his perimeter. Besides this fact is emphasized by the deposition of small particulated material going into the lake sediments through small water courses.

It is concluded that sediment contribution to lake Pullinque is restricted to the supply of this surrounding small basins.

1.- INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas lacustres son muy sensibles a la variabilidad ambiental y el principal impacto que pueden sufrir es atribuido al uso del suelo de la cuenca a la cual pertenecen (Leone & Marini, 1993). La hidrología, las características químicas del agua y la textura del suelo de la cuenca controlan las características de los sedimentos presentes en ella. Los lagos actúan como una trampa de todo el material particulado y disuelto aportado por los afluentes, sin tener en cuenta la fuente o vía de transporte (Lindstrom & Håkanson 2001).

Esto está íntimamente relacionado con el transporte de materiales desde los cauces que convergen en el lago y con las modificaciones en el manejo de la cuenca, que podrían alterar sus parámetros físico-químicos, repercutiendo en los ecosistemas que dependen de la estabilidad de la misma.

En el centro - sur de Chile se encuentra un distrito de lagos denominados Araucanos por Thomasson (1963), que se extiende en el borde occidental de Los Andes entre la Novena y la Undécima Región (Campos *et al*, 1986). El origen de estos lagos está relacionado con procesos de erosión y depositación glacial desarrollados durante la glaciación Llanquihue entre 70.000 y 14.500 años A.P. (Heusser, 1974; Laugenie, 1982). La mayor parte de los Lagos Araucanos están situados en cuencas en donde existe, desde fines de la última glaciación, una fuerte actividad volcánica.

Los bordes de los Lagos Araucanos y las cuencas adyacentes a éstos, han sufrido en los últimos años un fuerte impacto por cambio de uso del suelo, desde bosque nativo a praderas para industria lechera y plantaciones de árboles en

monocultivo (Soto & Lara, 2000). Esta zona fue poblada en una fecha no más tardía que 10.190 años A.P y desde ese momento comenzó la intervención mediante la transformación del paisaje y sus recursos naturales (Pino & Adán, 2003).

Los procesos descritos anteriormente determinan las características de los sedimentos que se depositan en un lago y permiten reconstruir la historia asociada a la cuenca. El análisis de cuencas se entiende como la parte de la geología que estudia el conjunto de sucesos y componentes (tanto de origen terrígeno como biológico) que permiten describir una cuenca sedimentaria, generalmente utilizando técnicas de carácter estratigráfico-sedimentológico. Por lo tanto para describir una cuenca y su funcionamiento en cuanto a flujos sedimentarios es necesario realizar estudios específicos de los sedimentos presentes en ella. Este análisis de sedimento debe abarcar parámetros tanto cualitativos, cuantitativos y espaciales para lograr explicar la dinámica de los sedimentos de la cuenca en estudio, y las facies que la caracterizan. Además es necesario recordar que los sedimentos constituyen desde el punto de vista científico, un componente clave en el ecosistema para la evaluación de la calidad ambiental (del Valls & Conradi, 2000).

La interpretación de los sedimentos que se acumulan en los lagos son importantes por varias razones, *i.e.* la reconstrucción ambiental y el estudio del destino de los contaminantes. Además los sedimentos entregan un registro de los eventos pasados en los lagos y en sus cuencas, y la correcta interpretación de este registro depende de la comprensión de los procesos de sedimentación (Douglas & Rippey, 2000).

Para lograr el adecuado entendimiento de la dinámica de depositación, una de las primeras etapas corresponde al conocimiento y clasificación de las texturas de los sedimentos, es decir, las características de las partículas en cuanto a su dimensión, forma y las relaciones que guardan entre sí (Pettijohn, 1963). Las características texturales se determinan principalmente por los tamaños de las partículas, las que son fiel reflejo de las condiciones dinámicas de los procesos de origen, transporte y depositación (Krumbein & Sloss, 1969; Alien, 1982; Miall, 1984). Otro aspecto importante corresponde a la interpretación de las facies granulométricas, según los resultados texturales obtenidos. El concepto de facies, acuñado por Gressly (1838) ha estado en permanente controversia hasta el presente (Reading, 1986), pues implica una idea compleja en significado y variedad de aplicaciones. Termier & Termier (1963) la conciben como el aspecto sedimentario que presenta una unidad litológica. También puede ser entendida como un cuerpo de roca o sedimento con características específicas de color, composición, textura, existencia de fósiles, estructuras sedimentarias, etc. (Elliott, 1986). En vista de lo anterior las facies son un resumen del ambiente sedimentario y sus depósitos. La mayor controversia en relación a las facies radica en la evaluación personal que se utiliza en la selección de los rasgos que la definirán (Elliott, 1986).

Un tercer aspecto quizás el de mayor complejidad, corresponde al análisis temporal de la variabilidad de las facies, con el fin de determinar los factores que gobiernan los cambios cíclicos o la variabilidad a diferentes escalas de tiempo. Por su parte el clima es un factor importante, ya que junto a las características litológicas tiene influencias en el tipo de vegetación y en los procesos de

meteorización del área de drenaje (Mogollón & Bifano, 2000), controlando la tasa y modo de depositación tanto como la composición de los sedimentos del lago (Müller, 1985).

En la zona sur de Chile se encuentra el lago Pullinque que por sus características propias descritas *a posteriori* refleja claramente la interacción de los procesos sedimentarios que ocurren en él con los procesos erosivos de su perímetro. Esto a su vez permite formar una idea de cómo la situación de los sedimentos que rodean a un lago influyen sobre este.

En la presente tesis se hipotetiza que el aporte de sedimento al lago Pullinque (Figura 1) estaría limitado solo a las micro cuencas perimetrales. Así, las características sedimentológicas de las distintas facies estarían íntimamente relacionadas con estas micro cuencas y no existiría aporte de sedimento del afluente principal proveniente del lago Calafquén.

Para probar las consecuencias de esta hipótesis el objetivo general corresponde a caracterizar sedimentológicamente las distintas facies del Lago. Los objetivos específicos son:

- Caracterizar y analizar la batimetría del lago para determinar sus características principales.
- Analizar las relaciones de concentración entre materia orgánica fina (fango) y gruesa (arena).

- Analizar la textura de los sedimentos.
- Analizar la composición mineralógica de la fracción arena.
- Establecer las relaciones entre los parámetros antes mencionados.
- Interpretar las particularidades y origen de las facies sedimentarias encontradas, según los parámetros y características del sedimento, y a su vez de la dinámica de flujos de agua que actúa sobre éste.

Este trabajo, puede contribuir de manera significativa a otros estudios relacionados con los sedimentos y las variaciones generadas en éstos por el cambio de uso del suelo en otros lagos del sur de Chile.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Área de Estudio

Al igual que la mayor parte del país, el relieve de la región se ha constituido a partir de movimientos ascensionales ocurridos durante el Terciario medio. Junto al ascenso de Los Andes y Cordillera de la Costa; la Depresión Intermedia fue el resultado de movimientos de hundimiento entre ambos bloques. Durante el Cuaternario es muy importante el modelado glacial, fluvial, y eólico. El trabajo de los glaciares que cortaron los cordones andinos y las posteriores depositaciones morrénicas han configurado un paisaje de extensos lagos. El vulcanismo es otro proceso que viene a intervenir los procesos geomorfológicos andinos, que forman parte del llamado "Cinturón de Fuego del Pacífico", generado por la subducción entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana.

Las formaciones rocosas del sector corresponden al tipo ígneo (granito y rocas volcánicas basálticas y andesíticas) y sedimentario (depositaciones fluviales y eólicas y del arrastre glacio-volcánico) . Los depósitos laháricos, son otro factor de formación de paisaje que caracteriza la Depresión Intermedia, los que proceden de los diversos volcanes de la región, entre ellos el Villarrica de la provincia de Cautín y el Choshuenco de la provincia de Valdivia.

Según Laugenie (1982) en la Región de los Lagos la Depresión Intermedia está cubierta por sedimentos jóvenes que se han depositado desde comienzos de la época glacial. Este autor reconoce tres períodos glaciares, con depositaciones morrénicas y campos de gravas fluvio-glaciares.

El lugar en que se realizó el estudio corresponde al Lago Pullinque (Fig. 1), un pequeño cuerpo de agua ubicado en el borde occidental de la Cordillera de los Andes en la X Región de Chile ($39^{\circ}32'S-72^{\circ}10'O$). Posee una superficie de 5,77 km². Destaca en este lago la presencia de una central hidroeléctrica en su efluente lo que ha provocado variaciones en el nivel natural del lago, aumentándolo en poco más de un metro. Otra característica importante es el tipo de afluente principal que posee ya que este no es un río como en la mayoría de los lagos de la región, sino que un canal proveniente del lago Calafquén. Este canal nace de un sector de gran profundidad y presenta un perfil que impide el transporte por tracción de sedimento desde la cuenca del Calafquén. Así, el aporte de material terrígeno estaría limitado a micro cuencas en el perímetro del lago. Soto y Campos (1995) postulan que mientras mayor sea el tamaño de la cuenca de la cual se colectan sus aguas, en relación con el área o espejo de aguas del lago, más sensible será éste a las modificaciones de la vegetación natural que cubre su cuenca y a los aportes de nutrientes que provengan del ecosistema terrestre adyacente.

Estas particularidades están dadas principalmente por los distintos procesos que han dado origen a este lago que corresponde a un cuerpo de agua somero. Según Laugenie (1982) fue originado por una lengua de hielo lateral que divergió desde el glacial principal que originó el lago Calafquén y que presenta facies sedimentológicas influenciadas principalmente por fenómenos geológicos ocurridos en su perímetro.

La depresión de Pullinque actualmente es la conexión entre los lagos Calafquén y Panguipulli. Las aguas del primero utilizan el cañón sub-glaciar

(probablemente tectónico) de Hueñinca y desaguan en la depresión de Pullinque para finalmente llegar al lago Panguipulli. Los modelados de erosión vertical están elaborados en un material de brechas volcánicas y lavas provenientes del estratovolcán de Quinchilca, cuyas corrientes sucesivas recubren en discordancia el zócalo granodiorítico. Hacia el noreste, las lavas discordantes han sido decapadas por los hielos, dejando un paisaje notable de lomos graníticos sub-glaciares. Estas colinas están talladas con quebradas, surcos, estriados con largas acanaladuras rectilíneas, de varios kilómetros, raspadas por el hielo. Todo el paisaje está cubierto con un manto con cenizas volcánicas holocenas. Hacia el suroeste, el glaciar provocaba incisiones en la depresión dejando en sus márgenes estrechas mesas volcánicas, en forma de muros de contención, que sirven de interfluvios y delimitan el margen sur de la depresión de Calafquén (Laugenie, 1982).

Para Laugenie (1982) el lago Pullinque tiene su origen en las enormes avalanchas que, por desprendimientos de los flancos de lavas y de brechas de la Sierra de Quinchilca que originaron al pie de las vertientes de la artesa, un embalse considerable que bloquea el lago en su situación actual (Fig. 2). Estos derrumbes obturan parcialmente el frente lacustre y obligan al efluente del lago a dirigirse hacia el suroeste entre las colinas y los flancos de artesa en un trazado zigzagueante. Estas acumulaciones caóticas no son asimilables a depósitos glaciares. Proviene exclusivamente de las vertientes y están constituidas por inmensos paquetes de sedimentos detrítico-volcánicos, caídos en bloques, organizándose en líneas con crestas paralelas.

Las rocas predominantes del sector corresponden al batolito granítico de edad cretácica (Rodríguez *et al*, 1999). El basamento granítico, se encuentra

profundamente meteorizado y la tala del bosque natural ha puesto en marcha intensos procesos de erosión producto de las aguas superficiales, la nieve, el hielo y el viento. Deslizamientos y desprendimientos están presentes en diversos sectores.

2.2.- Extracción de muestras

Las muestras fueron obtenidas en dos campañas de muestreo (Enero 2002 y 2003). La toma de las muestras se efectuó en 62 puntos ubicados arbitrariamente y georreferenciados con equipo GPS según datum WGS 84 en coordenadas UTM. Además se recorrió una serie de transectos efectuando registros continuos de ecosonda (Furuno FE 6300) con las que posteriormente se realizó la batimetría del lago (Fig. 3). La extracción de las muestras se realizó con una draga de tipo Pomar (0,1 m² de superficie de mordida) desde la embarcación Huala II, la que cuenta con un mástil de tipo A y un huinche eléctrico. Una vez que la draga con el sedimento estuvo a bordo, se obtuvo una porción de la parte central de la draga con un tubo de PVC de 10 cm de diámetro, cuidando de no tocar las paredes y el fondo para no contaminar los sedimentos. Las muestras se mantuvieron congeladas hasta comenzar los análisis de laboratorio.

2.3.-Análisis de laboratorio

Los análisis sedimentológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Geociencias de la Universidad Austral de Chile

donde la totalidad de las muestras obtenidas en el área de estudio se obtuvieron submuestras representativas del sedimento en suspendido por agitación, y la extracción de las submuestras se realizó por succión. Una de estas submuestras fue utilizada para calcular el contenido de materia combustible, para esto fue secada a 60° C durante 72 horas y luego incineradas a 550° C por 4 horas (Mills, 1978).

El sobrante de las muestras fue dividido según sus tres clases texturales principales correspondientes a grava (>2 mm), arena (2 mm – 63 μm) y fango (μm <63), mediante la metodología de tamizado húmedo propuesta por Folk (1980). Posteriormente se trabajó por separado con cada matriz, midiendo la participación de las fracciones orgánica e inorgánica. A su vez el fango se separó en las fracciones limo (63–2,0μm) y arcilla (<2,0μm).

