
ESTUDIO AMBIENTAL DEL LAGO DE VALENCIA

Suárez Marleny
FREBIN Aragua
marlenyaragua@gmail.com

Resumen

Los sedimentos acumulados en el fondo de un cuerpo de agua son de gran valor para el estudio de esos ecosistemas, dado que conservan el registro histórico de lo acaecido en el lugar. 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. El regulador de esa distribución de los metales entre el sedimento y el agua, en los sedimentos donde no hay oxígeno, es el ión sulfuro, que reacciona con los metales libres en el agua para formar sulfuros metálicos, compuestos insolubles que se depositan en el fondo. Por eso, en cuanto se detecta sulfuros en el ambiente, es probable que los metales hayan quedado en el sedimento. Los sedimentos actúan como fuente difusa de contaminantes, aun después de que la fuente primaria de contaminación se desactive. Por esta razón los sedimentos de algunos lugares muy contaminados deben ‘vigilarse’ constantemente. Así mismo ocurre con los metales pesados, al ser vertidos en ecosistemas acuáticos, éstos pasan a formar parte del sedimento. Los metales pesados, a diferencia de otros compuestos, no se degradan sino que se acumulan. De allí la importancia de este proyecto que tiene como objetivo evaluar el comportamiento biogeoquímico de los sedimentos superficiales en el Lago de Valencia a fin de obtener una idea general de la contaminación del ecosistema puesto que debe establecerse la distribución geoespacial de las concentraciones de metales pesados en cada fracción de sedimento.

Palabras clave: sedimentos, contaminación, lago de valencia, metales pesados, nutrientes.

Introducción

Las aguas del Lago de Valencia y de sus tributarios han sido muestreadas y evaluadas por instituciones adscritas al ente rector, el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, entre las que pueden citarse [MARNR-AUA, (1995); MARNR-AUA, (1998); MARN-AUA, (2001); MARN-DEA Aragua, (2004); MARN-DEA Aragua, (2005); MINAMB-DEA Aragua, (2008); MINAMB-DEA Aragua, (2009)]. Así mismo, han sido realizados estudios e investigaciones sobre la Contaminación del Lago por instituciones e investigadores entre los que se mencionan [MARNR, (1981); MARNR, (1982); MARNR-AUA, (1995); Suárez, (2010); Suárez, (2011)], no obstante, los sedimentos del mismo no han sido ampliamente estudiados. La presencia de metales pesados, en los ríos tributarios y afluentes del Lago de Valencia, generan una carga importante de contaminación en los sedimentos de fondo del Lago. Cabe destacar que ninguno de los estudios e investigaciones realizadas ha evaluado, simultáneamente, la concentración de metales pesados y materia orgánica en aguas y sedimentos; puesto que cuando son establecidos los criterios para la selección del muestreo no son realizados, simultáneamente, la captación de muestras de aguas y muestras de sedimentos. Las condiciones de pH alcalino, la presencia de sulfuros generados en las zonas profundas y anóxicas debido a las elevadas concentraciones de sulfatos y materia orgánica presentes en las aguas, determinan que los metales pesados predominan bajo las formas

de hidróxidos, oxihidróxidos y sulfuros metálicos, en los sedimentos del Lago. La distribución granulométrica de los sedimentos superficiales del Lago de Valencia y la concentración de metales pesados asociada a cada fracción, conjuntamente con la materia orgánica predominante arrojará información en relación a los procesos de sedimentación y de contaminación que ocurren en el Lago.

Los sedimentos que se acumulan en el fondo de un cuerpo de agua son de gran valor para el estudio de esos ecosistemas, dado que conservan el registro histórico de lo acaecido en el lugar. El sedimento es un depósito formado por partículas de naturaleza mineral o biológica, transportadas por fluidos. Está constituido por una mezcla de sustancias de diversas clases y orígenes; pueden ser inorgánicas u orgánicas, estas últimas en diferentes estadios de descomposición (Marian y Pompêo, 2008). Los aportes de nutrientes a los lagos, cuerpos de agua y estuarios están a menudo determinados por su liberación de los sedimentos (Schultz y Urban, 2008). Los contaminantes vertidos en un sistema acuático son depositados en el sedimento cuando la velocidad de la corriente disminuye, y pueden liberarse gradualmente en la columna de agua. En ese caso, los sedimentos actúan como fuente difusa de esos compuestos, aun después de que la fuente primaria de contaminación se desactive. Por esta razón los sedimentos de algunos lugares muy contaminados deben ‘vigilarse’ constantemente. Así mismo ocurre con los metales pesados, al ser vertidos en ecosistemas acuáticos, éstos pasan

