

Determinación de la acumulación de Metales Tóxicos en agua, sedimento y biota del Humedal el Paraíso

Determination of toxic metals accumulation in water, sediment and biota of the wetland paradise

Berardo Beder, Ruiz Sánchez¹; Ronald Fernando, Rodríguez Espinoza¹;
Juan Manuel, Ipanaqué Roña¹

RESUMEN

Objetivo. Determinar la acumulación de metales tóxicos en agua, sedimento y biota (peces y micrófitos) del humedal El Paraíso, 2010. **Métodos.** Se consideró la longitud máxima del humedal como transecto, en donde se establecieron estaciones de muestreo equidistantes P1, P2 y P3. Los metales tóxicos analizados fueron el plomo, cadmio, mercurio y arsénico utilizando un método de espectrometría de absorción atómica. **Resultados.** Se obtuvieron concentraciones promedio en el agua: 0,005958 mg/l de plomo, 0,004025 mg/l de cadmio, 0,002667 mg/l de mercurio y 0,002967 mg/l de arsénico; en el sedimento: 0,024875 ppm de plomo, 0,039108 ppm de cadmio, 0,029033 ppm de mercurio y 0,036825 ppm de arsénico; en la biota: 0,014220 ppm de plomo, 0,001793 ppm de cadmio, 0,002520 ppm de mercurio y 0,003433 ppm de arsénico. **Conclusiones.** La concentración de mercurio en el agua fue superior al establecido en los estándares de calidad de agua para conservación del ambiente acuático dado por el Ministerio del Ambiente según el D.S. N° 002-2008-MINAM, que establece como valores seguros para dicha categoría, 0,0081 mg/l de plomo, 0,005 mg/l de cadmio, 0,001 mg/l de mercurio y 0,05 mg/l de arsénico; además, dicha concentración de mercurio también fue superior a lo establecido para el agua en la categoría poblacional y recreacional, cuyos valores seguros se consideran 0,01 mg/l de plomo y 0,001 mg/l de mercurio. En cuanto a la biota se encontró las máximas concentraciones para el cadmio y arsénico en la estación de muestreo sur del humedal (P1).

Palabras clave: Plomo, cadmio, mercurio, arsénico, humedal, marisma.

ABSTRACT

Objective. To determine the accumulation of toxic metals in water, sediment and biota (fish and microphytes) Wetland Paradise, 2010. **Methods.** The maximum length of the wetland was considered as transect, where equidistant sampling stations P1, P2 and P3 were established. Toxic metals analyzed were lead, cadmium, mercury and arsenic using a method of atomic absorption spectrometry. **Results.** Average concentrations were obtained in water: 0.005958 mg/l of lead, 0.004025 mg/l of cadmium, 0.002667 mg/l of mercury, and 0.002967 mg/l of arsenic, in the sediment: 0.024875 ppm of lead, 0.039108ppm of cadmium, 0.029033ppm of mercury and arsenic0.036825 ppm, in biota: 0.014220 ppm of lead, 0.001793 ppm of cadmium, 0.002 520 ppm of mercury and arsenic 0.003433 ppm. **Conclusions.** The concentration of mercury in the water was higher than the established by quality standards for aquatic environment conservation given by the Ministry of Environment as the DS N° 002-2008-MINAM, who stablished as safe values for that category of 0.0081 mg/l of lead, 0.005 mg/l of cadmium, 0.001 mg/l of mercury and 0.05 mg/l of arsenic; additionally, the concentration of mercury was also superior to established for the water in the population and recreational category, whose values are considered safe as 0.01 mg/l for lead and 0.001 mg/l for mercury. In relation to biota we found the highest concentrations for cadmium and arsenic in the sampling station south of the wetland P1.

Keywords: Lead, cadmium, mercury, arsenic, wetland, marsh.

¹ Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

INTRODUCCIÓN

Para Davis, Blasco y Carbonell (1996), los humedales son extensiones de marismas, pantanos, turberas, superficies cubiertas con agua y áreas de agua marina con profundidades no mayores a 6m en marea, los cuales pueden tipificarse como subsistemas: marino, estuarino, ribereño, lacustre y palustre (Farinha et al., 1996; Bravo y Windevoxhel, 1997).

Generalmente se encuentran distribuidos en zonas bajas y planas, cuyo nivel se incrementa por las escorrentías; a parte que retienen nutrientes, sedimentos, contaminantes; y sobre todo amortiguan inundaciones, exhibiendo un alto valor escénico y recreativo, expresando una gran diversidad biótica (Ojasti, 2000).

Poco se conoce acerca del humedal a estudiar, sin embargo precisaremos algunos aspectos relacionados; así, Tovar (1971) asevera, que el ecosistema Medio Mundo es una albufera con organismos mayormente dulce acuícolas. Por su parte, Cuellar (1983) indica, que el humedal El Paraíso es un ecosistema lentic tipo albufera en tránsito a distrofia. Además, Cano, Young, Enciso y Carpo (1998) reportan haber encontrado flora vascular, 66 especies en Los Pantanos de Villa, 25 en Medio Mundo y 16 en El Paraíso.