La composición mineralógica de la matriz arena inorgánica se analizó mediante observación en una lupa binocular con 50 aumentos, con el objetivo de determinar la composición mineralógica, empleando la fracción de 150 a 300μm.

2.4.-Análisis de los datos

Con las variables texturales y granulométricas se caracterizaron los sedimentos de ambos muestreos para luego construir isolíneas de concentración porcentual en la zona de estudio empleando la interpolación con el método Kriging del programa computacional Surfer™ 8 Copyright © 1993-2002, Golden Software, Inc.

Los datos obtenidos fueron normalizados y luego se les realizaron análisis multivariados con el paquete estadístico Statgraphics™ 5,1 Copyright ©1990-1995, Microsoft Corp, para así poder caracterizar los grupos de muestras empleando sucesivamente análisis factorial del tipo clásico, en que las comunidades iniciales son determinadas por las múltiples correlaciones al cuadrado de cada variable versus cada una de las variables por sí sola. Para el análisis de cluster se utilizó el método de Ward separándolos según distancia Euclidiana. Luego se realizó un análisis discriminante, para así interpretar la información obtenida y poder conformar de manera confiable las facies sedimentarias del área muestreada.

3.- RESULTADOS

3.1.- Batimetría

En la batimetría del área de estudio se observa que la mayor profundidad (25 m) se encuentra en el sector este sur-este del Lago Pullinque (Figura 1 Anexo II). La zona costera presenta una especie de plataforma que luego de una pronunciada ladera da lugar a un área profunda con poca pendiente. También es posible distinguir una depresión longitudinal por el centro del lago que avanza desde la zona de ingreso del afluente hasta el sector de islas en la zona sur. Además se observan un grupo de once de islas que según lo observado en terreno tienen un claro origen glaciar. Las islas del sector norte corresponden a roca madre granítica que aún conserva las estrías provocadas por el paso del glaciar (Fig. 4). Por otra parte las islas del sector sur más cercano a la desembocadura corresponden a depósitos morrénicos influenciados por distintos procesos erosivos (Fig. 5).

3.2.- Análisis Mineralógico

El análisis mineralógico de una porción de la fracción de arena inorgánica entre 150-300 μ m consistió en la cuantificación de Cuarzo, Mica, vidrio volcánico y la categoría otros (Feldespatos, Piroxeno, Anfíbolos, Olivino), empleando al menos 176 granos por muestra. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 2 y la

distribución espacial se ilustra en las Figuras 6, 7 y 8 en formas de isolíneas de concentración para cada variable observada.

Como resultado de las observaciones a la lupa es posible decir que los granos de arena inorgánica de la fracción de entre 150-300 μ m presentan una clara dominancia de especímenes de origen volcánico, en que sólo el vidrio volcánico representa el 76,5% del total de las muestras.

La dispersión de las Micas y el Cuarzo es bastante similar y su distribución es inversa al del vidrio volcánico, es decir alcanzan valores mas altos en la zona sur sur-este (Tabla 2, Fig. 6 y 7). Estos valores estarían dados fundamentalmente por los procesos erosivos en el perímetro de este sector del lago donde se encuentran depósitos graníticos con mayor contenido de Cuarzo y Micas

Para el caso del vidrio volcánico, que alcanza los valores porcentuales más altos en el análisis mineralógico (Tabla 2), se observa en su distribución que tiende a alcanzar mayor relevancia en los sedimentos del sector norte nor-oeste del lago Pullinque (Fig. 8). Este fenómeno está claramente asociado con los depósitos de origen volcánico que se observan en este sector de la cuenca.

3.3.- Análisis Textural

Según lo observado al caracterizar los sedimentos del lago Pullinque (Tabla 1 y 3), es posible decir que las muestras están mayoritariamente conformadas por material inorgánico y sílice biogénico (83,1% del total de la muestras), aunque la proporción de materia orgánica combustible (MOC 16,5%) alcanza valores muy

relevantes y se encuentra generalmente asociada a sedimentos correspondientes a la fracción fina. Las zonas donde se observan mayores cantidades de MOC corresponden a la zona central del lago y especialmente a la zona de influencia de los pequeños afluentes perimetrales.

Desde el punto de vista granulométrico el componente principal corresponde a la fracción fango que corresponde al 81,5% de las muestras. En cuanto el fango inorgánico este corresponde a un 65,9% por su parte el fango combustible alcanza valores del 15,6%. A su vez el fango inorgánico fue separado en limo y arcilla inorgánica, de estos componentes se obtuvieron valores del 41,1% y del 58,6% respectivamente con respecto al total.

El segundo componente es la arena que alcanza porcentajes cercanos al 14% para el promedio de las muestras, esto corresponde a su vez a un 13,5% de arena inorgánica y a un 0,5% de arena combustible. La grava por su parte sólo se encuentra en 10 estaciones de un total de 62, con un valor promedio para el total de muestras de 4,9%.

3.4.– Análisis Factorial y de Cluster

Para realizar estos análisis se seleccionaron algunas variables de especial relevancia según los análisis granulométricos y texturales, considerando además incluir variables de manera de evitar la complementariedad y así eliminar las relaciones lineales entre los datos. Las variables seleccionadas corresponden a:

-PROF = profundidad, diferencia con respecto al nivel medio del lago en metros.

-ARCINRA = Arcilla inorgánica relativa, porcentaje de arcilla inorgánica con respecto al total de arcilla.

-ARNCMB = Arena combustible, porcentaje de arena combustible con respecto al total de arena.

-ARNTOT = Arena total, porcentaje de arena con respecto al total de la muestra.

-CMBTOT = Material combustible total, porcentaje de material combustible (carbonoso) con respecto al total de la muestra.

-FNGCMB = Fango combustible total, porcentaje de fango combustible con respecto al total del fango.

-FNGTOT = Fango total, porcentaje de fango con respecto al total de la muestra.

-GRVCMB = Grava combustible, porcentaje de grava combustible con respecto al total de grava.

-GRVINO = Grava inorgánica, porcentaje de grava inorgánica con respecto al total de grava.

-INOTOT = Material inorgánico total, porcentaje de material inorgánico con respecto al total de la muestra (en este caso incluye a la sílice de origen biogénico).

-LIMINRA = Limo inorgánico relativo, porcentaje de limo inorgánico con respecto al total de limo.

Como resultado del análisis factorial se obtuvo que los 3 primeros factores del análisis explican el 86,2% de la varianza (Tabla 5). Según los resultados del análisis factorial se observa que en el Factor I, las variables con más peso corresponden a (Tabla 6) Material inorgánico total (-0,93), Material combustible total (0,94) y Fango combustible (0,89).

En cuanto al Factor II, las variables con más peso corresponden a Arcilla inorgánica relativa (0,79, Arena combustible, Arena total (-0,79) y Fango total (0,73). Por su parte para el Factor III se observa que la variable con más peso corresponde a la Profundidad (0,54).

Usando las cargas y pesos obtenidos del análisis factorial se realizaron gráficos de distribución de las variables y de las muestras (Fig. 9 y 10). Luego los pesos de los factores sobre las muestras fueron sometidos a un análisis de cluster (Fig. 11) asociado a un análisis de correlación para la comprobación de la validez de la conformación de grupos de facies según los parámetros sedimentológicos y texturales. Sin embargo este proceso no permitió agrupar de manera confiable los grupos en cada una de las facies. Para resolver este problema se realizó un análisis discriminante al 95% de confianza con las variables originales, este nuevo procedimiento arrojó un 100% de acierto y permitió identificar la existencia de 7 facies: A, B, C, D, E, F, G, cuyas características se muestran en la Tabla 4, descritas por la función discriminante correspondiente a la Figura 12.

3.5.- Facies

Se elaboró un mapa que ilustra la distribución de las facies descritas a continuación (Fig. 13). Así es posible decir que la facies A se encuentra en las zonas cercanas al afluente y efluente del lago y además en un sector aledaño a una de las islas, por otra parte esta facies comprende el área más somera del lago (Tabla 4) con un promedio de profundidad de 4,8 m. En términos texturales las principales características a esta facies corresponden principalmente a un alto porcentaje de materia inorgánica que está muy relacionado con la granulometría gruesa, que es dominante en el sector (la facies A es la única con existencia de grava (Tabla 1. Por otra parte la facies A además se encuentra en un pequeño sector cercano a una de las islas existente en el lago Pullinque.

La facies B corresponde a una zona más profunda (15,8 m) y restringida a un pequeño sector con forma de garganta que se encuentra entre la zona más extendida del lago y la zona cercana al afluente del lago Pullinque. Texturalmente corresponde a un sector predominantemente inorgánico y arenoso. Los sedimentos arenosos del sector se encuentran bastante bien seleccionados al compararlos con la facies anterior. La facies C por su parte comprende un sector de superficie bastante pequeña y de profundidad media-baja (8,2 m; Tabla 4) y presenta un mayor contenido de materia orgánica asociado a sedimentos finos correspondiente principalmente a fango. Es conveniente acotar que en ambos sectores correspondientes a esta facies se encuentran los desagües de microcuencas perimetrales que aportarían material fino erosionado de estas por los cauces que la componen. En el caso de una pequeña área que corresponde a

esta facies, ésta también está relacionada con el aporte de sedimentos desde una pequeña cuenca perimetral. (Figuras 13 y 1 Anexo II).

La facies D corresponde a una gran área en la ribera oeste del lago Pullinque. Las características batimétricas del sector nos permiten clasificarla como de profundidad media-baja (6 m, Tabla 4). Desde el punto de vista textural y granulométrico esta zona es de sedimentos mas bien finos y mas orgánicos en que los componentes arcillosos son de gran relevancia y alcanzan los valores mas altos del área de estudio al igual que en la facies C. Este sector se encuentra muy influenciado por la presencia de pequeños cursos de agua que desembocan en el sector.

La facies E tiene una profundidad promedio de 11,5 m, lo que la clasifica dentro de los sectores medio-profundos del lago Pullinque. Según la textura y granulometría de los sedimentos presentes en esta facies, se podría decir que corresponden a una zona de alto contenido orgánico y fangoso, aunque con algo de arena. En el caso de la grava orgánica; que alcanza altos valores para este sector, esto estaría dado fundamentalmente por la presencia de grandes trozos de madera en algunas de las muestras.

La facies F es una de las más extendidas espacialmente y se encuentra en casi todo el perímetro de la depresión central del lago Pullinque. Esta zona posee una profundidad promedio de 16,3 m y es claramente fangosa, con una muy pequeña presencia de arena que la distingue de la facies G. Al igual que en otros sectores la presencia de sedimentos finos también va asociada con un mayor porcentaje de materia orgánica.

La facies G corresponde al sector central del cuerpo de agua en estudio y es la zona donde se alcanza la mayor profundidad (19,8 m). Esta zona posee la mayor cantidad relativa de fango asociado relevantemente a la materia orgánica combustible. Por su parte la presencia de arena esta reducida a su mínima expresión alcanzando valores cercanos al 0,5% para la arena total.

Al observar la cantidad relativa de materia orgánica fina (fango) y gruesa (arena) (Tabla 3) es posible decir que ambos valores son muy similares para la facies A, cercanos al doble para la relación Fango combustible (3,68) Arena combustible (1,97) en la facies B, por otra parte para las facies D, E, F y G la relación es de 50 a 1 (Fango combustible =17,3825, Arena combustible =0,3425). Los valores con mayor diferencia ser observan en la facies C donde la relación Arena v/s Fango Combustible es aproximadamente de 100 a 1 (Fango Combustible = 27,01; Arena combustible = 0,28).

4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1.- Discusión

Los sedimentos de Lago Pullinque fueron analizados y caracterizados mayoritariamente como material inorgánico, sin embargo la observación directa a la lupa ha permitido observar gran cantidad de frústulos de diatomeas que no fueron cuantificados. Esta situación revela la gran depositación de sílice biogénico en los sustratos. Esto a su vez permitiría diferenciar al Lago Pullinque con respecto al resto de los lagos de la zona, ya que según Soto y Lara (2002), en estudios que intentan explicar los bajos contenidos de clorofila en los Lagos Araucanos, las condiciones de oligotrofia y de baja productividad corresponden a sus principales características. Relacionado con esto es conveniente acotar que el Lago Pullinque corresponde a un cuerpo de agua somero y con un aporte de material terrígeno restringido a pequeñas cuencas perimetrales. En comparación con el resto de los lagos de la zona, que habitualmente alcanzan grandes profundidades y además reciben grandes aportes de material orgánico fino producto de los procesos erosivos relacionados con la cuenca.

Desde el punto de vista textural y granulométrico se observa además una serie de diferencias con otros lagos cercanos en que comparativamente hablando es posible encontrar sedimentos con menor contenido de materia orgánica (Aracena 2003), debemos recordar que en el lago Pullinque se encuentran sedimentos en que el material inorgánico y sílice biogénico alcanza el 83,1% del total de la muestras. Comparados con los lagos Calafquén y Villarrica que

alcanzan valores del 95,5 y 93% respectivamente. En el lago Pullinque la fracción fango por su parte corresponde al 81,5% de las muestras con un contenido de fango inorgánico de un 65,9%, donde el fango combustible alcanza a 15,6%. A modo de comparación en los lagos Calafquén y Villarrica existe un 70,7% - 4,03% y 89,1% - 6,5% de fango inorgánico y orgánico, respectivamente (Aracena, 2003).