a formar parte del sedimento. Los metales pesados, a diferencia de otros compuestos, no se degradan sino que se acumulan. La presencia de metales pesados en los sedimentos afecta a organismos acuáticos y a poblaciones humanas que consumen el agua no tratada adecuadamente o el pescado obtenido en áreas contaminadas [Marian y Pompêo, (2008); Maggi *et al.*, (2009)]. Por esta razón 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 de metales pesados y materia orgánica asociada en los sedimentos de ecosistemas acuáticos. Los contaminantes presentes en el sedimento pueden pasar a la columna de agua del Lago de acuerdo a las condiciones de óxido-reducción, específicamente, presencia o ausencia del ión sulfuro generando una contaminación potencial de acuerdo a las concentraciones de oxígeno en la columna de agua.

El transporte fluvial de metales pesados y de materia orgánica a los lagos y mares es preferiblemente bajo la forma de sólidos suspendidos y por ende los procesos de sedimentación que controlan la distribución granulométrica también son los responsables de la acumulación y distribución de los metales pesados y de la materia orgánica en los sedimentos de fondo. Cuando existen fuentes de sólidos suspendidos producto de las actividades antrópicas en una determinada cuenca hidrográfica, entonces éstas juegan un papel importante en los niveles de concentración de metales pesados y de materia orgánica en cada una de

las distintas fracciones de tamaño de partículas, que sean introducidas al sistema por estas fuentes.

Por lo general, los sólidos suspendidos de fuentes antrópicas tienden a ser dominados por tamaño limo y arcillas. En este sentido, las zonas de baja energía servirán de áreas receptoras, ofreciendo las zonas de mayor impacto de contaminación. Las partículas que conforman los sedimentos son generalmente clasificadas en tamaños de grava ($>2000 \mu\text{m}$), arena ($2000\text{-}1000\text{-}500\text{-}250\text{-}125\text{-}63 \mu\text{m}$), limos ($63\text{-}45\text{-}2 \mu\text{m}$) y arcillas ($<2 \mu\text{m}$). Desde el punto de vista geoquímico lo más recomendable es siempre realizar la distribución granulométrica mediante la separación de los diferentes tamaños de partículas que sean suficientes para determinar su composición química y mineralógica. De esta manera es posible obtener información relacionada con los diferentes ambientes de sedimentación puesto que estos procesos regulan la concentración de metales pesados y de materia orgánica en el cuerpo de agua estudiado.

Cuando existen concentraciones altas de las diferentes formas de nitrógeno y de fósforo disueltas, éstas dan lugar a una alta productividad primaria, la cual genera una alta tasa de sedimentación de materia orgánica, aumentando los niveles de concentración de materia orgánica en los sedimentos de fondo y por ende en carbono orgánico, nitrógeno, azufre y fósforo. De esta manera es posible encontrar en los sedimentos superficiales del lago altas concentraciones de metales pesados asociados a la fracción limo y de arcillas,

producto de las actividades antrópicas en la cuenca y materia orgánica debido a los procesos de eutrofización existente en dicho lago. Los metales pesados comúnmente determinados en estudios ambientales son Hg, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Mn, Cd, Mo, V. Sus valores de concentración de línea base tienden a ser modificados cuando existe influencia de actividades antrópicas en la cuenca.

Este proyecto es la continuación del trabajo realizado a partir del muestreo de aguas y sedimentos que fue realizado en Mayo 2009 por un equipo multidisciplinario e interinstitucional, el cual fue la puesta en marcha de una Propuesta de Trabajo Interinstitucional [Suárez, 2009 (1)]; en la cual participaron el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 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. El Informe del Muestreo fue presentado a voceros y voceras de Consejos Comunales, Comunas y colectivos organizados asentados en los municipios de los estados de Aragua y Carabobo que forman parte de la Cuenca del Lago de Valencia [Suárez, 2009 (2)]. Este abordaje fue realizado en el marco de las Jornadas de Consulta al Poder Popular y al Poder Constituido para la Formulación del Plan de Desarrollo 2009-2013 del estado Aragua, realizado en el año 2009, a lo largo de ocho (8) semanas en los meses de Julio, Agosto y Septiembre. Fue conformada la mesa de trabajo de la Cuenca del Lago Los

Tacarigua (Lago de Valencia), este es el nombre que le da el Pueblo aragüeño al Lago de Valencia.

