

---

# CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL LAGO DE VALENCIA

Suárez Marleny  
FREBIN Aragua  
marlenyaragua@gmail.com

## Resumen

La caracterización granulométrica de los sedimentos superficiales del Lago de Valencia son parte de los resultados de la puesta en marcha de una Propuesta de Trabajo Interinstitucional, realizada en Mayo del 2009, la cual tuvo como objetivo muestrear aguas y sedimentos superficiales del Lago de Valencia para su posterior estudio; en la misma participaron el MINAMB, el Comando de Guardacostas del Lago de Valencia adscrito a la Armada Bolivariana, Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias a través de FUNDACITE Aragua, IAMAGIR adscrito a la Alcaldía de Girardot y la Gerencia Regional INCES Aragua. Esta cuenca endorreica, formada por una depresión existente entre la Cordillera de la Costa y la Serranía del Interior, ocupa un hundimiento tectónico cuyos límites son: al Norte, la vertiente meridional de la Serranía del Litoral; al Sur, la vertiente septentrional de la Serranía del Interior; al Este, la Cuenca del Río Tuy y; al Oeste, la Cuenca del Río Pao. Los espacios físicos naturales de la misma, lo integran tres grandes áreas claramente identificadas: un área plana conformada por la planicie aluvial y lacustrina del Lago de Valencia y los valles intramontanos; una montañosa que forma parte de las Serranías del Litoral y del Interior de la Cordillera de La Costa, y, el cuerpo de agua del Lago de Valencia y embalses destinados a riego. Los resultados del proyecto muestran, geoespacialmente, la granulometría de los sedimentos a lo largo y ancho del Espejo de Agua puesto que todos los puntos de muestreo fueron georeferenciados.

**Palabras clave:** granulometría, geoespacial, sedimentos, muestreo, lago de valencia.

## Introducción

Los sedimentos acumulados en el fondo de un cuerpo de agua, son de gran valor para el estudio de esos ecosistemas (Marian y Pompêo, 2008), dado que conservan el registro histórico de lo acaecido en el lugar (Schultz y Urban, 2008). Los sedimentos en ríos y lagos juegan un papel importante en la determinación de la calidad del agua, el impacto ambiental del ecosistema acuático y el riesgo ecológico en el medio acuático [Uluturhan *et al.*, (2011)]. El sedimento es un depósito formado por partículas de naturaleza mineral o biológica, transportadas por fluidos. De este modo, los aportes de nutrientes a los lagos, cuerpos de agua y estuarios están a menudo determinados por su liberación de los sedimentos; éstos son una mezcla de compuestos cristalinos y amorfos de composición orgánica e inorgánica en diferentes tamaño de grano que se clasifican como grava, arena, limo y arcilla (Marian y Pompêo, 2008).

La sedimentación en el cuerpo de agua es una compleja y dinámica sucesión de procesos físicos, químicos y biológicos. Entre los procesos físicos más importantes, están la sedimentación de las partículas más finas a través de la columna de agua en las zonas más profundas y con menos energía, flujos turbidíticos sobre el fondo, plumas de sedimentos finos en la superficie por efecto de los afluentes y formación de playas en la línea de costa por efecto de corrientes de tracción generadas por los vientos [Folk, (1980); Boggs, (1995)].

Los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el cuerpo de agua, determinan la redistribución

de los sedimentos de acuerdo a las condiciones hidrodinámicas en el área y la redistribución va a estar relacionada con el tamaño de partícula del sedimento [Marian y Pompêo, (2008); Zhang *et al.*, (2011)].

Los contaminantes vertidos en un sistema acuático son depositados en el sedimento cuando la velocidad de la corriente disminuye, y pueden liberarse de modo gradual en la columna de agua. En ese caso, los sedimentos actúan como fuente difusa de esos compuestos, aun después que la fuente primaria de contaminación termine. Por esta razón los sedimentos de algunos lugares están contaminados deben vigilarse constantemente (Schultz y Urban, 2008). Es necesario conocer la calidad del sedimento y las proporciones aceptables de contaminantes para evitar su toxicidad [Marian y Pompêo, (2008)]. De allí la importancia de estudiar la distribución granulométrica de sedimentos de ecosistemas acuáticos. Las aguas del Lago de Valencia y sus tributarios han sido y son evaluadas, periódicamente. Así mismo, se han generado estudios e investigaciones sobre la Contaminación del Lago, no obstante, los sedimentos del mismo no son periódicamente caracterizados y/o monitoreados. La presencia de sustancias contaminantes, en los ríos tributarios y afluentes del Lago de Valencia, generan una carga importante de contaminación en los sedimentos del fondo del Lago. En relación al estudio y caracterización de los sedimentos totales del Lago de Valencia, el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB)

ha realizado estudios e investigaciones en algunas zonas del lago [MARNR-AUA, (1995); MARNR, (1982); MARNR, (1981), otros estudios han sido realizados por investigadores [Suárez, (2011); Suárez, (2010); López *et al.*, (2000); Mogollón y Bifano, (2000); Mogollón *et al.*, (1996); Mogollón *et al.*, (1995); Mogollón, (1990)].