El fango inorgánico del lago Pullinque al ser separado en limo y arcilla, presenta valores del 41,1% y del 58,6%, mientras que para el lago Calafquen estos mismos componentes alcanzan un 70,87% para el limo y 29,1% para la arcilla. El lago Villarrica posee un 61,9% y 38,1% de estos mismos componentes respectivamente (Aracena, 2003).

El segundo componente textural del lago Pullinque es la arena que alcanza porcentajes de 13,5% y 0,5% de arena inorgánica y combustible, respectivamente. Al revisar nuevamente las características sedimentológicas de los lagos Calafquen y Villarrica (Aracena 2003), se observa que para el lago Calafquen la fracción arena puede ser desglosada en un 20,9% de arena inorgánica y 0,38% de arena orgánica. Para el Villarrica los tales componentes alcanzan cifras de 3,8% y 0,5%, respectivamente.

En el lago Pullinque la grava sólo se encuentra en 10 estaciones de un total de 62, en las que sin embargo alcanza gran relevancia pero con un valor promedio para el total de muestras de 4,9%, donde predomina la fracción inorgánica (3,8%). La grava en los lagos Calafquen y Villarrica alcanza valores mínimos (Aracena, 2003).

Todo los factores antes mencionados permiten diferenciar al lago Pullinque de los lagos cercanos y caracterizarlo como un cuerpo de agua mucho más

productivo y por ende mas cercano a la eutrofia que los lagos con que fue comparado.

Otra característica textural notable corresponde al contenido mayor de materia orgánica y material fino en los sedimentos someros de la ribera nor-este del lago Pullinque (Facies D, Fig. 13) en que según la batimetría (Fig. 1 Anexo II) se observa una planicie costera que a primera vista parece contradictorio con el modelo de depositación pelágica citado anteriormente. Sin embargo este fenómeno podría estar relacionado con factores como el uso de suelo de la cuenca, ya que según Meyers y Ishiwatari (1995) y Meyers (1997) la materia orgánica del sedimento de un lago reacciona muy sensiblemente a las condiciones medioambientales del propio lago y su cuenca perimetral.

Desde el punto de vista de depositación de sedimentos se observa una clara relación entre la profundidad del lago y la depositación de sedimentos finos cuyas partículas son menores a 63 μm (Facies F y G, Fig. 13). Esto corresponde al sistema de depositación pelágica y es típico para sedimentos que se acumulan en la parte más profunda del lago (Håkanson & Jansson, 1983) por lo que mientras mayor sea el área profunda del lago mas sedimentos finos son los que se acumulan en esta.

La facies A, la única con existencia de grava, permite caracterizar esta zona como de mayor energía cinética, ya que el área en cuestión corresponde a los sectores donde fundamentalmente se encauza el agua, tanto a la entrada como a salida del lago, dando lugar a un aumento de la corriente, lo que a su vez originaría una remoción de la fracción fina del sedimento, dejando la grava como residuo. También esta facies se encuentra en un pequeño sector cercano a una de

las islas. La presencia de sedimentos mas gruesos en este sector estaría dado fundamentalmente por la erosión de las olas en esta pequeña isla eminentemente compuesta por sedimentos gruesos. La facies B, restringida a un pequeño sector con forma de garganta cercana al afluente del lago Pullinque, corresponde a un sector predominantemente arenoso. Según la batimetría y sedimentología del sector es posible presumir que el flujo de agua en esta área es bastante importante, aunque menor que en la facies A. Los sedimentos arenosos del sector se encuentran bastante bien seleccionados al compararlos con la facies anterior presentando características generales que lo asemejan bastante a una zona de depositación fluvial (Friedman 1961). Tal situación fluvial daría cuenta de épocas anteriores antes de la transformación del río Pullinque en lago. En otros sectores del lago Pullinque no es posible observar este fenómeno por la superficialidad con que se obtuvieron las muestras, excepto en un pequeño sector al costado de una isla en que se encuentran sedimentos pertenecientes a la facies A que texturalmente corresponde a la más gruesa y por tanto estaría asociada a zonas con una corriente mayor.

La facies C presenta un mayor contenido de materia orgánica asociado a sedimentos finos correspondiente principalmente a fango. Es conveniente acotar que en ambos sectores correspondientes a esta facies se encuentran los desagües de microcuencas perimetrales que aportarían material fino erosionado de estas por los cauces que la componen. En el caso de una pequeña área que corresponde a esta facies, ésta también está relacionada con el aporte de sedimentos desde una microcuenca perimetral, pero el sitio donde se produce la acumulación estaría algo alejado por la pendiente del lago y también por el relieve

de la costa que le daría una alta velocidad de entrada al flujo que aporta el sedimento (Figuras 13 y 1 Anexo II).

La facies D desde el punto de vista textural y granulométrico está compuesta por sedimentos más bien finos y más orgánicos en que los componentes arcillosos son de gran relevancia. Este sector se encuentra muy influido por la presencia de pequeños cursos de agua que desembocan en el sector.

La facies E corresponde a una zona de alto contenido orgánico y fangoso, aunque con algo de arena. En el caso de la grava orgánica; que alcanza altos valores para este sector, esto estaría dado fundamentalmente por la presencia de grandes trozos de madera en algunas de las muestras. Esta facies se encuentra muy relacionada con sectores costeros y de islas las que a su vez influyen sobre la dinámica de los movimientos de agua dentro del lago.

En cuanto a la mineralogía de los sedimentos se observa una clara relación entre los minerales encontrados y las características mineralógicas del perímetro del lago, cuya situación fue descrita por Laugenie (1982) (Fig. 2). Esto permitiría afirmar que el aporte de minerales y por ende del sedimento, está íntimamente ligado con los depósitos existentes en la cuenca, y descartaría la existencia de aportes de sedimentos por el afluente.

Por su parte, el cambio en la composición de la cobertura vegetal hasta dar paso a praderas de cultivo y pastoreo habría contribuido a la exportación de nutrientes desde la cuenca, debido a que las especies latifoliadas presentes en un bosque nativo son más eficientes en la retención de nutrientes al suelo, evitando que éstos lleguen a los cuerpos de agua (Soto y Campos 1995). Además, según

Heathwait et al. (1990), la remoción de la vegetación en las actividades forestales, generalmente provoca un incremento de los sedimentos en suspensión y de los nutrientes en el escurrimiento superficial hacia los cuerpos de agua. Además, la utilización de maquinaria pesada y la aplicación de técnicas convencionales de raleo y arrastre de troncos en estas actividades, pudo haber provocado el arrastre de una gran cantidad de material terrígeno al lago, transportando nutrientes y minerales al cuerpo de agua.

4.2 Conclusiones

El lago Pullinque presenta una profundidad promedio un poco mayor que 13 m mientras que la zona mas profunda llega a los 25 metros. La zona costera presenta una especie de plataforma que luego de una pronunciada ladera da lugar a un área profunda con poca pendiente. También es posible distinguir una depresión longitudinal por el centro del lago que avanza desde la zona de ingreso del afluente hasta el sector de islas en la zona sur.

Al observar la cantidad relativa de materia orgánica fina (fango) y gruesa (arena) (Tabla 3) es posible decir que ambos valores son muy similares para los sectores con características granulométricas y texturales gruesas. A medida que el sedimento se va haciendo mas fino la relación fango combustible versus arena combustible va aumentando hasta alcanzar una proporción de 50 partes de fango combustible contra 1 de arena combustible. Sin embargo el lago Pullinque posee zonas en que esta relación llega a 100 a 1 (Facies C, Figura 13). Estas zonas corresponden a desembocaduras de microcuencas perimetrales con gran aporte

de material terrígeno fino rico en materia orgánica proveniente de los procesos erosivos superficiales de la cuenca.

Texturalmente el lago Pullinque se caracteriza por poseer sedimentos mayoritariamente fangosos (Tabla 3), conformadas por material inorgánico y sílice biogénico, sin embargo la cantidad de material combustible (16,5%) es bastante alta lo que permite diferenciarlo de los clásicos lagos araucanos eminentemente oligotróficos. Las zonas donde se observan mayores cantidades de materia orgánica corresponden a la zona central del lago y especialmente a la zona de influencia de los pequeños afluentes perimetrales.

Desde el punto de vista granulométrico el componente principal corresponde a la fracción fango (81,5%). El segundo componente es la arena que alcanza porcentajes cercanos al 14% para el promedio de las muestras. La grava por su parte sólo se encuentra en 10 estaciones de un total de 62, con un máximo de 99% y con un valor promedio para el total de muestras de 4,9%. Estos 10 puntos se encuentran fundamentalmente en los extremos proximal y distal del lago, donde el flujo de agua es mas intenso, sin embargo se observa una estación en el centro del lago con estas características las que podrían sugerir un pasado con mayor dinámica de flujos de agua en el cuerpo de agua, pudiendo incluso haber pertenecido a un sistema fluvial. Sin embargo los datos obtenidos no son suficientes para lograr una conclusión inequívoca al respecto.

El análisis mineralógico de la matriz arena inorgánica perteneciente a la fracción de 150 a 300mm muestra una clara relación entre la composición mineralógica circundante al cuerpo de agua del lago Pullinque con las características minerales de sus sedimentos lacústres. Este fenómeno evidencia la

clara dependencia de estos sedimentos del aporte de las cuencas perimetrales, además este punto estaría reforzado por el aporte de finos evidenciados en el mapa de facies por procesos erosivos de la cuenca que ingresarán sedimentos al lago a través de pequeños cursos de agua.

Al relacionar los parámetros antes mencionados se obtiene que en general los sedimentos de las zonas más profundas corresponden texturalmente a la fracción más fina, más orgánica y más rica en mica y cuarzo. Este tipo de vínculos entre los aspectos anteriores presenta una clara correspondencia con el modelo de depositación pelágica descrito por Håkanson & Jansson en 1983.

Es posible decir que en el sector de ingreso del afluente no existe depositación de sedimentos, ya que sólo se observan sustratos arenosos con contenido de grava y estos no podrían ser transportados por varias razones. La primera corresponde a la inexistencia de sedimento de estas características en la zona del lago Calafquen de donde proviene el efluente de éste y a la gran profundidad de donde se origina; (Aracena 2003) pasando luego por una zona muy baja del canal Hueñinca que sirve de trampa de sedimento. La otra causa corresponde al reducido caudal y velocidad del flujo de agua que hace ingreso al lago Pullinque, ya que su afluente corresponde a una especie de “rebalse” del lago Calafquen, sin embargo este caudal si es suficiente para efectuar un “lavado” de los sedimentos existentes, es decir una remoción y transporte de material fino presente en el sector de ingreso para ser depositado posteriormente en las zonas más profundas del lago según el modelo de sedimentación pelágica (Håkanson & Jansson, 1983). Por tanto la única posibilidad de entrada de sedimento al cuerpo de agua del Pullinque es a través de las cuencas perimetrales; situación que se

confirma por la clara relación mineralógica textural y granulométrica entre los sedimentos lacustres y los que se encuentran en su perímetro.

5.- BIBLIOGRAFÍA

Alien, J.R.L. 1982. Sedimentary Structures: Their Character and Physical Basis. Developments in Sedimentology 30, Amsterdam, Elsevier, 679 p

Aracena, C. 2003 Comparación del contenido de metales traza en sedimentos de los lagos Villarrica y Calafquen, distrito de los lagos araucanos centro sur de Chile. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile, 48p

Campos, H., Agüero, G. & Steffen, W., 1986. Alteraciones en Lagos Araucanos por el aumento del ingreso de nutrientes. 2º Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente. Versiones Abreviadas Tomo I. p 76 – 80.

del Valls, T. A & Conradi, M. 2000. Avances en ecotoxicología marina: Comparación entre test de laboratorio y estudios in situ para la evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos. Ciencias Marinas 26 (1): 39 – 64.

Douglas, R. & Rippey, B. 2000. The random redistribution of sediment by wind in a lake. Limnology and Oceanography 45 (3): 686 – 694.

Folk, R. L., 1980 Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Co. Austin Texas, USA 184 p.

Friedman, G.M., 1961. Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *J. Sediment. Petrol.* 31 514– 529p.

Frutos, J., Oyarzun R., Pincheira M. 1985. *Geología y recursos minerales de Chile, Tomo II. U de Concepción 1985. 923 p.*

Emery, K. O., 1938 Rapid method of mechanical analysis of sand. *Jour. Sed. Petr.*, 8: 105-111.

Elliott, T. 1986. Deltas. In: Reading, H.G. (Ed.). *Sedimentary Environments and Facies.* Oxford, Blackwell, p. 113-154.

Gressly, A. 1838. *Observations géologiques sur le Jura Soleurois.* *Ges. Ges. Naturw.*

Håkanson, L. & Jansson, M. 1983. *Principles of Lake Sedimentology.* Springer – Verlag, Berlin. 316 pp.

Heathwait, A. Burt, T & Trudgill, S 1990. The effect of land use on nitrogen, phosphorus and suspended sediment delivery to streams in a small catchment in southwest England. En: Thormes JW (ed) *Vegetation and erosion. Processes and environments:* 161-177. John Wiley & Sons Ltd. Press, New York, New York.

Heusser, C. 1974. Vegetation and climate of the southern Chilean lake district during and since the last interglaciation. *Quaternary Research* 4: 299-315.

Krumbein, W.C.; Sloss, L.L. 1969. *Estratigrafía y Sedimentación*. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana, 778 p. México.