El proyecto “Estudio Ambiental del Lago de Valencia” formula sus objetivos y la prosecución del mismo en base a los lineamientos emanados en el Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2007-2013, que debe permanecer su vigencia y extremar su accionar en el Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013-2019, en base a la Conservación de Cuencas Hidrográficas y Saneamiento Integral del Lago de Valencia a fin de garantizar la conservación y uso sustentable del recurso hídrico, involucrando talento humano en la generación de ciencia, tecnología e innovación para el beneficio y resolución de la problemática ambiental venezolana. En base al área estratégica de acción el proyecto corresponde al área de Evaluación de la pérdida de ecosistemas y de diversidad biológica asociada al cambio climático y estrategias de restauración.

Objetivo General

Evaluar el comportamiento biogeoquímico del agua y los sedimentos superficiales en el Lago de Valencia.

Objetivos Específicos

Socializar la información, de la problemática ambiental de la Cuenca y el Espejo de Agua del Lago de Valencia, e informar de los hallazgos encontrados en la prosecución del Proyecto con las ciudadanas y ciudadanos que forman parte de los Consejos Comunales y las Comunas en construcción, en todos los municipios que forman parte de la Cuenca.

Determinar el fraccionamiento granulométrico de los sedimentos superficiales del Lago de Valencia

Establecer la distribución de las concentraciones de los metales pesados en cada una de las fracciones granulométricas del sedimento.

Establecer la distribución de las concentraciones de materia orgánica en cada una de las fracciones granulométricas del sedimento.

Establecer la distribución de las concentraciones de los metales pesados en agua a diferentes profundidades.

Establecer la distribución de las concentraciones de materia orgánica en agua a diferentes profundidades.

Usar modelos geoespaciales para representar la distribución de los procesos sedimentarios del Lago de Valencia.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El área de estudio es el Espejo de Agua del Lago de Valencia. Dentro de este cuerpo de agua serán estudiados los Sedimentos Superficiales y sus aguas a diferentes profundidades.

Criterio de Selección del Área de Estudio

Después de incontables salidas de campo cuyo objetivo fue recorrer zonas que están dentro de la Cuenca del Lago, observar y vivir la situación ambiental en la Cuenca, realizar recorridos para visualizar e interpretar la problemática ambiental en cada uno de los espacios físico naturales que conforman la

misma, revisar bibliografía científica y técnica existente, fue establecido como población objeto de estudio los sedimentos superficiales y las aguas del Espejo de Agua del Lago puesto que allí está la huella de todos los sólidos suspendidos y contaminantes que han estado acumulándose en este cuerpo de agua desde hace, por lo menos, cincuenta (50) años. La distribución granulométrica de los sedimentos superficiales del Lago de Valencia y la concentración de metales pesados y materia orgánica asociada a cada fracción, arrojará información en relación a los procesos de contaminación que ocurren en el Lago.

Muestreo

Las áreas de muestreo están discriminadas en una cuadrícula uniforme conformada por 41 estaciones de monitoreo georeferenciadas [Suárez, 2009 (3)]. Esta cuadrícula fue utilizada por primera vez por el Ministerio del Ambiente en un estudio de contaminación del Lago de Valencia (MARNR, 1981). Los sitios de muestreo se muestran en la Figura 1, serán captadas

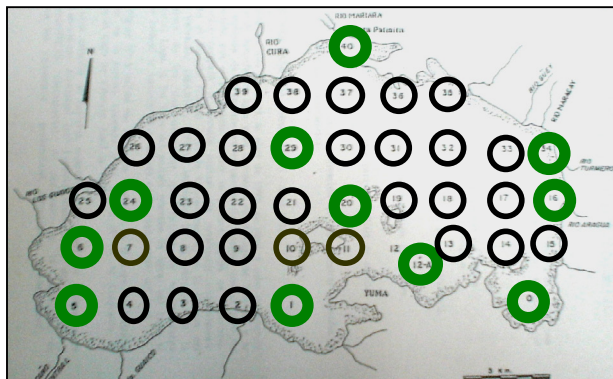


Figura 1. Sitios de muestreo en el Espejo de Agua del Lago de Valencia

muestras sencillas (color negro) y muestras por triplicado (color verde) en cada una de las áreas serán realizados dos (2) muestreos, uno en el período de lluvias y otro en el período seco.

