



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Calidad del Agua de la Bahía de Asunción, Paraguay

Rodolfo Acuña^{a,b}, Estanislao Acosta^a, Nadia Villalba^a, Talia Appleyar^a, Osvaldo Frutos^{b,c},

^a *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay,*
rolfikraus@gmail.com; estanislacosta@hotmail.com; nadiavillalba86@gmail.com;
bioapplebis@gmail.com;

^b *Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay,*
osvaldo.frutos@agr.una.py.

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay, ofrutos@ing.una.py.

RESUMEN: Se determinó la calidad de agua de la Bahía de Asunción a través del Índice de Calidad del Agua (ICA) de la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) de los Estados Unidos considerando los parámetros físico-químicos y además la concentración de metales pesados (plomo y cadmio) en el sedimento en 3 diferentes puntos de la Bahía. La determinación del ICA indica que el agua de la bahía de asunción muestra la condición de “Contaminado” en las tres áreas estudiadas. En cuanto a los niveles de los metales pesados (Cr y Pb) en el sedimento, se pudo comprobar se encuentran en concentraciones consideradas como poco contaminado según la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Además, pudo observarse el efecto de la actividad portuaria en la presencia de estos metales, debido a que se encontró mayor concentración de estos metales pesados en las inmediaciones del ex-puerto de la Bahía de Asunción. En cuanto a los nutrientes puede afirmarse que se tiene un estado eutrófico según el grado de eutrofia de la Organización de Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE). En este sentido, la caracterización de la Bahía de Asunción demuestra un deterioro de la calidad del mismo como consecuencia de la falta de sistemas de saneamiento y el efecto de la actividad portuaria de la zona.

PALABRAS CLAVE: Calidad de Agua, Índice de Calidad de Agua, metales pesados (plomo, cadmio), nutrientes, estado eutrófico.

1. INTRODUCCIÓN

En el Paraguay, específicamente en la Bahía de Asunción, existía hasta hace poco una gran actividad portuaria. El lugar es conocido como el puerto de aduanas, donde llegaban productos de diferentes países de la región. Así también, en la Bahía desembocan varios arroyos urbanos que surcan parte de la ciudad de Asunción, estos afluentes de la Bahía son receptores de una gran cantidad de aguas residuales sin tratar proveniente de los barrios aledaños según mencionan Facetti J. y colaboradores (2013) [1]. Lo cual, podría provocar la degradación de la calidad del agua de la Bahía de Asunción. En este sentido, con este trabajo se realizó una caracterización de la misma, mediante la determinación de parámetros físico-químicos y biológicos utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) de la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) de los Estados Unidos [2]. Además, en las mismas zonas seleccionadas se realizó un muestreo de los sedimentos para el análisis de metales pesados, como el plomo y el cadmio, de modo a conocer el posible impacto de las actividades portuarias de la Bahía.

2. METODOLOGÍA

2.1. Localización de la investigación

La Bahía de Asunción está ubicada a orillas del Río Paraguay, en el límite entre la Región Oriental y la Región Occidental. Tiene una superficie aproximada de 375 ha, alberga una variedad de hábitats que incluyen embalsados, lagunas, bancos de arena, ubicación donde convergen las unidades biogeográficas de Chaco y Paraguay Central [3].

Para el estudio de calidad del agua se seleccionaron 6 puntos de muestreo de modo a cubrir diferentes zonas de la Bahía, así los Puntos 1 y 2 corresponden a la Bahía Baja, los Puntos 3 y 4 a la Bahía Media y los puntos 5 y 6 a la Bahía Alta, como puede observarse en la Figura 1.