Laugenie, C. 1982. *La Región des Lacs, Chili Meridional. Reserches sur l'évolution geomorphologique d'un piedmont glaciaire quaternarie andin*. These de doctorat detat presente devant l'Universite de Bordeaux III. Tome I. 332 p

Leone, A. & Marini, R. 1993. Assesment and mitigation of the effects of land use in a lake basin (Lake Vico in Central Italy). *Journal of Environmental Management* 39, 39-59.

Lindström, M. & Håkanson, L. 2001. A Model to calculate heavy metal load to lakes dominated by urban runoff and diffuse inflow. *Ecological Modelling* 137, 1-21.

Meyers P.A. and Ishiwatari R. 1995. Organic matter accumulation records in lake sediments. In: Lerman A., Imboden D. and Gat J. (eds), *Physics and Chemistry of Lakes*. Springer Verlag, Berlin, pp. 279–328

Meyers P.A. 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. *Org. Geochem.* 27: 213–250.

Miall, Andrew D. 1984 "Facies Models", 2nd Ed. Edited by Roger G. Walker, McMaster University.

Mills, A. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestions for a Standard method. *Hidrobiología*, 57 (1): 45-42.

Mogollon, J.L. & Bifano, C. 2000. Tracking the metal distribution in the tropical Valencia lake catchment: Soil, Rivers and Lake Environmental Geochemistry and Health 22: 131-153.

Müller, J., Pino, M., Volland, S., Brümmer, R. & Wallner, J. 2000. Erste Ergebnisse flutseismischer Aufnahmen in der chilenischen Seen (Lago Ranco und Lago Villarrica). 17. Lateinamerika – Kollokium, Stuttgart.

Pino, M. & Adán, L. 2003. Post-Glacial human occupations in high active environments, Calafquén, Chile. First Symposium on mass balance of Andean glaciers, CECS, Chile. p 51.

Pettijohn, F.J. (1963). *Rocas sedimentarias*. Buenos Aires. Eudeba. 731 p. (manuales de Eudeba/Ciencias Naturales).

Reading, H.G. 1986. *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Scientific Publications, 615 p

Rodríguez, C., Pérez, Y., Moreno, H., Clayton, J., Antinao, J.L., Duhart, P., Martin, M. 1999. Área de Panguipulli-Riñihue, Región de los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos, No. 10, 1 mapa escala 1:100.000.

Soto, D. & Campos, H. 1995 Los lagos oligotróficos del bosque templado húmedo del sur de Chile. En: J. Armesto, M. Kahlin & C Villagrán (eds) *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. p 317-334

Soto, D. & Lara, A. 2000. Servicios Ecosistémicos de los Bosques Nativos. Primack, R; Rozzi, R; Feinsinger, P; Dirzo, R; Mazzardo, F. (Eds.) *Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas*. Fondo de la Cultura Económica. México. p 295 – 297.

Termier, H. y Termier, G. (1963). *Erosión and sedimentation*. London, Van Nostrand. 433 p.

Thomasson, K. 1963. Araucarian Lakes. *Plankton studies in North Patagonian with notes on terrestrial vegetation*. Acta Phytogeogr. Suec., 47: 1-139.

6.- Anexo I

Tablas y Figuras.

Tabla 1. Resultados del análisis granulométrico expresados en porcentajes relativos.

MUESTRA	PROF	INO TOT	CMB TOT	CRB TOT	GRV TOT	ARN TOT	FNG TOT	GRV INO	GRV CMB	GRV CRB	ARN INO	FNG INO	ARN CMB	FNG CMB	ARN INR	ARN CBR	FNG INR	FNG CBR	LIM INRA	ARC INRA	LIM INRR	ARC INRR	GRV CRBA	ARN CRBA	GRV CRBR	ARN CRBR
1	3,0	96,5	2,9	0,5	89,4	1,6	9,0	98,3	1,2	0,5	1,5	7,2	0,0	1,8	98,6	1,5	79,5	20,5	2,8	4,4	39,2	60,9	0,5	0,1	85,2	14,8
2	6,0	76,3	23,7	0,0	0,0	1,6	98,5	0,0	0,0	0,0	1,0	75,3	0,5	23,2	66,7	33,3	76,5	23,5	18,9	56,3	25,2	74,8	0,0	0,0	0,0	0,0
3	2,0	97,7	1,2	1,1	10,8	87,3	1,9	98,9	0,9	0,2	85,4	1,6	0,8	0,3	99,0	1,0	85,4	14,6	0,7	0,9	42,5	57,6	0,0	1,1	1,4	98,6
4	6,0	83,7	16,3	0,0	0,0	3,9	96,1	0,0	0,0	0,0	3,9	79,8	0,0	16,3	99,5	0,5	83,0	17,0	17,4	62,4	21,8	78,2	0,0	0,0	0,0	0,0
5	8,0	85,0	15,0	0,0	0,0	3,4	96,6	0,0	0,0	0,0	3,3	81,8	0,1	14,9	97,0	3,0	84,6	15,4	35,3	46,5	43,2	56,8	0,0	0,0	0,0	0,0
6	16,0	80,6	19,4	0,0	0,0	5,3	94,7	0,0	0,0	0,0	4,9	75,7	0,4	19,1	92,8	7,3	79,9	20,1	29,5	46,2	38,9	61,1	0,0	0,0	0,0	0,0
7	18,0	82,7	17,3	0,0	0,0	2,3	97,7	0,0	0,0	0,0	2,2	80,5	0,1	17,2	96,3	3,7	82,4	17,6	34,0	46,4	42,3	57,7	0,0	0,0	0,0	0,0
8	20,0	82,2	17,8	0,0	0,0	0,6	99,4	0,0	0,0	0,0	0,6	81,6	0,1	17,8	92,6	7,4	82,1	17,9	30,1	51,5	36,9	63,1	0,0	0,0	0,0	0,0
9	16,0	83,6	16,4	0,0	0,0	4,1	95,9	0,0	0,0	0,0	4,0	79,6	0,1	16,3	96,9	3,2	83,0	17,0	28,1	51,5	35,3	64,7	0,0	0,0	0,0	0,0
10	18,0	85,9	14,1	0,0	0,0	4,6	95,4	0,0	0,0	0,0	2,3	83,6	2,3	11,8	49,2	50,8	87,6	12,4	24,2	59,5	28,9	71,1	0,0	0,0	0,0	0,0
11	18,0	73,6	26,4	0,0	0,0	52,4	47,6	0,0	0,0	0,0	50,8	22,8	1,5	24,9	97,1	2,9	47,8	52,2	11,3	11,5	49,6	50,5	0,0	0,0	0,0	0,0
12	6,0	97,5	2,6	0,0	33,8	62,5	3,8	98,6	1,4	0,0	61,4	2,8	1,1	0,9	98,2	1,8	74,9	25,2	1,2	1,7	41,0	59,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	4,0	89,6	10,4	0,0	0,0	12,8	87,2	0,0	0,0	0,0	12,3	77,3	0,4	10,0	96,8	3,2	88,6	11,5	46,5	30,8	60,1	39,9	0,0	0,0	0,0	0,0
14	16,0	93,5	6,5	0,0	0,0	63,4	36,6	0,0	0,0	0,0	61,5	32,0	1,9	4,6	97,0	3,0	87,3	12,7	18,4	13,6	57,4	42,6	0,0	0,0	0,0	0,0
15	18,0	87,0	13,0	0,0	0,0	16,9	83,1	0,0	0,0	0,0	16,4	70,6	0,5	12,5	96,9	3,1	85,0	15,0	25,8	44,8	36,5	63,5	0,0	0,0	0,0	0,0
16	20,0	82,9	17,1	0,0	0,0	1,5	98,5	0,0	0,0	0,0	1,4	81,5	0,1	17,0	94,3	5,7	82,7	17,3	30,1	51,5	36,9	63,1	0,0	0,0	0,0	0,0
17	14,0	75,5	24,5	0,0	0,0	1,9	98,1	0,0	0,0	0,0	1,7	73,8	0,2	24,3	89,0	11,0	75,2	24,8	19,8	54,0	26,9	73,1	0,0	0,0	0,0	0,0
18	14,0	79,5	20,5	0,0	0,0	2,2	97,8	0,0	0,0	0,0	2,2	77,3	0,1	20,5	97,2	2,8	79,1	20,9	31,5	45,8	40,7	59,3	0,0	0,0	0,0	0,0
19	16,0	77,1	22,9	0,0	0,0	4,0	96,0	0,0	0,0	0,0	3,7	73,4	0,3	22,6	92,9	7,1	76,5	23,5	37,7	35,7	51,4	48,6	0,0	0,0	0,0	0,0
20	16,0	78,0	22,0	0,0	0,0	1,1	98,9	0,0	0,0	0,0	1,0	77,0	0,1	21,9	91,1	8,9	77,8	22,2	37,7	39,2	49,0	51,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	21,0	80,6	19,4	0,0	0,0	0,5	99,5	0,0	0,0	0,0	0,4	80,3	0,1	19,3	76,0	24,0	80,6	19,4	28,1	52,2	35,0	65,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	22,0	81,0	19,0	0,0	0,0	0,7	99,3	0,0	0,0	0,0	0,5	80,5	0,2	18,8	72,3	27,7	81,1	18,9	30,7	49,8	38,1	61,9	0,0	0,0	0,0	0,0
23	26,0	80,5	19,5	0,0	0,0	0,4	99,6	0,0	0,0	0,0	0,3	80,2	0,1	19,4	76,2	23,8	80,6	19,5	31,7	48,5	39,5	60,5	0,0	0,0	0,0	0,0
24	20,0	80,9	19,2	0,0	0,0	1,2	98,8	0,0	0,0	0,0	1,2	79,7	0,1	19,1	96,0	4,0	80,7	19,3	51,5	28,2	64,6	35,4	0,0	0,0	0,0	0,0
25	18,0	83,0	17,0	0,0	0,0	1,4	98,6	0,0	0,0	0,0	1,3	81,7	0,1	16,9	93,9	6,1	82,8	17,2	33,6	48,1	41,1	58,9	0,0	0,0	0,0	0,0
26	16,0	83,3	16,7	0,0	0,0	1,1	98,9	0,0	0,0	0,0	1,0	82,3	0,1	16,6	90,3	9,7	83,2	16,8	35,9	46,4	43,6	56,4	0,0	0,0	0,0	0,0
27	17,0	89,4	10,6	0,0	0,0	12,5	87,5	0,0	0,0	0,0	12,0	77,4	0,5	10,1	96,4	3,6	88,4	11,6	22,1	55,3	28,5	71,5	0,0	0,0	0,0	0,0
28	18,0	81,1	18,9	0,0	0,0	0,3	99,7	0,0	0,0	0,0	0,3	80,8	0,1	18,8	78,1	21,9	81,1	18,9	32,5	48,4	40,2	59,9	0,0	0,0	0,0	0,0
29	12,0	93,0	7,0	0,0	0,0	31,0	69,0	0,0	0,0	0,0	30,5	62,6	0,5	6,4	98,3	1,7	90,7	9,3	30,3	32,3	48,4	51,6	0,0	0,0	0,0	0,0
30	6,0	97,7	2,3	0,0	18,5	78,2	3,3	95,9	4,1	0,0	77,2	2,8	1,0	0,5	98,7	1,3	84,7	15,3	1,0	1,8	34,6	65,5	0,0	0,0	0,0	0,0
31	6,0	85,9	14,1	0,0	0,0	2,2	97,8	0,0	0,0	0,0	2,0	83,9	0,2	13,9	90,8	9,2	85,8	14,2	49,8	34,1	59,4	40,7	0,0	0,0	0,0	0,0
32	12,0	74,4	25,6	0,0	16,8	16,8	66,5	0,0	100,0	0,0	16,2	58,2	0,5	8,3	96,9	3,1	87,6	12,5	28,4	29,9	48,7	51,3	0,0	0,0	0,0	0,0
33	14,0	81,5	18,5	0,0	0,0	2,1	98,0	0,0	0,0	0,0	1,9	79,6	0,2	18,4	92,4	7,7	81,2	18,8	35,8	43,7	45,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	6,0	81,9	18,1	0,0	2,9	2,9	94,2	0,0	100,0	0,0	2,6	79,3	0,3	14,9	88,6	11,4	84,2	15,8	23,7	55,6	29,9	70,1	0,0	0,0	0,0	0,0
35	3,0	82,4	17,6	0,0	1,5	1,5	97,0	0,0	100,0	0,0	1,4	81,1	0,1	16,0	91,7	8,3	83,5	16,5	39,7	41,4	48,9	51,1	0,0	0,0	0,0	0,0
36	6,0	97,6	2,4	0,0	7,7	89,6	2,6	97,9	2,1	0,0	87,9	2,1	1,7	0,6	98,1	1,9	79,4	20,7	0,5	1,6	23,7	76,3	0,0	0,0	0,0	0,0
37	6,0	97,5	2,5	0,0	99,6	0,1	0,3	97,6	2,4	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	91,5	8,6	53,3	46,7	0,0	0,2	5,9	94,1	0,0	0,0	0,0	0,0
38	6,0	83,1	16,9	0,0	0,0	2,2	97,9	0,0	0,0	0,0	1,9	81,2	0,3	16,6	86,4	13,7	83,0	17,0	30,5	50,7	37,6	62,5	0,0	0,0	0,0	0,0
39	16,0	82,4	17,6	0,0	0,0	3,0	97,0	0,0	0,0	0,0	2,8	79,6	0,2	17,5	94,4	5,6	82,0	18,0	33,3	46,3	41,8	58,2	0,0	0,0	0,0	0,0
40	16,0	83,5	16,5	0,0	0,0	1,5	98,5	0,0	0,0	0,0	1,4	82,1	0,1	16,4	91,5	8,5	83,4	16,6	36,2	46,0	44,0	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	20,0	83,2	16,8	0,0	0,0	0,2	99,8	0,0	0,0	0,0	0,2	83,0	0,1	16,7	74,5	25,5	83,2	16,8	37,3	45,7	45,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0