Instrumentos, Equipos y Materiales

Durante la prosecución del proyecto serán utilizados equipos e instrumentos durante las etapas de muestreo, almacenamiento de muestras, fraccionamiento de sedimentos, extracción y determinación de metales pesados y materia orgánica en sedimentos, determinación de metales pesados y materia orgánica en agua y el uso de modelos geoespaciales de contaminación, respectivamente. En relación a cada etapa son descritos a continuación los equipos e instrumentos:

Muestreo de sedimentos y determinación de parámetros en sitio en el espejo de agua

GPS. Este instrumento será utilizado para georeferenciar el área de muestreo a fin de poder establecer relaciones espaciales en cada uno de los puntos de muestreo.

Sonda para determinar parámetros de agua en sitio. Los parámetros son:

pH, Conductividad Eléctrica (CE), Temperatura (T), Oxígeno Disuelto (OD). Estos equipos son parte del aporte del proyecto a la creación del Laboratorio de Geoquímica Ambiental y/o Calidad Ambiental que estaría adscrito en forma conjunta a los Ministerios del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación y Ambiente como ente rector de la materia ambiental.

Draga para la captación de muestras de sedimentos. Será utilizada para la captación de muestras de sedimentos en zonas poco profundas. Es parte del aporte del proyecto a la creación del Laboratorio de Geoquímica Ambiental que sería usado por un colectivo de investigación.

Sonda para la captación de muestras de sedimentos. Será utilizada para la captación de muestras de sedimentos en zonas profundas. Es parte del aporte del proyecto a la creación del Laboratorio de Geoquímica Ambiental que sería usado por un colectivo de investigación.

Lancha. Será usada para realizar recorridos en todo el Espejo de Agua al momento de realizar la captación de

muestras de sedimentos y muestras de agua. El Comando de Guardacostas del Lago de Valencia aportará la lancha. El personal de la Armada será el responsable del traslado y seguridad del personal técnico que participará en los diferentes muestreos.

Fraccionamiento de las muestras de sedimentos

Juego de Tamices de Acero Inoxidable.

Serán utilizados para el fraccionamiento de las muestras de sedimentos en cada uno de sus tamaños de grano. Es parte del aporte del proyecto a la creación del Laboratorio de Geoquímica Ambiental que sería usado por un colectivo de investigación.

Extracción y determinación de metales en cada fracción de sedimento

ICP-AES. Es un espectrómetro de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado. Este equipo será utilizado para realizar el análisis elemental en cada una de las muestras de sedimento. El Instituto de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias cuenta con este equipo de última tecnología. Este es parte del aporte de la Universidad Central de Venezuela. Para el proceso de extracción debe ser adquirido material de vidrio y envases plásticos. Para el almacenaje de la muestra deben ser adquiridos envases plásticos.

Analizador de Mercurio. Será utilizado para determinar la concentración de mercurio en cada una de las muestras de sedimento. El proyecto cuenta con este equipo (Analizador de Mercurio, DMA-80), está en el Instituto de Ciencias de la Tierra. Este es parte del aporte de la Universidad Central de Venezuela.

Determinación de materia orgánica en

cada fracción de sedimento

Analizador de C-N-S: será utilizado para determinar contenido de materia orgánica en cada fracción de sedimento. Es parte del aporte del proyecto a la creación del Laboratorio de Geoquímica Ambiental que sería usado por un colectivo de investigación.

Determinación de metales y materia orgánica en agua a diferentes profundidades

Todos los equipos e instrumentos para estas determinaciones están en la Unidad de Análisis Instrumental. Decanato de Agronomía. Este es parte del aporte de la Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado.