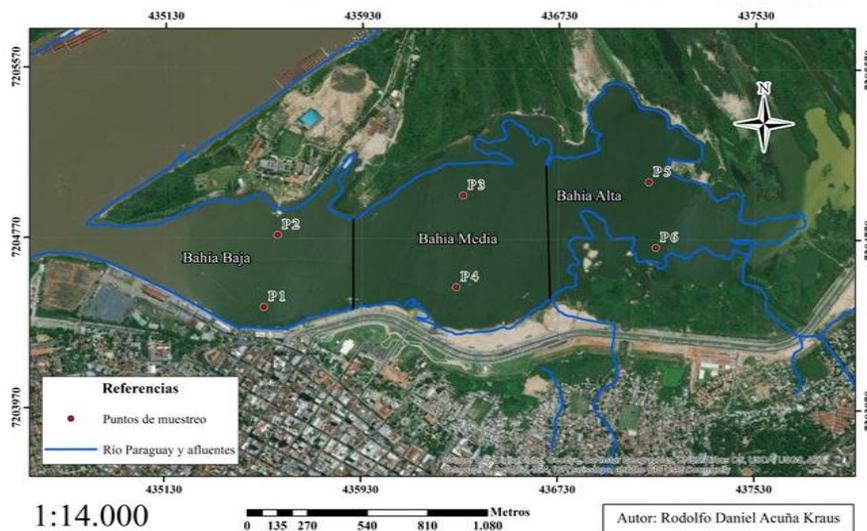


Figura 1: Ubicación de los puntos de muestreo.

2.2. Muestreo y análisis

En la Tabla 1 se pueden encontrar los puntos georreferenciados de donde se extrajeron las muestras de agua para el análisis de parámetros físicos-químicos y biológicos (Tabla 2), y sedimentos del fondo para la determinación de cromo y plomo.

Zona	Puntos	Coordenadas	
		X	Y
Bahía Baja	1	25°16'30.07"S	57°38'25.88"O
	2	25°16'19.73"S	57°38'23.99"O
Bahía Media	3	25°16'13.36"S	57°37'56.86"O
	4	25°16'27.08"S	57°37'57.42"O
Bahía Alta	5	25°16'11.76"S	57°37'29.76"O
	6	25°16'21.05"S	57°37'28.88"O

Tabla 1: Ubicación de los puntos de muestreos de la Bahía de Asunción.

Las muestras de agua fueron tomadas cada 15 días, a lo largo de 45 días. En total se obtuvieron seis muestras de agua por cada campaña de muestreo y una muestra de sedimento de fondo, por cada zona de clasificación (tres muestras de sedimentos). Los sedimentos se colectaron en solo dos oportunidades. Las determinaciones de los parámetros se realizaron siguiendo los protocolos descritos en los Métodos Normalizados APHA-AWWA-WPCF (1992) [4].

Los parámetros de Calidad de Agua fueron analizados mediante la aplicación de la evaluación numérica del ICA con el Software ICA TES V1.0; ecuación (1) [5].

$$ICA = \left(\prod_{i=1}^n SI_i \right)^{w_i} \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

ICA : Índice de Calidad de Agua

SI_i : Subíndice del parámetro *i*

w_i : Factor de ponderación (peso relativo) para el Subíndice *i*

La sumatoria de los pesos relativos *w_i* debe ser igual a 1. En estos índices en general los parámetros que tienen mayor peso relativo son los coliformes, el pH y los parámetros asociados a presencia de materia orgánica como la DBO₅. En la Tabla 2 se presentan los pesos relativos asignados a los parámetros que conforman el ICA.

Los resultados fueron interpretados teniendo en cuenta el Rango y la escala de clasificación del ICA que se representa con diferentes colores teniendo en cuenta la Calidad del Agua que se representa en la Tabla N°3.

Calidad del Agua	Color	Rango
Excelente		90-100
Aceptable		80-90
Levemente contaminado		70-80
Contaminado		50-70
Muy contaminado		0-50

Tabla 3. Calidad del Agua en colores según el ICA.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis del ICA de la Bahía de Asunción

Se obtuvieron valores de ICA promedios cercanos a 69,96. Por lo cual, todos los puntos de muestreo se encuentran en el rango de calidad con la denominación de Contaminado; que corresponde al color naranja en la escala de calidad de agua según el software ICA test v 1,0; como se observa en la Figura 2. Los valores más altos se pueden observar en los puntos 1 y 2 correspondientes a la Bahía Baja, mientras que los valores más bajos se observan en la zona de la Bahía Alta. La razón por la cual la zona correspondiente a la Bahía Alta es la que presenta los niveles más bajos de calidad es porque la misma recibe la mayor parte de las descargas de los arroyos urbanos como puede observarse en el mapa de la Figura 1. Esto hace que los niveles de DBO_5 y coliformes fecales sean los más elevados de la zona.