Los sedimentos en los lagos varían desde gruesos a finos. En los lagos pequeños los sedimentos son de grano fino, con excepción de una línea angosta de playa donde son depositados sedimentos de grano grueso. En los lagos grandes los depósitos de arena son grandes, extensos en la zona de playa y van gradando hacia sedimentos tipo limo y arcilla en las zonas mas profundas. Las arenas pueden ser transportadas por corrientes turbidíticas al centro de los lagos, sin embargo las partes mas profundas de los lagos están caracterizadas particularmente por la presencia de limo y arcilla. Algunos sedimentos lodosos pueden también ser transportados como corrientes intermedias (Boogs, 1995).

#### **Aportes de sedimentos a los cuerpos de agua**

Los aportes de sedimentos a los lagos y estuarios están determinados por el transporte de compuestos contaminantes y nutrientes a través de los ríos y afluentes (Schultz y Urban, 2008).

Dependiendo de las condiciones hidrodinámicas, de los procesos biogeoquímicos y de las condiciones ambientales (pH, redox, salinidad, temperatura) de los ríos, los sedimentos actúan como un importante reservorio de metales pesados [Hongyi *et al.*, (2009)].

#### **Distribución de los sedimentos en cuerpos de agua**

Los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el cuerpo de agua determinan la redistribución de los sedimentos de acuerdo a las condiciones hidrodinámicas en el área, esta redistribución va a estar relacionada con el tamaño de partícula del sedimento (Marian y Pompêo, 2008). En los sedimentos está almacenado una importante cantidad de materiales que llegan al cuerpo de agua por vía natural y por vía antrópica (Xu y Jaffé, 2009). En ese sentido, el 90 % de los metales pesados pueden estar asociados con la fracción fina del sedimento (Wyźga y Ciszewski, 2010).

#### **Importancia del estudio de sedimentos en cuerpos de agua**

La capacidad de los sedimentos para acumular contaminantes es un factor importante para el estudio de impacto ambiental de ecosistemas acuáticos [Uluturhan *et al.*, (2011); Zhang *et al.*, (2011); Hongyi *et al.*, (2009)].

Los sedimentos son la huella del nivel de contaminación de sistemas acuáticos ya sean lacustres, fluviales y marinos. De allí que a nivel mundial el Estudio, Evaluación y Monitoreo de los sedimentos esté direccionado para determinar contaminación e impacto ambiental en los ecosistemas acuáticos [Uluturhan *et al.*, (2011); Song *et al.*, (2011); Xu y Jaffé, (2009); Spooner y Maher, (2009); Xu *et al.*, (2008); Xu *et al.*, (2007); Zhmodik *et al.*, (2003)].

#### **Ciclos Biogeoquímicos**

Los elementos químicos, incluyendo todos los esenciales para la vida, circulan en la biósfera a través de

diferentes vías que van desde el ambiente a los organismos y de regreso otra vez al ambiente; éstas son consideradas vías cíclicas y se denominan ciclos biogeoquímicos [Eugene y Gary, (2006)].

Castells y Cadavid (2005) describen los ciclos biogeoquímicos como el movimiento o migración de cantidades masivas de elementos químicos, entre ellos, carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, calcio, sodio, azufre, fósforo, y otros elementos, entre los componentes del sistema suelo, atmósfera y sistemas acuáticos, mediante una serie de procesos de transformación y descomposición.

Los ciclos biogeoquímicos, no ocurren como fenómenos aislados, tienen una estrecha relación con el ciclo del agua, indispensable para el intercambio de elementos en la dinámica que se da en los distintos ciclos con los que interactúa la tierra. Estos se pueden dividir en dos tipos básicos: los ciclos de nutrientes gaseosos o atmosféricos (ciclo del agua, ciclo del carbono y ciclo del nitrógeno) los ciclos de los nutrientes sedimentarios (ciclo del fósforo y ciclo del azufre) en los primeros, el depósito donde se colecta el nutriente corresponde a la atmósfera y se distribuye de manera amplia en la misma; en los sedimentarios, el depósito de nutrientes está representado por las rocas sedimentarias [Flores *et al.*, (2006)].

La caracterización granulométrica de los sedimentos superficiales del Lago de Valencia es parte de los resultados de la puesta en marcha de una Propuesta de Trabajo Interinstitucional

[Suárez, 2009 (1)], realizada en Mayo del 2009, la cual tuvo como objetivo muestrear aguas y sedimentos superficiales del Lago de Valencia para su posterior estudio; en la misma participaron el MINAMB, el Comando de Guardacostas del Lago de Valencia adscrito a la Armada Bolivariana, Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias a través de FUNDACITE Aragua, IAMAGIR adscrito a la Alcaldía de Girardot y la Gerencia Regional INCES Aragua. En el marco de esta propuesta se llevó a cabo la caracterización granulométrica de los sedimentos superficiales del Lago de Valencia que tuvo como objetivo general estudiar la distribución granulométrica de los sedimentos superficiales del Lago de Valencia.