42	20,0	81,5	18,5	0,0	0,0	0,2	99,9	0,0	0,0	0,0	0,1	81,4	0,0	18,5	70,1	29,9	81,5	18,5	30,8	50,6	37,8	62,2	0,0	0,0	0,0	0,0
43	18,0	82,5	17,5	0,0	0,0	0,5	99,5	0,0	0,0	0,0	0,5	82,0	0,1	17,5	91,4	8,6	82,4	17,6	27,4	54,6	33,4	66,6	0,0	0,0	0,0	0,0
44	16,0	95,8	4,2	0,0	0,0	73,9	26,1	0,0	0,0	0,0	72,6	23,1	1,3	3,0	98,3	1,7	88,7	11,3	9,0	14,1	39,1	60,9	0,0	0,0	0,0	0,0
45	14,0	92,1	7,9	0,0	0,0	54,7	45,3	0,0	0,0	0,0	52,6	39,5	2,1	5,8	96,1	3,9	87,2	12,8	19,0	20,5	48,2	51,8	0,0	0,0	0,0	0,0
46	12,0	76,5	23,5	0,0	0,0	1,0	99,0	0,0	0,0	0,0	0,8	75,6	0,2	23,4	83,3	16,7	76,4	23,6	55,5	20,1	73,4	26,6	0,0	0,0	0,0	0,0
47	20,0	88,7	11,3	0,0	0,0	1,3	98,7	0,0	0,0	0,0	1,1	87,6	0,2	11,2	87,4	12,6	88,7	11,3	38,7	48,9	44,1	55,9	0,0	0,0	0,0	0,0
48	22,0	77,9	22,2	0,0	0,0	0,3	99,7	0,0	0,0	0,0	0,2	77,6	0,1	22,1	75,2	24,8	77,9	22,2	33,5	44,1	43,2	56,8	0,0	0,0	0,0	0,0
49	20,0	79,8	20,2	0,0	0,0	0,2	99,8	0,0	0,0	0,0	0,2	79,6	0,1	20,2	76,0	24,1	79,8	20,2	31,2	48,4	39,2	60,8	0,0	0,0	0,0	0,0
50	15,0	80,1	19,9	0,0	0,0	0,3	99,7	0,0	0,0	0,0	0,2	79,9	0,1	19,9	82,4	17,6	80,1	19,9	29,7	50,2	37,2	62,8	0,0	0,0	0,0	0,0
51	17,0	74,0	4,7	21,3	22,2	67,4	10,4	0,0	3,8	96,2	64,9	9,1	2,6	1,3	96,2	3,8	87,5	12,5	4,2	4,9	46,3	53,7	21,3	0,0	100,0	0,0
52	15,0	81,3	18,7	0,0	0,0	2,7	97,3	0,0	0,0	0,0	2,6	78,8	0,1	18,5	94,7	5,3	80,9	19,1	30,8	48,0	39,1	60,9	0,0	0,0	0,0	0,0
53	5,0	69,1	30,9	0,0	0,0	3,7	96,3	0,0	0,0	0,0	3,3	65,8	0,5	30,5	87,8	12,2	68,4	31,6	44,1	21,7	67,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	2,0	66,4	33,6	0,0	0,0	13,1	86,9	0,0	0,0	0,0	10,9	55,5	2,2	31,4	83,1	16,9	63,9	36,1	40,5	15,1	72,8	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0
55	16,0	74,6	23,6	1,9	0,0	10,2	89,8	0,0	0,0	0,0	7,8	66,8	0,6	23,0	93,5	6,6	74,4	25,7	29,9	36,8	44,8	55,2	0,0	1,9	0,0	100,0
56	11,0	70,8	29,2	0,0	0,0	0,9	99,1	0,0	0,0	0,0	0,5	70,2	0,3	28,9	61,0	39,1	70,9	29,2	54,5	15,7	77,6	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0
57	5,0	74,6	25,4	0,0	0,0	0,3	99,7	0,0	0,0	0,0	0,1	74,4	0,2	25,3	45,7	54,4	74,7	25,4	17,5	56,9	23,5	76,5	0,0	0,0	0,0	0,0
58	17,0	80,6	19,4	0,0	0,0	21,9	78,1	0,0	0,0	0,0	20,5	60,1	1,4	18,0	93,6	6,4	76,9	23,1	24,8	35,3	41,3	58,7	0,0	0,0	0,0	0,0
59	4,0	80,1	19,9	0,0	0,0	1,5	98,5	0,0	0,0	0,0	1,3	78,8	0,1	19,7	91,1	8,9	80,0	20,0	21,5	57,4	27,2	72,8	0,0	0,0	0,0	0,0
60	7,0	84,5	15,5	0,0	0,0	0,9	99,1	0,0	0,0	0,0	0,9	83,6	0,1	15,5	90,8	9,2	84,4	15,6	15,4	68,2	18,5	81,6	0,0	0,0	0,0	0,0
61	8,0	86,0	14,0	0,0	0,0	4,2	95,8	0,0	0,0	0,0	4,1	81,9	0,1	13,8	97,1	2,9	85,6	14,5	24,1	57,9	29,4	70,7	0,0	0,0	0,0	0,0
62	3,0	81,3	18,7	0,0	0,0	2,3	97,7	0,0	0,0	0,0	2,2	79,1	0,1	18,6	96,3	3,7	81,0	19,1	27,2	51,9	34,4	65,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Promedio	13,0	83,1	16,5	0,4	4,9	13,6	81,5	9,5	5,1	1,6	13,1	65,9	0,5	15,6	88,7	11,3	80,5	19,5	27,5	38,4	41,4	58,6	0,4	0,0	3,0	3,4

Tabla 2. Resultados del análisis mineralógico total y porcentual.

Muestra	Cuarzo	Mica	Vidrio Volcánico	Otros	Total	%Cuarzo	%Mica	%Vidrio Volcánico	%Otros
1	40	2	114	20	176	22,7	1,1	64,8	11,4
2	44	0	158	6	208	21,2	0,0	76,0	2,9
3	64	0	64	99	227	28,2	0,0	28,2	43,6
4	54	0	162	27	243	22,2	0,0	66,7	11,1
5	16	0	194	11	221	7,2	0,0	87,8	5,0
6	20	0	228	14	262	7,6	0,0	87,0	5,3
7	21	1	199	14	235	8,9	0,4	84,7	6,0
8	54	0	184	14	252	21,4	0,0	73,0	5,6
9	15	0	175	28	218	6,9	0,0	80,3	12,8
10	16	1	200	11	228	7,0	0,4	87,7	4,8
11	14	1	184	13	212	6,6	0,5	86,8	6,1
12	118	7	95	17	237	49,8	3,0	40,1	7,2
13	56	4	177	17	254	22,0	1,6	69,7	6,7
14	19	9	223	7	258	7,4	3,5	86,4	2,7
15	20	6	254	24	304	6,6	2,0	83,6	7,9
16	18	7	203	15	243	7,4	2,9	83,5	6,2
17	18	1	240	15	274	6,6	0,4	87,6	5,5
18	16	1	234	10	261	6,1	0,4	89,7	3,8
19	15	2	206	10	233	6,4	0,9	88,4	4,3
20	15	1	170	5	191	7,9	0,5	89,0	2,6
21	59	1	165	17	242	24,4	0,4	68,2	7,0
22	50	4	164	18	236	21,2	1,7	69,5	7,6
23	71	6	183	7	267	26,6	2,2	68,5	2,6
24	21	0	204	15	240	8,8	0,0	85,0	6,3
25	2	0	183	20	205	1,0	0,0	89,3	9,8
26	99	2	216	10	327	30,3	0,6	66,1	3,1
27	15	1	204	8	228	6,6	0,4	89,5	3,5
28	69	8	206	17	300	23,0	2,7	68,7	5,7
29	1	0	230	11	242	0,4	0,0	95,0	4,5
30	12	0	199	25	236	5,1	0,0	84,3	10,6
31	45	4	153	23	225	20,0	1,8	68,0	10,2
32	19	0	179	13	211	9,0	0,0	84,8	6,2
33	121	3	131	8	263	46,0	1,1	49,8	3,0
34	59	6	201	14	280	21,1	2,1	71,8	5,0
35	40	2	151	13	206	19,4	1,0	73,3	6,3
36	55	0	169	57	281	19,6	0,0	60,1	20,3
37	62	8	158	13	241	25,7	3,3	65,6	5,4
38	38	4	156	10	208	18,3	1,9	75,0	4,8
39	56	2	206	8	272	20,6	0,7	75,7	2,9
40	33	3	186	13	235	14,0	1,3	79,1	5,5
41	55	1	183	13	252	21,8	0,4	72,6	5,2
42	48	1	211	9	269	17,8	0,4	78,4	3,3
43	29	4	216	17	266	10,9	1,5	81,2	6,4

44	2	2	225	18	247	0,8	0,8	91,1	7,3
45	51	15	204	21	291	17,5	5,2	70,1	7,2
46	23	4	212	23	262	8,8	1,5	80,9	8,8
47	25	5	210	16	256	9,8	2,0	82,0	6,3
48	34	2	205	20	261	13,0	0,8	78,5	7,7
49	28	1	204	23	256	10,9	0,4	79,7	9,0
50	37	3	120	14	174	21,3	1,7	69,0	8,0
51	34	1	249	29	313	10,9	0,3	79,6	9,3
52	37	2	190	14	243	15,2	0,8	78,2	5,8
53	25	7	231	22	285	8,8	2,5	81,1	7,7
54	43	1	188	29	261	16,5	0,4	72,0	11,1
55	68	0	135	41	244	27,9	0,0	55,3	16,8
56	46	0	160	17	223	20,6	0,0	71,7	7,6
57	50	1	155	22	228	21,9	0,4	68,0	9,6
58	2	0	199	8	209	1,0	0,0	95,2	3,8
59	23	4	208	12	247	9,3	1,6	84,2	4,9
60	31	0	204	20	255	12,2	0,0	80,0	7,8
61	24	1	177	18	220	10,9	0,5	80,5	8,2
62	24	1	184	8	217	11,1	0,5	84,8	3,7
Promedio	37,4	2,5	186,7	17,9	244,5	15,2	1,0	76,5	7,4

Tabla 3. Resumen estadístico de las características texturales del total de muestras.

	Promedio	Desviación Estándar
PROF	13,07	6,36
INOTOT	84,04	15,11
CMBTOT	16,58	7,42
ARNTOT	14,93	27,88
FNGTOT	89,97	46,07
GRVINO	13,21	39,71
GRVCMB	7,85	33,29
ARNCMB	0,47	0,65
FNGCMB	15,67	7,75
LIMINRA	27,71	13,77
ARCINRA	39,06	19,47

Tabla 4. Resumen estadístico de las características texturales por facies.

FACIES	A	B	C	D	E	F	G
Numero de Muestras	6	4	4	9	11	15	13
Promedio							
PROF	4,83	15,75	8,25	6,00	11,57	16,34	19,85
INOTOT	97,42	90,10	72,79	82,99	82,94	81,48	80,73
CMBTOT	2,32	5,86	27,29	17,13	17,86	18,55	19,30
ARNTOT	58,68	65,14	1,48	2,46	17,18	2,97	0,51
FNGTOT	3,49	29,86	98,78	97,66	83,47	97,33	99,54
GRVINO	97,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GRVCMB	2,02	0,95	0,00	0,00	41,54	0,00	0,00
ARNCMB	0,79	1,97	0,28	0,17	0,94	0,18	0,08
FNGCMB	0,71	3,68	27,01	16,96	14,98	18,37	19,22
LIMINRA	1,02	12,68	43,44	26,85	28,97	32,36	33,33
ARCINRA	1,76	13,28	29,20	54,23	37,90	46,42	47,14
Desviación Estándar							
PROF	1,84	1,27	3,79	1,66	6,65	1,94	2,85
INOTOT	1,86	19,69	4,95	5,48	14,03	6,15	2,63
CMBTOT	0,58	1,71	3,52	3,21	8,23	3,40	1,59
ARNTOT	48,19	10,55	1,54	1,15	15,23	2,34	0,33
FNGTOT	2,96	15,65	8,36	5,24	24,95	8,07	3,13
GRVINO	4,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GRVCMB	1,16	1,91	0,00	0,00	66,96	0,00	0,00
ARNCMB	0,67	0,53	0,14	0,15	0,79	0,13	0,04
FNGCMB	0,62	1,97	3,38	3,12	7,63	3,32	1,59
LIMINRA	0,96	7,29	19,06	11,44	10,48	4,94	6,85
ARCINRA	1,42	6,45	20,64	11,52	17,14	5,46	7,56

Tabla 5. Aporte de factores a la varianza según análisis factorial.

Nº Factor	Valor Propio	Porcentaje de Varianza	Porcentaje de Varianza Acumulado
I	5,9789	64,532	64,532
II	1,1988	12,94	77,472
III	0,8048	8,687	86,159
IV	0,6221	6,715	92,874
V	0,5097	5,501	98,375
VI	0,1242	1,341	99,716
VII	0,0263	0,284	100

Tabla 6. Peso de los factores.