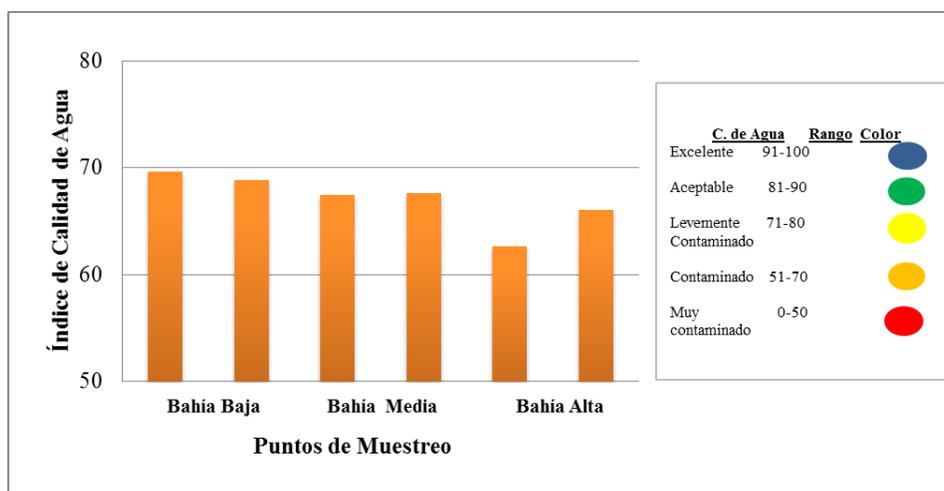


Figura 2: Índice de Calidad de Agua promedio por punto de muestreo.

3.2. Nutrientes biodisponibles

Teniendo en cuenta los resultados de la concentración de fósforo como fosfato se utilizó una clasificación propuesta por la OECD, comité de eutrofización de la Organización de Cooperación Económica y Desarrollo (OECD1982).[6]

En función a los datos de concentración de fósforo total de la bahía (0,04 a 0,096 mg/L) la misma presenta las características de un cuerpo de agua eutrófico según lo establecido por el comité de eutrofización de la OECD. Por otro lado, los valores de fosfato (PO_4^{3-}) se encontraron en un rango de 0,02 mg/L a 0,09 mg/L. Según Parinet et al. (2004) .[7] en la mayoría de las aguas superficiales naturales, el fósforo como orto fosfato (o simplemente fosfato) PO_4^{3-} puede una variación entre 0,005 mg/L y 0,020 mg/L

3.3. Metales pesados en los sedimentos de fondo

Se encontraron en los sedimentos de fondo, la presencia de plomo y cadmio; siendo el plomo el más ampliamente distribuido en la zona Bahía Baja al igual que el cadmio pero en menor proporción. La Bahía Baja (puntos 1 y 2) presenta los niveles más altos de plomo en el sedimento (12,9 a 30,1 mg/kg de Pb), coincidentemente, la zona es la más alejada al ex-puerto de la Bahía de Asunción (Figura 3). En este sentido, los valores de metales pesados disminuyen a

medida que los puntos de muestreo se alejan de la zona portuaria. Demostrando la fuerte influencia de la actividad sobre los niveles de contaminantes en el sedimento. En función a los valores de concentración de metales pesados del sedimento, las zonas analizadas se encuentran categorizadas, según la Agencia de Protección Ambiental (EPA), como poco contaminada. (EPA 1977) .[8]; Según Jiménez (2012) [9] un nivel significativo, puede no ser visible (metal disponible para la especie) a corto plazo, pero van generando diferentes grados de toxicidad dependiendo de las concentraciones en el medio y dependiendo del tiempo de exposición. (Debenest et al. 2008; Falasco et al. 2009; Morin et al. 2008) .[10], Pudiendo de igual manera incidir sobre el ecosistema de pequeños organismos. En cuanto al cadmio, se encontró que también estuvo en menor proporción que la del plomo y además dentro de la categoría de poco contaminado, con valores que oscilaron en un rango de 0,2 mg/L a 0,6 mg/L.