## **Materiales y Métodos**

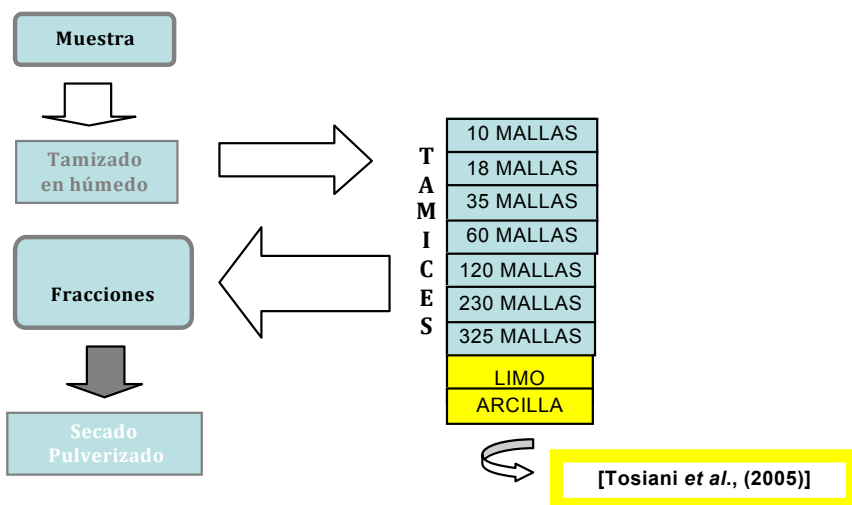
El área de estudio fue el espejo de agua del Lago de Valencia. Las zonas de muestreo están discriminadas en una Cuadrícula Uniforme conformada por 41 estaciones de monitoreo georeferenciadas [Suárez, 2009 (2)]. Al término del muestreo, fueron trasladadas las muestras a los laboratorios del Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, lugar en el cual fueron congeladas hasta el momento de realizar el tratamiento físico y químico de las mismas.

### **Tratamiento físico de las muestras**

El tratamiento físico es mostrado en la Figura 1, las muestras fueron descongeladas y secadas a temperatura ambiente, pesadas en una balanza

analítica y disgregadas, luego fueron tamizadas en húmedo empleado tamices de 0.045mm, 0.0625mm, 0.125mm, 0.25mm, 0.50mm, 1mm y 2mm. La fracción menor a 0.045mm que permaneció en suspensión en el agua destilada, fue separada siguiendo procedimiento empleado por Tosiani *et al.*, (2005), mediante un proceso de decantación llevado a cabo en tubos de vidrio de aproximadamente 1,5 m de alto y 7,5 cm de diámetro, colocando esta fracción en la columna de sedimentación, agitando con varilla de vidrio para lograr la dispersión de los granos y sometiéndola a un proceso de asentamiento por distintos periodos de tiempo (Figura 2). Obteniendo finalmente, 2 fracciones adicionales

denominadas  $F_1$  y  $F_3$ , las cuales representan el material sedimentable en el transcurso de  $t_1=1$  hora y luego de  $t_3=14$  horas, siendo la fracción  $F_1$  un equivalente a limo fino, mientras que  $F_3$  corresponde principalmente a tamaño arcilla. Además se realizó en 38 muestras, la separación de una fracción denominada  $F_2$  ubicada en el fondo de la columna<sup>2</sup> transcurrido un  $t_2=14$  horas y que corresponde a una mezcla de limo fino y arcilla. Cada una de las fracciones granulométricas obtenidas fue secada en estufa a una temperatura no mayor a 50°C, disgregada, y aquellas fracciones menores a 0.125mm fueron pulverizadas con la finalidad de homogenizar la muestra a ser analizada.



**Figura 1. Fraccionamiento granulométrico de las muestras de sedimento**

La caracterización termogravimétrica, consistió en pesar de 1 a 2g de cada una de las fracciones granulométricas en un crisol de porcelana, previamente

pesado y sometidas secuencialmente a diferentes temperaturas (105°C, 450°C, 550°C, y 750°C), por intervalos de 2 horas, de esta forma fue