Sin embargo, muchos ecosistemas no son manejados sosteniblemente, así como también se desconoce el potencial biológico y turístico del litoral costero, manglares, lagos, lagunas, pantanos, turberas y aguajales (Malnati, 1982; Pulido y Gutiérrez, 1989).

Además, en la Región Lima, los Pantanos de Villa vienen siendo afectados por procesos antropogénicos (Young, 1998).

Por ello, el humedal, El Paraíso es un ecosistema con gran diversidad y abundancia de flora y fauna que ofrecen múltiples beneficios a las comunidades circundantes; pero en la actualidad están siendo afectados por las actividades como manejo no sustentable, explosión demográfica, agropecuarias y contaminación.

En este sentido, Nordberg (2001) y Stadler (2007) mencionan que los metales pesados contenidos en plaguicidas, producen numerosos efectos en la salud como alteración

del sistema nervioso, renal, reproductor, digestivo óseo, inmunológico y en el equilibrio de los ecosistemas, acumulándose en organismos acuáticos en altas concentraciones.

Al comparar estas evidencias, se encuentran los motivos que probablemente estén influyendo en el humedal El Paraíso; razón principal por las que se realizó esta investigación.

Al no encontrar investigaciones relacionadas a los metales tóxicos en sedimento y biota en humedales del Perú, se planteó como objetivo determinar la acumulación de metales tóxicos en el agua, sedimento y biota del humedal El Paraíso, Lima, Perú, 2010.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó de julio del 2009 a junio del 2010, en el humedal El Paraíso del distrito de Huacho, provincia Huaura, región Lima, situada entre las coordenadas de 10°16'18" y 13°19'16" de Latitud Sur, y de 75°30'18" a 77°53'02" de Longitud Oeste.

Se consideró la longitud máxima del humedal como transecto, sobre el cual se fijaron tres estaciones de muestreo por zonas (P1, P2 y P3) equidistantes a 200 m (Figura 1). Para la colección de las muestras se usó un bote de dos remos con capacidad para cinco personas, conducido por un lugareño, en el horario de 7 a 17 horas.

Se colectaron muestras de agua en botellas plásticas de 250 ml, las muestras de sedimento se obtuvo usando el tubo de Penchaszadeh, se colocó en bolsas plásticas de ¼ de kg y las muestras de macrofitas ("junco", "enea" y "totora") y peces ("mojarra", "lisa") se colectaron en bolsas plásticas de ½ kg.

Las muestras obtenidas de agua, sedimento y biota, se codificaron por tipo, estaciones y fechas de muestreo, luego se embalaron en cajas de tecnopor herméticamente selladas con cinta masking tape, para inmediatamente ser trasladadas al Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación (LASACI) de la Universidad Nacional de Trujillo, donde se realizaron los análisis de plomo, cadmio, mercurio y arsénico mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica.

Se usó para los cálculos, un nivel de insignificancia del 5%. El análisis estadístico usado es el ANOVA, utilizando el software SPSS (Statistical Package for Social Sciences), con el cual se obtuvieron los parámetros de tendencia central, como promedios, mínimos y máximos para cada metal pesado.

Estas pruebas estadísticas sirvieron para relacionar los promedios de la concentración de metales tóxicos del agua, sedimento y biota tanto por estaciones de muestreo y estaciones del año, con el objeto de conocer la igualdad o diferencia entre ellos. Además, se compararon los factores con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua de acuerdo al Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM del Ministerio del Ambiente (El Peruano, 2008), considerando las categorías 1 y 4, que se refieren a poblacional y recreacional y conservación del ambiente acuático respectivamente.

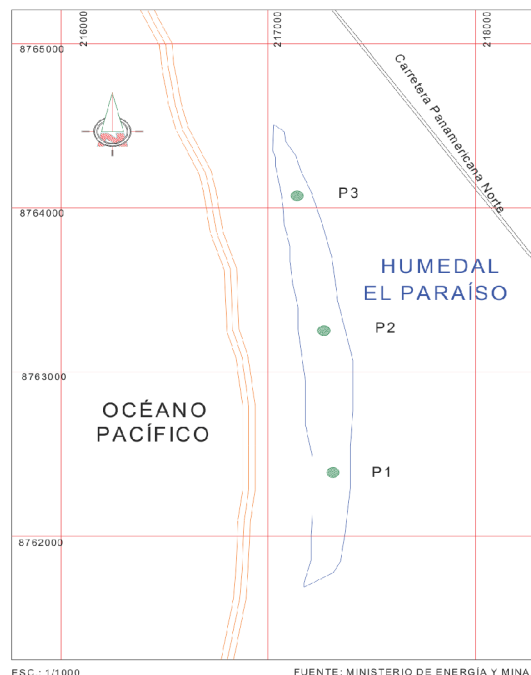


Figura 1. Zonas de muestreo del humedal El Paraíso

RESULTADOS

El agua del humedal El Paraíso registró concentraciones de plomo por estaciones de muestreo que oscilaron entre 0 y 0,028000 mg/l, con medias tomadas de las tres estaciones de muestreo de 0,005958 mg/l para el plomo, mientras que para el cadmio fue de

0,004025 mg/l, para el mercurio fue de 0,002667 mg/l y para el arsénico fue de 0,002967 mg/l. Además, se caracterizó porque la estación de muestreo P3 del humedal presentó las mayores concentraciones promedio de los cuatro metales tóxicos destacando entre ellos el plomo (Tabla 1 y Figura 2).