Uso de modelos geoespaciales, procesamiento de datos y tratamiento estadístico de resultados

Computador con impresora láser a color. Estos equipos serán utilizados en el procesamiento de datos, además son una herramienta fundamental en el tratamiento estadístico de los datos obtenidos, y en el uso de modelos geoespaciales. Es parte del aporte del proyecto a la creación del Laboratorio de Geoquímica Ambiental que sería usado por un colectivo de investigación.

Paquetes surface 3D con licencia. Este software será utilizado para el modelaje geoespacial de los contaminantes en los Sedimentos Superficiales del Lago de Valencia. Es parte del aporte del proyecto a la creación del Laboratorio de Geoquímica Ambiental que sería usado por un colectivo de investigación.

Procedimientos

Fraccionamiento de muestras de sedimentos

El fraccionamiento granulométrico será realizado mediante el tamizado en húmedo de las muestras de sedimentos usando tamices de acero inoxidable de las siguientes mallas: 10, 18, 35, 60, 120, 230 y 325. El material pasante a través de 325 mallas, es decir, el tamaño limo y arcillas será separado, por sedimentación, según los procedimientos

usados en el Instituto de Ciencias de la Tierra [Tosiani *et al.*, (2005)].

Extracción de muestras de sedimentos

Las muestras correspondientes a cada una de las fracciones granulométricas serán secadas a 50 °C y luego serán sometidas a un procedimiento de extracción secuencial con HCl 1M y agua regia, llevadas a un volumen de 50 mL con agua deionizada [Yanes *et al.*, (2005); (Figura 2)].

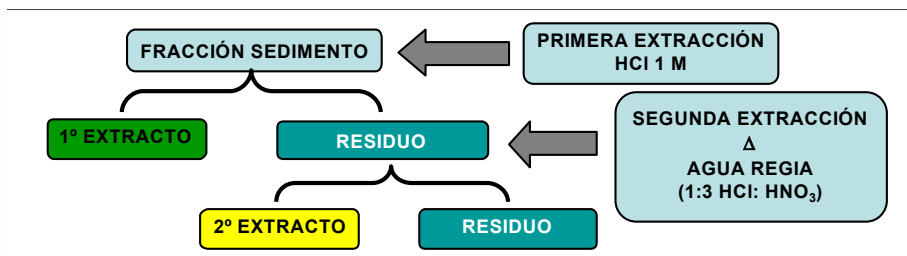


Figura 2. Extracción secuencial de metales en 2 etapas

Determinación de metales en muestras de sedimentos

El análisis elemental será llevado a cabo mediante el uso de un espectrómetro de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado (ICP-AES) ubicado en el Instituto de Ciencias de la Tierra de la UCV (Figura 3). Los elementos a ser determinados son Na, K, Ca, Mg, Fe, Al, Sr, Ba, Sb, As, Cd, Cr, Co, Cu, La, Pb, Mg, Mn, Mo, Ni, P, V, Y y Zn [Yanes *et al.*, (2005)]. El elemento mercurio será determinado a través del uso de equipo DMA-80 [Maggi *et al.*, (2009)] que está en el Instituto de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias de la UCV.

Determinación de materia orgánica (C-N-S) en muestras de sedimentos

La determinación de C, N y S será realizada mediante el uso de un Analizador elemental. Estos resultados junto con los de fósforo permitirán determinar la concentración de materia orgánica en los sedimentos.

Resultados Esperados

Beneficios potenciales a partir de los resultados esperados en el Proyecto La información generada podrá ser usada por los actores sociales, políticos e institucionales en la toma de decisiones. De acuerdo a los resultados esperados, es importante destacar que van a establecerse relaciones espaciales en base a los Sedimentos Superficiales del Lago de Valencia y su interacción con los contaminantes, específicamente, metales pesados y materia orgánica,

lo que permitirá ubicar las zonas de mayor contaminación, precisar si las mismas tienen relación con fuentes de contaminación puntuales, y la posibilidad de evaluar la biodisponibilidad del contaminante, la reactividad del mismo y la movilidad en las diferentes zonas del cuerpo de agua. También podrán generarse modelos geoespaciales de contaminación, que muestren la afectación de equilibrios ecológicos en el gran ecosistema del Lago de Valencia. Los sedimentos acumulados en un cuerpo de agua son de gran valor para el estudio de esos ecosistemas, dado que conservan el registro histórico de lo acaecido en el lugar.