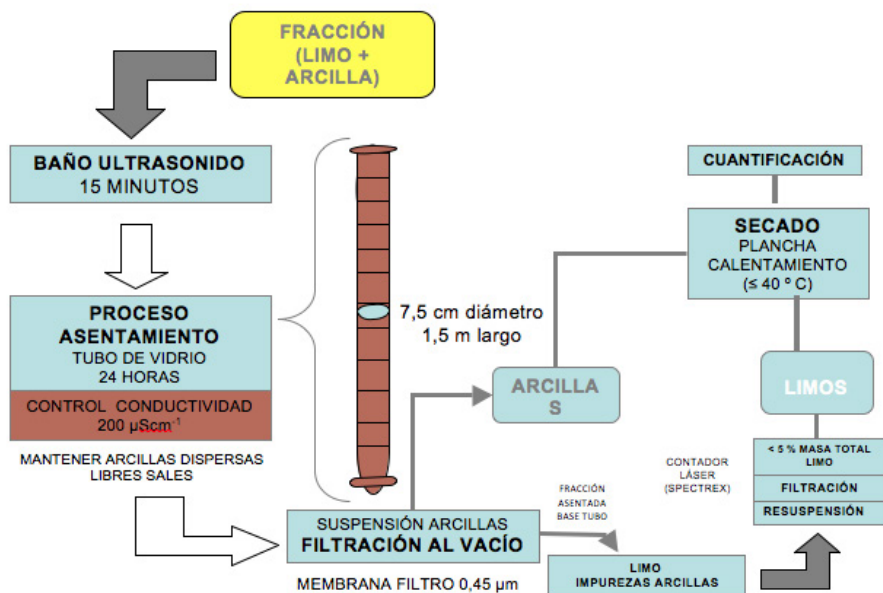
estimado por gravimetría la pérdida de masa a cada una de las muestras.

## Discusión de Resultados

### Análisis termogravimétrico

En la etapa de caracterización termogravimétrica de los sedimentos fue seleccionada la muestra LV21-F3, la cual fue sometida al tratamiento correspondiente por quintuplicado, pesando aproximadamente 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 y 3,0g de la misma con la finalidad de estimar la reproducibilidad del método, mediante el coeficiente

de correlación lineal  $R^2$  obtenido al graficar la pérdida total en función del peso de muestra inicial. Puede observarse que los coeficientes de correlación  $R$  son en todos los casos mayores a 0,980 observándose una buena linealidad por su cercanía a la unidad, esto indica que durante los análisis se mantiene una baja dispersión para cada una de estas temperaturas, así como una buena reproducibilidad y precisión en las medidas.



**Figura 2. Fraccionamiento de limos y arcillas [Suárez, 2009 (1); Tosiani *et al.*, (2005)]**

El método termogravimétrico puede ser empleado como una técnica para la caracterización de sedimentos. Así, basándose en la pérdida de peso por combustión de

la materia orgánica a 450°C, se puede estimar la concentración de la misma en las muestras de sedimentos. Por otro lado, [Gaviria *et al.*, (2003)], reportan que a una temperatura de

750°C ocurre la descomposición de carbonatos y grafito, esta última especie según la geología reportada por Wehrmann (1997), se puede encontrar en la formación la mercedes pero como mineral accesorio en lugares muy localizados, por lo cual poco sería el aporte de este en las muestras de sedimentos de este lago, por esta razón se puede estimar que la mayor parte de la pérdida a 750°C corresponde a la descomposición de carbonatos.

Por su parte las fracciones de limo grueso, arena muy fina y algunas arenas finas, no presentan una tendencia marcada, observándose relaciones de  $P750^{\circ}\text{C}/P450^{\circ}\text{C}$  variando entre los extremos, con muestras que manifiestan pérdidas a 750°C de menos de 30% con pérdida a 450°C de menos de 5%, con valores de  $P750^{\circ}\text{C}/P450^{\circ}\text{C}$  mayor a la unidad, en donde probablemente domina la mineralogía carbonática. Mientras que también existen otras muestras de estas fracciones en donde la relación de  $P750^{\circ}\text{C}/P450^{\circ}\text{C}$  es menor a la unidad, en donde probablemente se manifieste la preservación de la materia orgánica asociado con las bajas energías de este medio.

En cuanto a las fracciones de arenas medias, arenas gruesas, arenas muy gruesas así como la totalidad de las muestras en donde se obtuvo gravas, se observa que en su mayoría presentan una relación de  $P750^{\circ}\text{C}/P450^{\circ}\text{C}$  mayor a uno, con pérdidas a 750°C que alcanzan valores de 35% y pérdidas a 450°C menores a 10%, esto es un comportamiento esperado para estas fracciones debido a la naturaleza de

las mismas, las cuales en su mayoría presentaron alta cantidad de conchas de organismos calcáreos.

A modo de resumen, se tiene entonces que las fracciones  $F_3$ ,  $F_2$ ,  $F_1$  y parte de las muestras de limo grueso, arena muy fina y arena fina, presentan una mayor pérdida a 450°C traducido en pérdida de materia orgánica, esto como se mencionó anteriormente es influenciado por la baja energía de sedimentación asociado a este tipo de sedimentos, lo cual propicia la preservación y acumulación de la materia orgánica. Mientras que las fracciones como arena media, arena gruesa, arena muy gruesa y gravas, presentan una alta relación de  $P750^{\circ}\text{C}/P450^{\circ}\text{C}$  indicando alto contenido de carbonatos, los cuales pueden asociarse a la presencia de conchas de organismos calcáreos tipo gasterópodos.