	Factor I	Factor II	Factor III
PROF	0,189889	0,131159	0,548240
ARCINRA	0,274493	0,794437	0,308121
ARNCMB	-0,087017	-0,795988	0,142186
ARNTOT	-0,491224	-0,752041	0,002170
CMBTOT	0,947533	0,195891	-0,092747
FNGCMB	0,895801	0,279554	0,054579
FNGTOT	0,620440	0,735277	0,231737
GRVCMB	0,090699	0,065474	-0,518010
GRVINO	-0,704131	-0,305136	-0,423377
INOTOT	-0,932585	-0,162684	-0,070210
LIMINRA	0,672082	0,382673	0,057108



Figura 1. Fotografía aérea del lago pullinque.

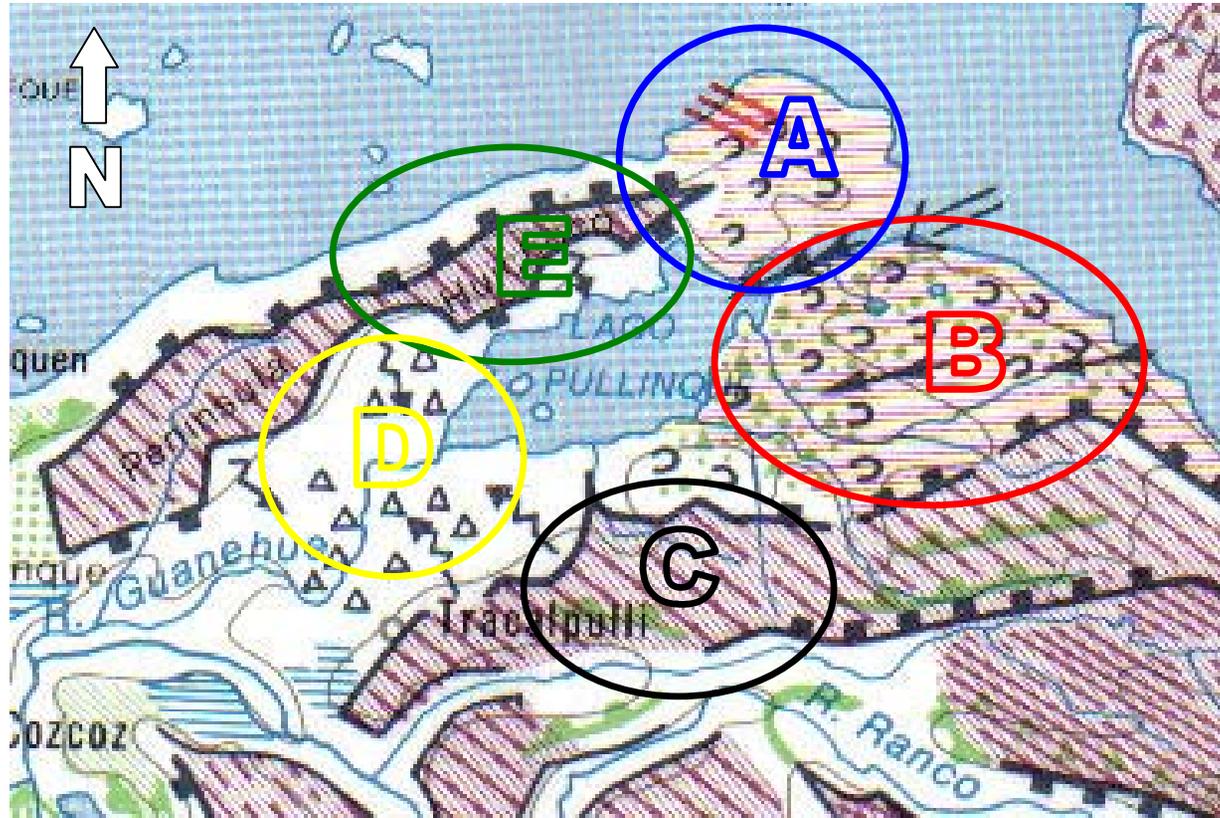


Figura 2. Situación geomorfológica perimetral de lago pullinque según Laugenie (1983) donde:

- A Batolito Granodiorítico con campos de fracturas hacia el sector nor-oeste y depósitos de rocas aborregadas.
- B Batolito Granodiorítico en que existió paso de glaciares en dirección sur-oeste con depósitos morrénicos de ablación indiferenciados y rocas aborregadas.
- C Depósitos volcánicos de altura inferior a 900m.
- D Derrumbes post glaciares.
- E Depósitos volcánicos de altura inferior a 900m con bordes de contacto de hielo y derrumbes post glaciares.

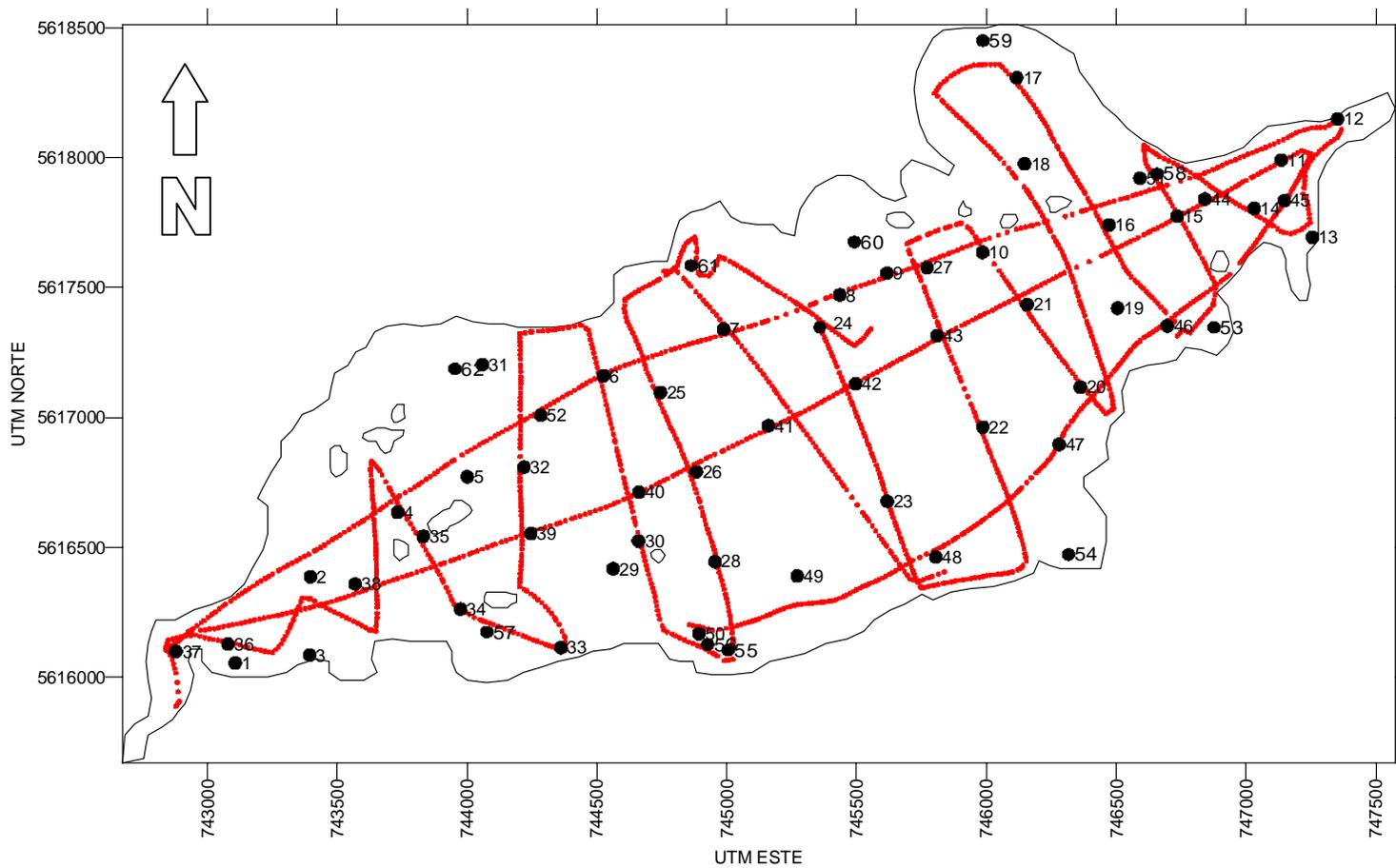


Figura 3. Lago Pullinque y ubicación de puntos de muestreo (negro) y transectos para batimetría (rojo).



Figura 4. Roca madre granítica con estrías provocadas por el paso del glaciar.



Figura 5. Depósitos morrénicos influenciados por distintos procesos erosivos.

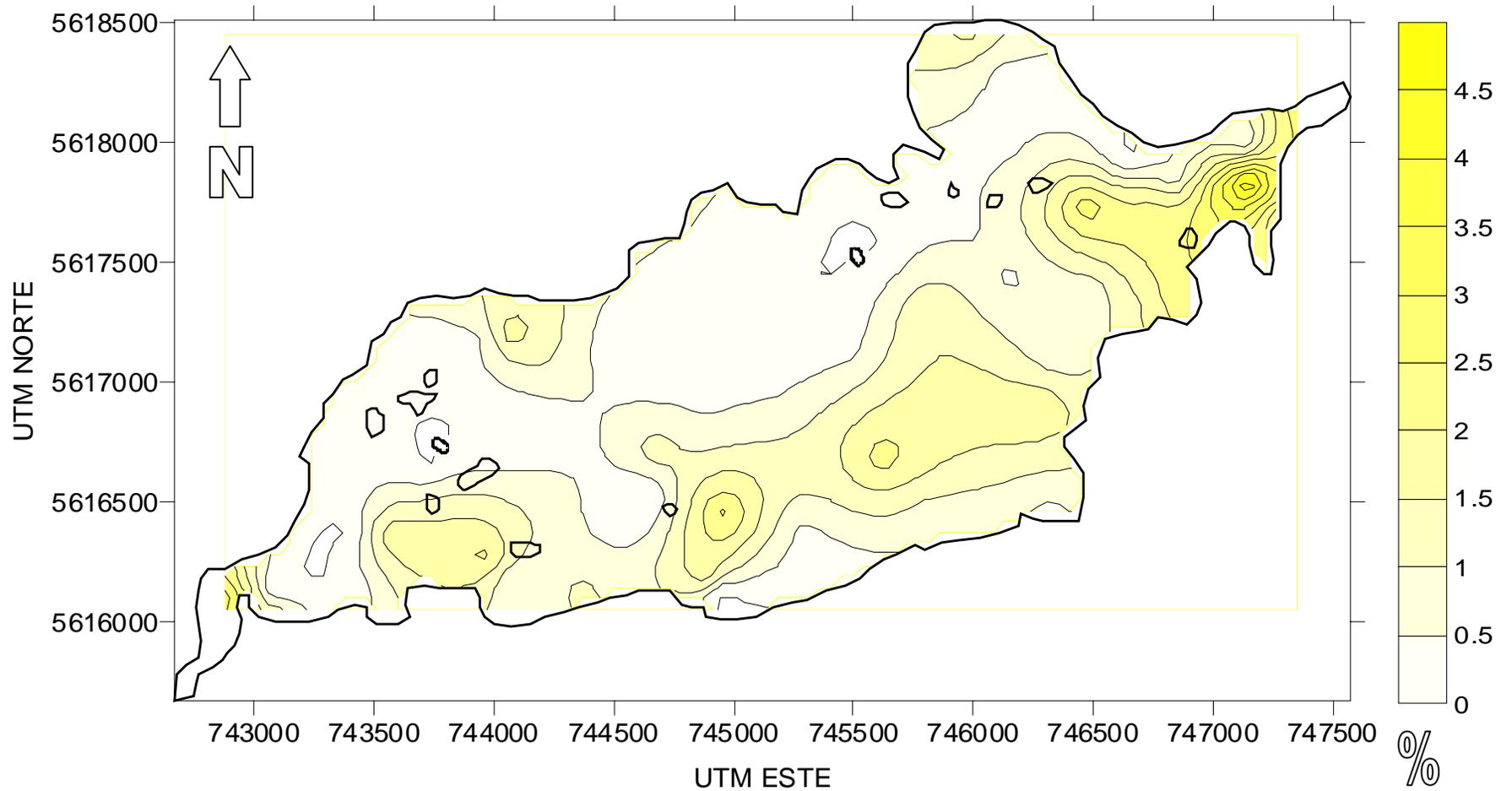


Figura 6. Distribución porcentual de mica según porcentajes de esta en análisis mineralógico de la fracción arena de entre 300 y 150 μm.