La información generada, de carácter científico, servirá para la toma de decisiones, de los entes gubernamentales encargados de la Planificación, Control y Manejo adecuado de los recursos hídricos de la Cuenca del Lago, y de esta manera seleccionar un sistema de saneamiento integral, para recuperar toda la Cuenca desde sus tributarios, suelos y cuerpos de agua (Espejo de Agua y embalses Zuata y Taiguaiguay), e incluso sus sedimentos para luego lograr un manejo óptimo de los mismos. Cabe destacar que la inversión en estos proyectos es cuantiosa, pero sin duda, la Cuenca del Lago de Valencia, y el mismo Espejo de Agua del Lago, en particular, están atravesando por una situación crítica de contaminación. Cualquier esfuerzo emprendido justifica la inversión puesto que podremos contar con un potencial recurso hídrico a futuro.

Referencias Bibliográficas

- Maggi, C.; Berducci, M. T.; Bianchi, J.; Giani, M.; Campanella, L. (2009). Methylmercury determination in marine sediment and organisms by Direct Mercury Analyser. *Analytica Chimica Acta*. 641:32-36.
- 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).
- MARN-AUA. (2001). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Agencia de Cuenca del Lago de Valencia. "Estudio Integral de los Tributarios de la Cuenca del Lago de Valencia (1997-2000)". Laboratorio de Calidad Ambiental. Convenio MARNR-JICA. Abril 2001. Maracay, estado Aragua. 81 pp.
- MARN-DEA Aragua. (2004). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección Estatal Ambiental Aragua. "Informe y Resultados. Análisis físico-químicos alrededores de la Isla del Burro-Lago de Valencia". Laboratorio de Calidad Ambiental. Mayo 2004. Maracay, estado Aragua. 13 pp.
- MARN-DEA Aragua. (2005). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección Estatal Ambiental Aragua. "Caracterización de los Tributarios en la Cuenca del Lago de Valencia". Laboratorio de Calidad Ambiental. Diciembre 2005. Maracay, estado Aragua. 35 pp.

- MARNR. (1981). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Estudio Integral sobre la Contaminación del Lago de Valencia. Informe N° 1. Estudio Limnológico. Primera etapa. Serie Informe Técnico DGSIIA/17/68. Mayo 1981. Caracas, Distrito Federal. 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. 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.
- MARNR-AUA. (1998). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Agencia de Cuenca del Lago de Valencia. “III Seminario Técnico sobre los Programas de Mejoramiento de la Calidad Ambiental. Hacia el Uso Sustentable de las Aguas del Lago de Valencia”. Convenio MARNR-JICA. Octubre 1998. Maracay, estado Aragua. 45 pp.
- MINAMB-DEA Aragua. (2008). Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Dirección Estatal Ambiental Aragua. “Resultados y Conclusiones. Calidad de Agua Lago de Valencia. Junio 2008”. Laboratorio de Calidad Ambiental. Junio 2008. Maracay, estado Aragua. 13 pp.
- MINAMB-DEA Aragua. (2009). Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Dirección Estatal Ambiental Aragua. “Resultados. Análisis Parámetros físicos-químicos y bacteriológicos. Aguas del Lago de Valencia. Campaña Mayo 2009”; y “Resultados. Determinaciones de parámetros “in situ”. Aguas del Lago de Valencia. Campaña Mayo 2009”. Laboratorio de Calidad Ambiental. Maracay, estado Aragua. 10 pp.
- 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.
- 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)]. Informe de actividades realizadas en el marco del Muestreo de Aguas y Sedimentos en el Lago de Valencia. Campaña Mayo 2009. Gerencia Regional INCES Aragua. 29 de Mayo de 2009. Informe oficializado no publicado. 12 pp.

Suárez, M. [2009 (3)]. 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.; Yanes, C.; Ramirez, A. (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.

Yanes, C.; Ramirez, A.; Tosiani, T. (2005). Distribución de metales pesados en los sedimentos superficiales marinos frente al Delta del Orinoco, Venezuela. p: 102-112. 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.