### **Distribución granulométrica de los sedimentos**

La granulometría de los sedimentos del Lago de Valencia está dominada por material de tamaño limo y arcilla, con 14 muestras con más de 90% de tamaño arcilla, 14 con entre 70% y 90% de tamaño arcilla y 8 muestras entre 50% y 70%; en las estaciones 1, 3, 14, 15 y 25 se halló menos de 15% de sedimento tamaño arcilla, teniendo que en las estaciones 15 y 25 pasó tan poco material por el tamiz de 325 mallas.

Es posible agrupar los sedimentos del Lago en 5 grupos según su contenido de material tamaño arcilla, así identificamos un primer grupo con más de 90% de material tamaño arcilla, que incluye las estaciones 11 a 13, 21 a

24, 28 a 33 y 38, con profundidades mayores a 23 metros, salvo la 29 y 33 que se hallan a 12 y 15 metros de profundidad. Un segundo grupo que presenta entre 90% y 70% de tamaño arcilla, correspondiente a las estaciones 6 a 10, 16, 18 a 20, 26, 27, 34 y 40, con profundidades que van desde los 9,5 m hasta 40 m. El tercer grupo está constituido por las estaciones 2, 4, 5, 17, 36, 37, 39 y 41; las cuales contienen entre 50 y 70% de material tamaño arcilla; el cuarto grupo lo constituye las estaciones 1, 3, y 14, donde se halló entre 5% y 15% de material tamaño arcilla, y por último las estaciones 15 y 25 de granulometría gruesa y donde no fue posible obtener material tamaño arcilla debido a su poca abundancia, estando a profundidades de 3,5 y 5 metros. La Figura 3 muestra una distribución granulométrica representativa de cada uno de estos grupos; muestra la profundidad y el porcentaje de sedimento tamaño arcilla por estación es evidente la relación que guardan entre ellos, indica que el comportamiento de ambos sigue la misma tendencia con los vértices de acumulación de material tamaño arcilla en las estaciones con los picos de máxima profundidad, mientras que la fracción limo pareciera no mostrar ningún patrón.

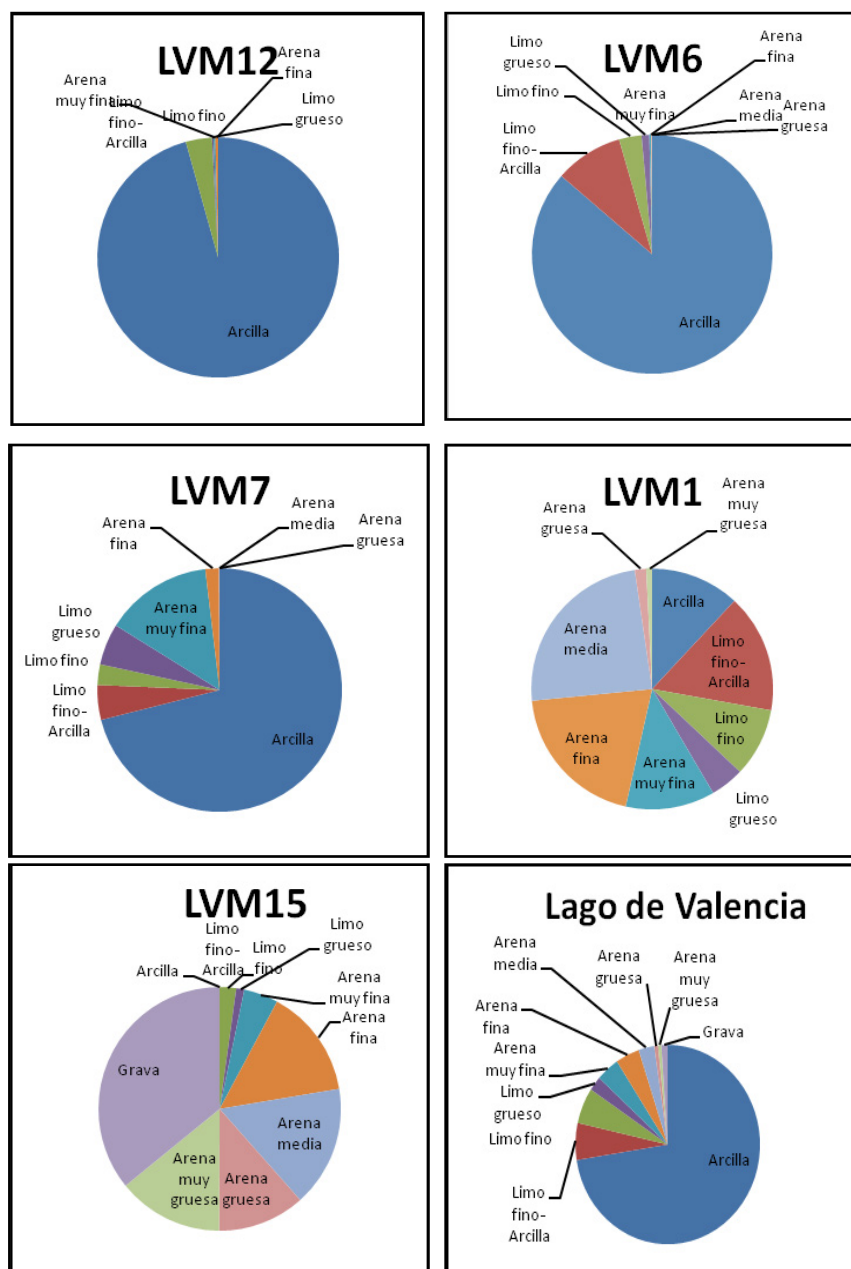
Por otra parte, al ser analizada la distribución espacial de la fracción arcilla (Figura 4) dentro del Lago de Valencia puede observarse que existe un fraccionamiento de ésta, donde a pesar de estar ampliamente distribuida en todo