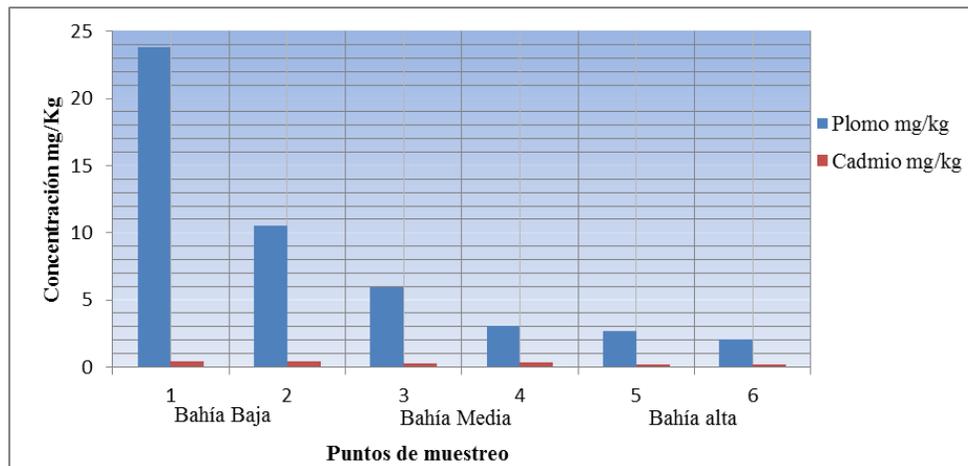


Figura 3. Concentraciones de plomo y cadmio en sedimentos de fondo de la Bahía de Asunción.

4. CONCLUSIONES

Considerando los valores promedio del Índice de Calidad de Agua, se puede decir que la Bahía de Asunción se encuentra dentro de la clasificación de Contaminado. Principalmente por la alta concentración de coliformes fecales, fosforo total. Así también, se puede observar que los valores de metales pesados en el sedimento están estrechamente relacionados con la actividad portuaria que se tenía en la bahía. Sin embargo, según la clasificación brindada por la EPA, la Bahía se encuentra clasificada como poco contaminada. En cuanto a la presencia y concentración de nutrientes como el fosfato, comparando con los valores de la tabla de clasificación del grado de eutrofización de lagos y embalses, la Bahía de Asunción se encuentra dentro de la clasificación de eutrófico. Finalmente, los resultados de caracterización de la calidad del agua de la Bahía de Asunción demuestran que las condiciones de deterioro observadas son consecuencia de no contar con un sistema de alcantarillado adecuado y tratamiento de aguas residuales domésticas.

5. AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los Docentes, tanto de la Facultad de Ciencias Agrarias, como de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción especialmente a la Lic.

Estanislao Acosta; al Dr. Osvaldo Frutos; a la Lic. Talía Appleyard, por su dedicación, y paciencia. A nivel institucional agradezco al plantel del Laboratorio de Calidad de Aguas de la Facultad Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, por la utilización de sus instalaciones y por su entrega constante en busca de la verdad.

6. REFERENCIAS

[1] Kawai, H. y Facetti, J. 2013. Gestión de los recursos hídricos y su control. Capítulo 2 Manual Técnico para la Gestión del Saneamiento Ambiental. Ed. I, Asunción, Mercurio (en línea). Consultado 28 agosto de 2017. Disponible en: <file:///C:/Users/usuario/Desktop/bahia%20de%20asuncion/CAPITULO%20II%20Gesti%C3%B3n%20de%20Recursos%20H%C3%ADdricos%20y%20su%20control>.

[2] NSF (National Sanitation Fundation). (2006). Consumer Information: Water Quality Index (WQI) consultado el 28 de ago. Del 2017. disponible en. www.nsf.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp

[3] Dinerstein, E.; Olson, D.; Grahan, D.; Webster, A.; Primm, E.; Bookbinder, M.; Ledec, G. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las eco regiones terrestres de América Latina y el Caribe. Washington D.C. WMF-Banco Mundial 176 P.

[4] APHA, AWWA, WPCF 1992, 17 ed. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Editorial Díaz de Santos. España 1714 P.

[5] Fernandez N. 2001. ICATest v 1.0 una herramienta para la valoración de la calidad del agua 2001 España software libre.

[6] OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control. Cooperative Programmers on Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control), Environment Directorate, OECD Paris, Final Report. France. 1982.

[7] Parinet, B., Lhote, A., Legube, B. (2004). Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management— application to a tropical lake system. *Ecological Modelling*, 178(3), 295- 311

[8] Anónimo (1977) United States Environmental Protection Agency (USEPA). Guidelines for Pollution Classification of Great Lakes Harbor Sediments. USEPA Region V, Great Lakes Surveillance Branch, Chicago IL. 8 pp.

[9] Jiménez, D. (2012). Cuantificación de metales pesados (Cadmio, cromo, níquel y Plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (*Crassostrea columbiensis*) ostión de Mangle en el puente Portete del estero Salado (Guayaquil). Guayaquil, Guayas, Ecuador

[10] Debenest, T., Silvestre, J., Coste, M., Delmas, F. y Pinelli, E. 2008. Herbicide effects on freshwater benthic diatoms: Induction of nucleus alterations and silica cell wall abnormalities. *Aquatic Toxicology*, P 88–94