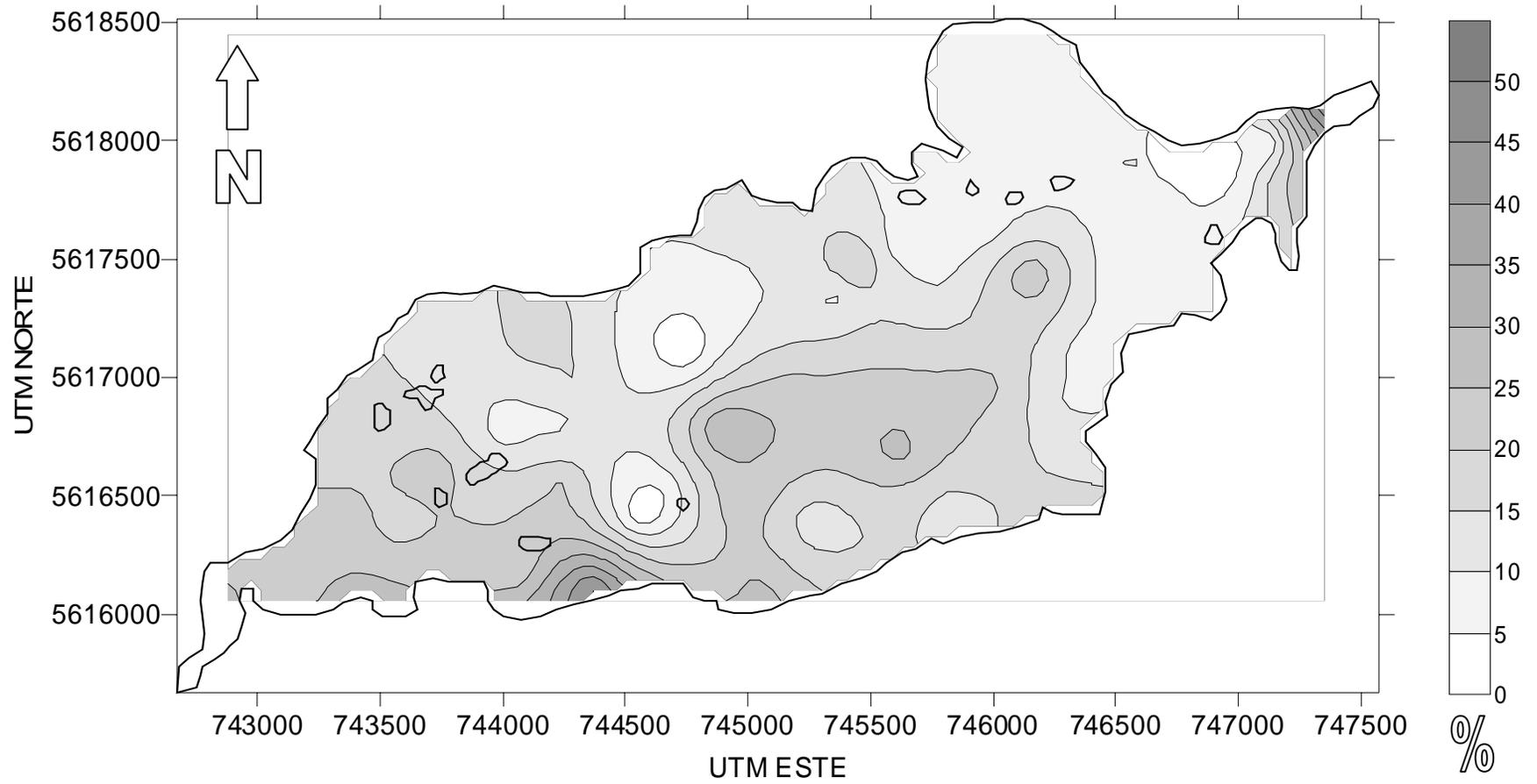


Figura 7. Distribución porcentual de cuarzo según porcentajes de este en análisis mineralógico de la fracción arena de entre 300 y 150 μm .

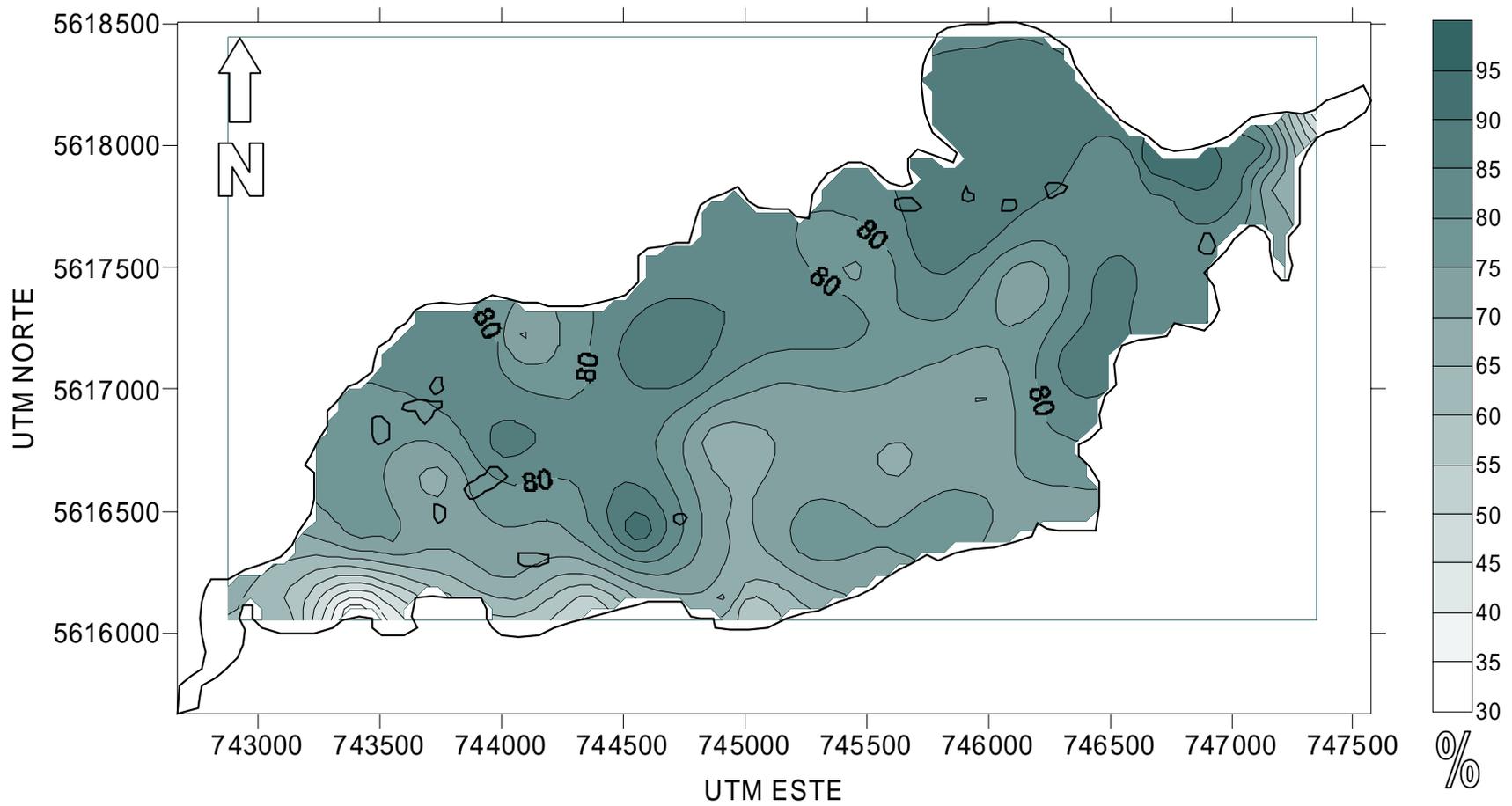


Figura 8. Distribución porcentual de vidrio volcánico según porcentajes de este en análisis mineralógico de la fracción arena de entre 300 y 150 μm.

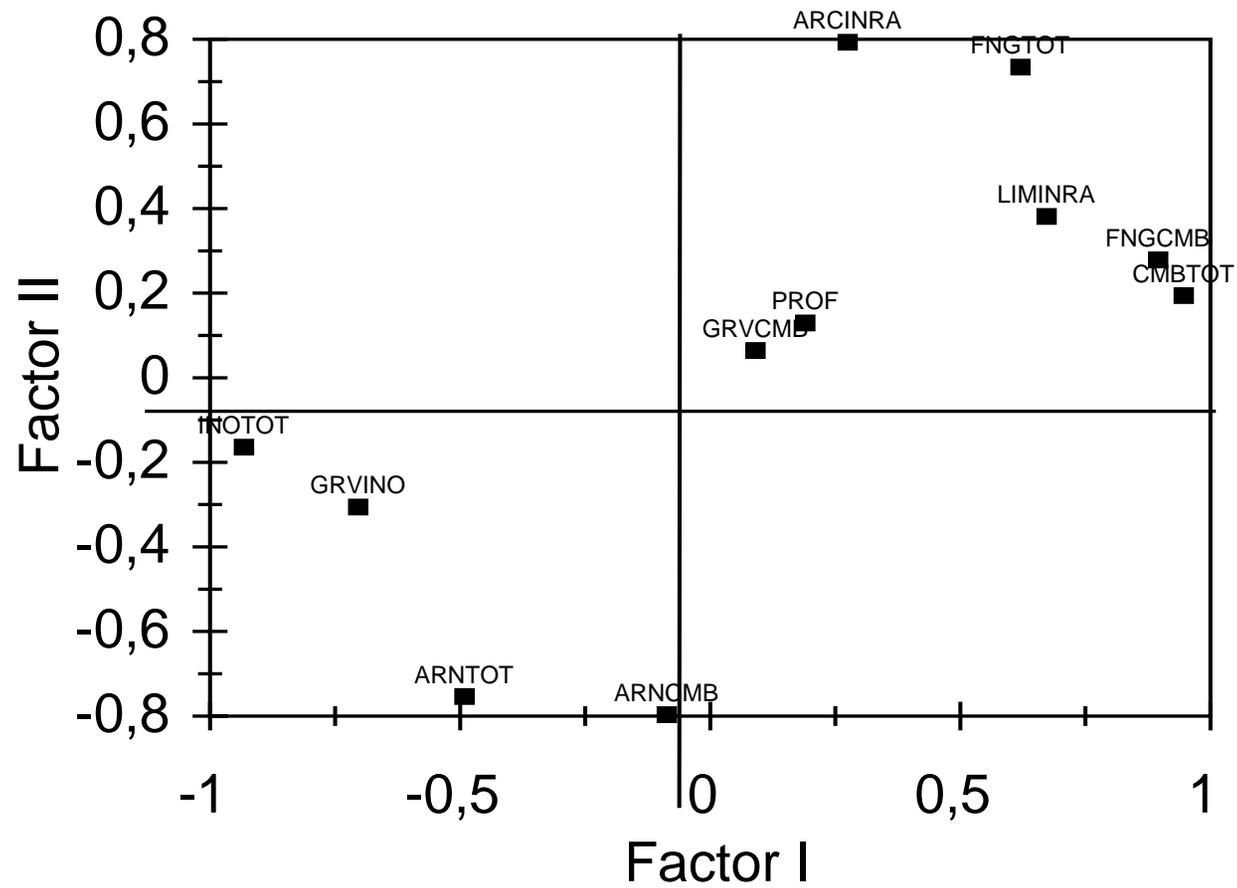


Figura 9. Distribución de las variables según su peso como resultado de análisis factorial.

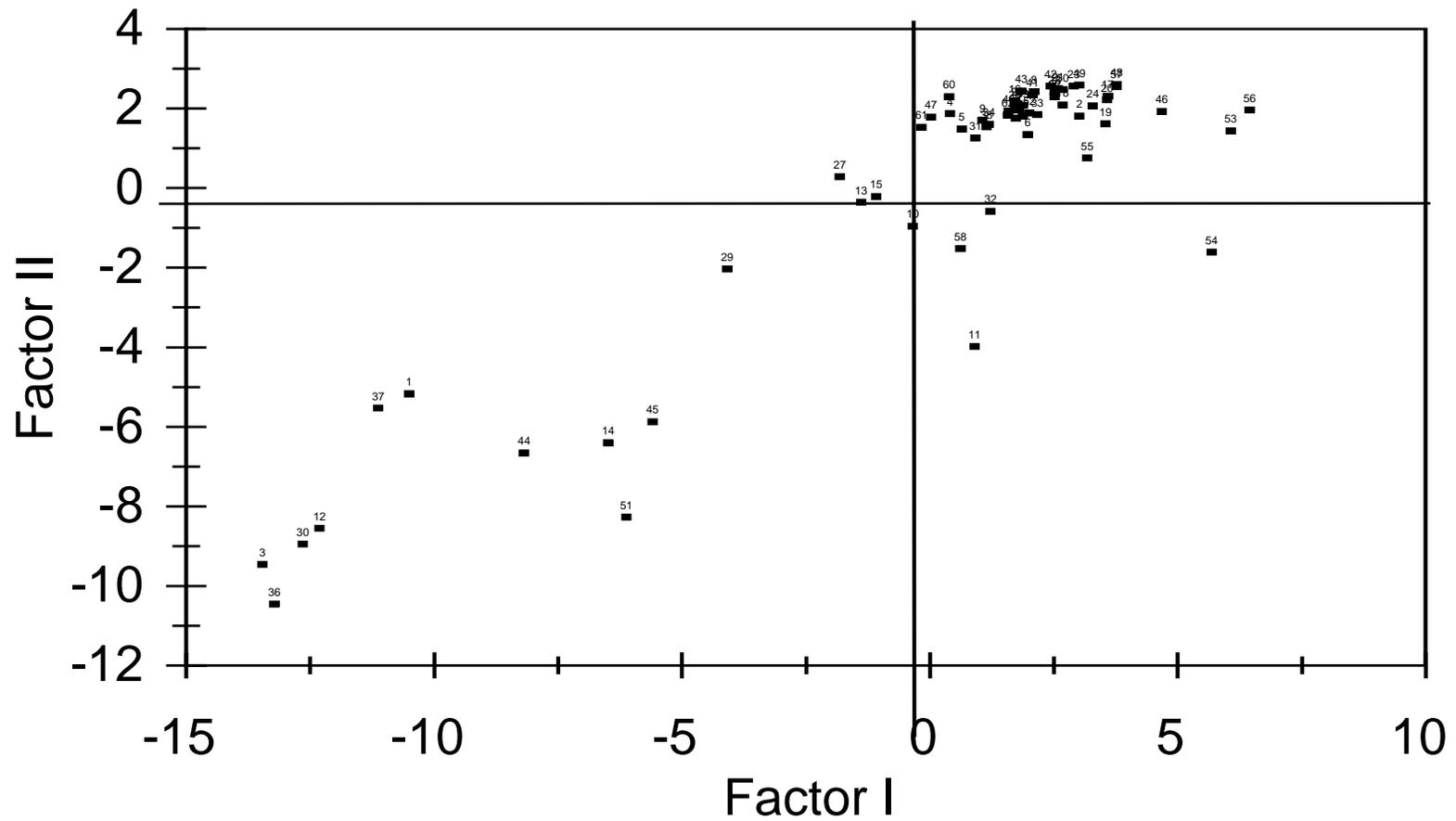


Figura 10. Distribución de las muestras analizadas según resultado de análisis factorial según factor I y el factor II (aportan el 64,532% y 12,94% de la varianza respectivamente).