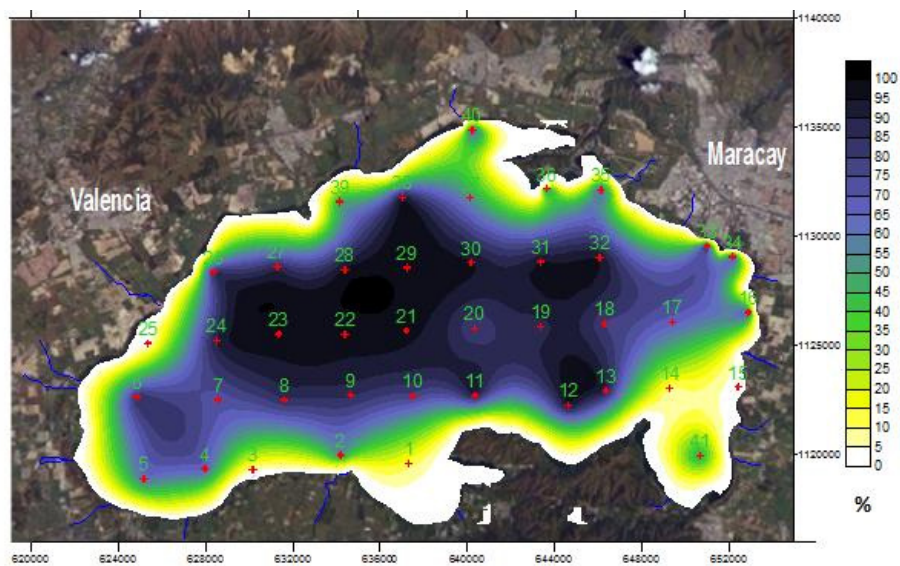
el lago, va aumentando su concentración hacia el centro. Al contrario de la fracción arcilla, la fracción limo (Figura 5) presenta un comportamiento difuso, con zonas puntuales de concentración hacia la periferia del lago.

A partir de los resultados obtenidos es posible agrupar los 3 primeros grupos como los que indican la granulometría predominante en el Lago de Valencia, a la vez que los grupos 4 y 5 indican la granulometría presente en las orillas del mismo que representa una minoría del total del lago. De esta forma es determinada una granulometría promedio de los sedimentos del Lago de Valencia, donde se puede afirmar que son típicamente arcillosos, con 82% de arcillas, 12% de limos y 6,1% de arenas.

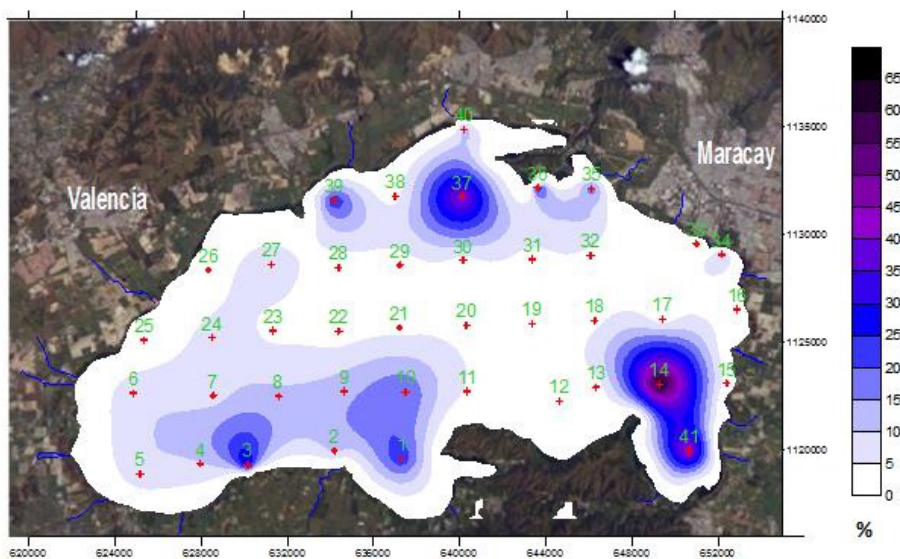


**Figura 3. Las 5 principales distribuciones granulométricas encontradas en los sedimentos del Lago de Valencia y la distribución promedio del Lago**





**Figura 4. Distribución de sedimento fracción arcilla**



**Figura 5. Distribución de sedimento fracción limo**

## Conclusiones

Los sedimentos del Lago de Valencia son de granulometría predominantemente arcillosa fuertemente influenciada por la profundidad. La fracción tamaño arcilla es la que controla la composición total de los sedimentos en el sistema evaluado dado que es la granulometría dominante.

Las mayores acumulaciones de materia orgánica, oxihidróxidos de hierro y aluminio se ubican hacia el centro del lago, asociada a las mayores profundidades. Los minerales de arcilla en el sistema de estudio están mayormente concentrados asociados a la fracción limo, en zonas cercanas a la costa del lago y cercana a la desembocadura de algunos de los afluentes más importantes.

Las mayores acumulaciones de carbonatos fueron encontradas hacia el Noroeste, cerca de la desembocadura de los ríos Cura y Guacara, y hacia el Este cerca a las desembocaduras de los ríos Aragua y Caño Amaro; normalmente asociado a profundidades menores a 10 metros.

## Referencias Bibliográficas

- Boggs, S. (1995). *Sedimentology and Stratigraphy*. Second Edition. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, USA. 774 pp.
- Castells, X., Cadavid, C. (2005). Tratamiento y valorización energética de residuos. Editado por la Fundación Universitaria Iberoamericana. Ediciones Díaz de Santos. 1128 pp.
- Eugene, P.; Gary, B. (2006). *Fundamentos de ecología*. 5ª ed. 598 pp.
- Flores, R.; Herrera, L.; Hernández, V. (2006). *Ecología y medio ambiente*. Internacional Thomson Editores. 169 pp.
- Folk, R. (1980). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Second Edition. Hemphill Publishing Company. Austin, USA. 184 pp.
- Gaviría, J.; Quattrini, D.; Fouga, G.; Bohé, A.; Pasquevich, D. (2003). Estudio cinético de la descomposición del carbonato de calcio por cromatografía gaseosa, *Jornadas SAM/CONAMET/Simposio Materia 2003*, Bariloche, Argentina. 4p.
- Hongyi, N.; Wenjing, D.; Qunhe, W.U.; Xingeng, Ch. (2009). Potential toxic risk of heavy metals from sediment of the Pearl River in South China *Journal of Environmental Sciences*. 21:1053–1058.
- López, L.; Mogollón, J. L.; Aponte, A.; Bifano, C. (2000). Identification of anthropogenic organic contamination associated with the sediments of a hypereutrophic tropical lake, Venezuela. *Environmental Geochemistry and Health*. 22: 55-74.
- Marian, C. F.; Pompêo, M. (2008, Octubre-Noviembre, Volumen 18-Nº 107). La Calidad del Sedimento. La Contaminación por Metales puede ser una Amenaza para los Seres Vivos, [en línea]. Revista CIENCIA HOY. San Pablo, Brasil: Universidad de San Pablo. Recuperado el 3 de diciembre de 2008, de [http:// www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy107](http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy107).
- MARNR. (1981). MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. “Estudio Integral sobre la Contaminación del Lago de Valencia”. Informe Nº 1.