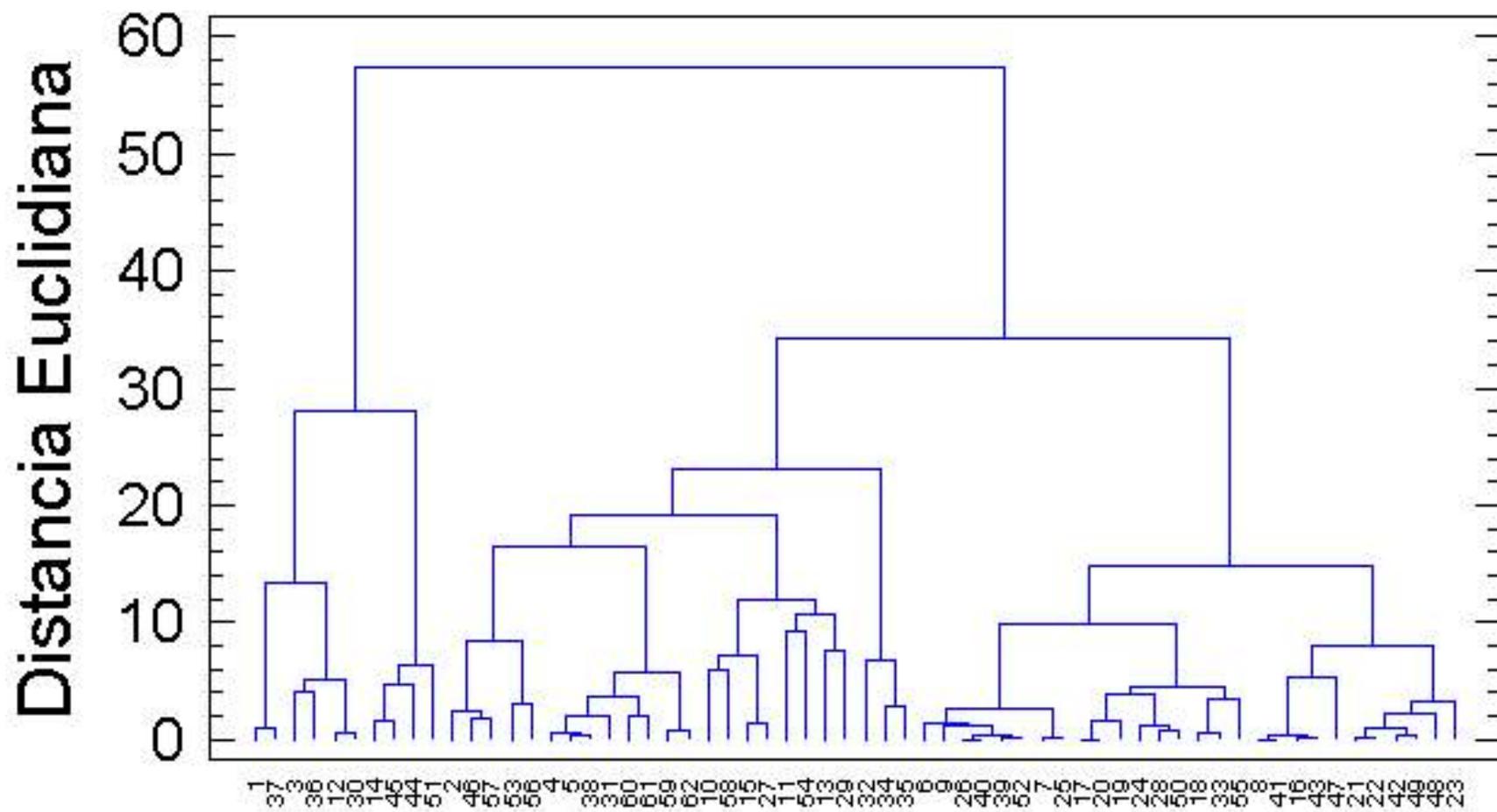


Figura 11. Análisis de cluster según método de Ward con las muestras separadas por distancia Euclidiana.

$$\begin{aligned} & -0.0817239*PROF + 0.664169*INOTOT - 0.0237034*CMBTOT - 0.320973*ARNTOT + 0.217376*FNGTOT \\ & + 0.972169*GRVINO + 0.33122*GRVCMB + 0.459639*ARNCMB - 0.144527*FNGCMB - 0.827971*LIMINRA - \\ & 0.963318*ARCINRA \end{aligned}$$

Figura 12. Función discriminante al 95% de confianza sobre las variables originales con 100% de acierto para las 7 facies identificadas.

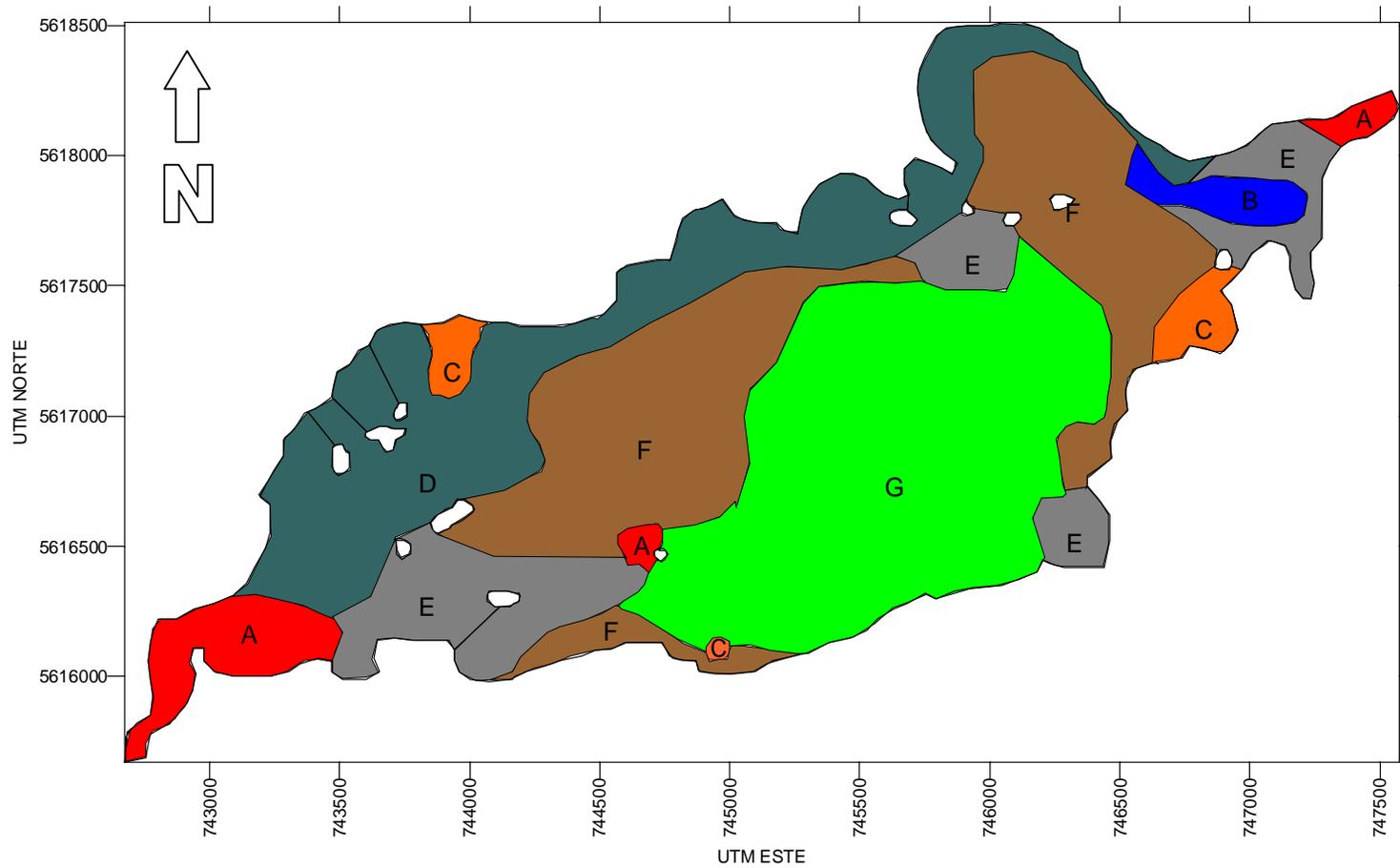


Figura 13. Facies sedimentarias según análisis granulométricos caracterizados por método de discriminantes donde cada una de las letras corresponde a una facies.

Anexo II

Batimetría

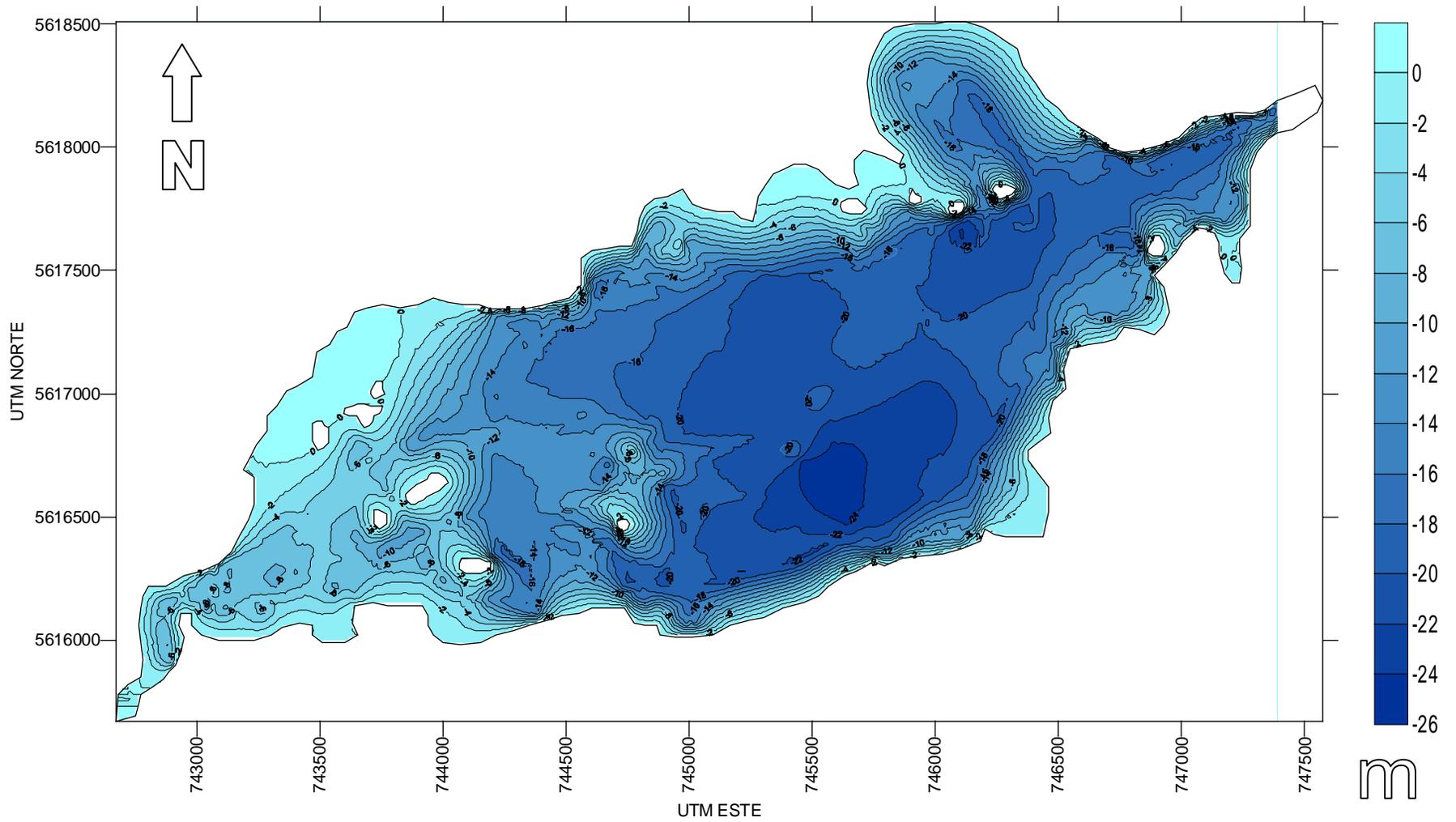


Figura 1. Anexo II. Mapa batimétrico del área estudiada (según diferencia a nivel observado del lago en metros).