- Estudio Limnológico. Primera etapa. Serie Informe Técnico DGSIIA/17/68. Mayo 1981. Caracas, Distrito Federal. Venezuela. 165 pp.
- MARNR. (1982). MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. “Estudio Integral sobre la Contaminación del Lago de Valencia”. Informe N° 2. Estudio Limnológico. Segunda etapa. Serie Informe Técnico DGSIIA/IT/131. Mayo 1982. Caracas, Distrito Federal. Venezuela. 165 pp.
- MARNR–AUA. (1995). MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Autoridad Única de Área Agencia de Cuenca del Río Tuy y de la Vertiente Norte de la Serranía del Litoral del Distrito Federal y estado Miranda. “Estudios Ambientales con Aplicación de Técnicas Nucleares en el Área de la Contaminación del Agua en el Lago de Valencia, Venezuela”. Informe Final del Proyecto, RLA/2/006. Convenio MARNR-OIEA-PNUD. Mayo 1995. San José, Costa Rica. 91 pp.
- Mogollón, J. L. (1990). Comportamiento Geoquímico de elementos metálicos en una Cuenca Tropical Contaminada, Valencia, Venezuela. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Distrito Capital. 264 pp.
- Mogollón, 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.
- Mogollón, J. L.; Bifano, C.; Davies, B. E. (1995). Distribution of metals in mechanical fractions of soils from a lake catchment in Venezuela. *Environmental Geochemistry and Health*. 17: 103-111.
- Mogollón, J. L.; Bifano, C.; Davies, B. E. (1996). Geochemistry and anthropogenic inputs of metals in a tropical lake in Venezuela. *Applied Geochemistry*. 11: 605-616.
- Schultz, P.; Urban, N. R. (2008). Effects of bacterial dynamics on organic matter decomposition and nutrient release from sediments: A modeling study. *Ecological Modelling*. 210:1-14.
- Song, Y.; Ji, J.; Yang, Z.; Yuan, X.; Mao, C.; Fros, R. L.; Ayoko, G. A. (2011). Geochemical behavior assessment and apportionment of heavy metal contaminants in the bottom sediments of lower reach of Changjiang River. *Catena*. 85: 73-81.
- Spooner, D. R.; Maher, W. (2009). Benthic sediment composition and nutrient cycling in an Intermittently Closed and Open Lake Lagoon. *Journal of Marine Systems*. 75:33-45.
- Suárez, M. (2011). Distribución espacial de Carbono y Nitrógeno en los sedimentos superficiales del Lago de Valencia, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias de la Tierra. Mayo 2011. Investigación conjunta con el Dr. Armando Ramírez y la Br. Albani Daniela Burbano Anatoa.
- Suárez, M. (2010). Distribución espacial de Fósforo en sedimentos superficiales del Lago de Valencia. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias de la Tierra. Octubre 2010. Investigación conjunta con el Dr. Armando Ramírez y el Br. Edgar Andrés Marcano Cabeza.
- Suárez, M. [2009(1)]. Muestreo y Caracterización de Aguas. Captación

de Sedimentos Superficiales. Lago de Valencia. Propuesta de Trabajo Interinstitucional. Gerencia Regional INCES Aragua. 12 de Enero 2009. Documento oficializado no publicado. 12 pp.

Suárez, M. [2009(2)]. Determinación de Coordenadas Geográficas en la Cuadrícula de Muestreo a ser usada en el próximo Muestreo de Aguas y Sedimentos en el Lago de Valencia. Gerencia Regional INCES Aragua. 22 de Abril de 2009. Informe no publicado. 10 pp.

Tosiani, T.; C. Yanes y A. Ramírez. 2005. Sedimentos recientes frente al Delta del Orinoco, Venezuela. p 53-61. En: Gómez MG, Capaldo M., Yanes C. y Martín A. (Eds.) (2005). Frente Atlántico Venezolano. Investigaciones Geoambientales: Ciencias de la Tierra. Tomo II. Petróleos de Venezuela S. A. (PDVSA)-Fondo Editorial Fundambiente. Caracas. Venezuela. 159 pp.

Uluturhan, E.; Kontas, A.; Can, E. (2011). Sediment concentrations of heavy metals in the Homa Lagoon (Eastern Aegean Sea): Assessment of contamination and ecological risks. *Marine Pollution Bulletin*. 62:1989-1997.

Wehrmann, M. (1997). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Formación Las Brisas, [en línea]. Recuperado el 10 de junio de 2010, de <http://www.pdvsa.com/lexico/166w.htm>.

Wyżga, B.; Ciszewski, D. (2010). Hydraulic controls on the entrapment of heavy metal-polluted sediments on a floodplain of variable width, the upper Vistula River, southern Poland. *Geomorphology*. 117: 272-286.

Xu, Y.; Jaffé, R. (2009). Geochemical record of anthropogenic impacts on Lake Valencia, Venezuela. *Applied Geochemistry*. 24:411-418.

Xu, Y.; Jaffé, R.; Simoneit, B. R. T. (2008). Oxygenated spiro-triterpenoids possibly related to arborenes in sediments of a tropical, freshwater lake. *Organic Geochemistry*. 39:1400-1404.

Xu, Y.; Simoneit, B. R. T.; Jaffe, R. (2007). Occurrence of long-chain n-alkenols, diols, keto-ols and sec-alkanols in a sediment core from a hypereutrophic, freshwater lake. *Organic Geochemistry* 38 (2007) 870-883.

Zhang, C.; Qiao, Q. ; Piper, J. D.A.; Huan, B. (2011). Assessment of heavy metal pollution from a Fe-smelting plant in urban river sediments using environmental magnetic and geochemical methods. *Environmental Pollution*. 159: 3057-3070.

Zhmodik, S.M.; Verkhovtseva, N.V.; Mironov, A.G.; Ilić, R.; Nemirovskaya, N.A.; Khlystov, O.M.; Klerkx, J.; Zhmodik, A.S. (2003). Mapping of uranium and phosphorus in sediments of Lakes Baikal and Issyk-Kul by neutron-induced autoradiography. *Radiation Measurements*. 36: 567-579.