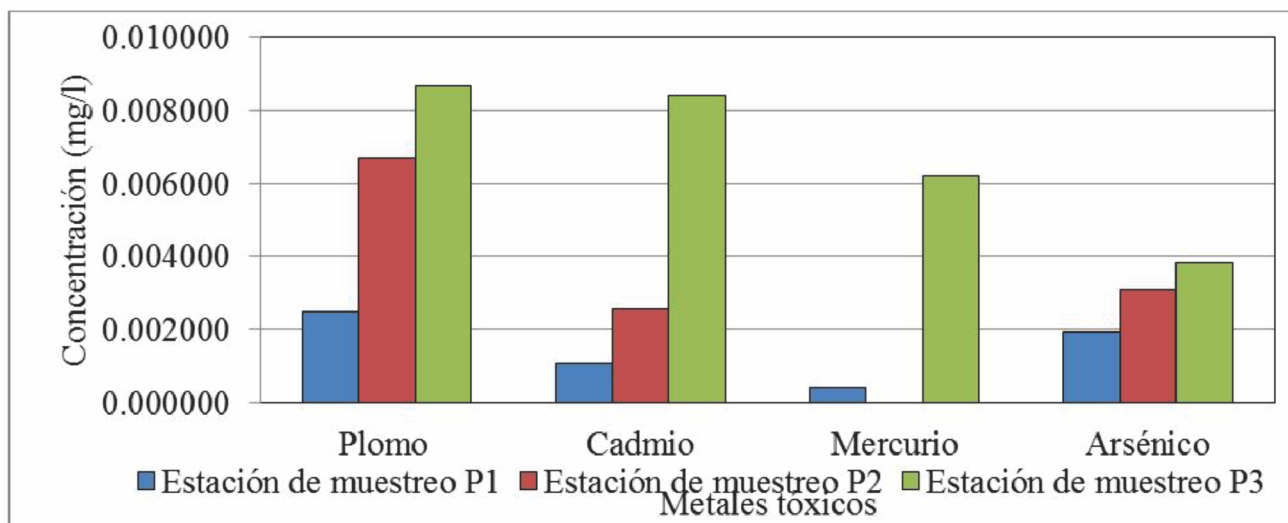


Figura 2. Promedios de metales tóxicos (mg/l) del agua por estaciones de muestreo del humedal El Paraíso

Tabla 1. Metales tóxicos (mg/l) del agua por estaciones de muestreo del humedal El Paraíso

Muestreo	Estaciones de muestreo	Plomo	Cadmio	Mercurio	Arsénico
1	P1	0,004600	0,000000	0,000000	0,002100
	P2	0,000000	0,003800	0,000000	0,004500
	P3	0,028000	0,026500	0,017300	0,006200
2	P1	0,003200	0,000000	0,000000	0,000000
	P2	0,005000	0,001400	0,000000	0,000000
	P3	0,000000	0,001000	0,005500	0,000300
3	P1	0,001200	0,002500	0,000000	0,003100
	P2	0,020000	0,002800	0,000000	0,004200
	P3	0,003500	0,003000	0,000000	0,004700
4	P1	0,001000	0,001800	0,001600	0,002600
	P2	0,001800	0,002300	0,000000	0,003700
	P3	0,003200	0,003200	0,002000	0,004200
Media	P1	0,002500	0,001075	0,000400	0,001950
	P2	0,006700	0,002575	0,000000	0,003100
	P3	0,008675	0,008425	0,007600	0,003850
	Total	0,005958	0,004025	0,002667	0,002967
Mínimo	P1	0,001000	0,000000	0,000000	0,000000
	P2	0,000000	0,001400	0,000000	0,000000
	P3	0,000000	0,001000	0,000000	0,000300
	Total	0,002500	0,001075	0,000000	0,001950
Máximo	P1	0,004600	0,002500	0,001600	0,003100
	P2	0,020000	0,003800	0,000000	0,004500
	P3	0,028000	0,026500	0,017300	0,006200
	Total	0,008675	0,008425	0,007600	0,003850

En los metales tóxicos del sedimento, el plomo se incrementó de P1 a P3 en 0,068200 ppm en concentraciones máximas. La concentración de cadmio fue mayor para la estación P2 con 0,073800 ppm. Igualmente, la mayor concentración de mercurio se obtuvo en P1 con 0,0515 ppm. El mismo comportamiento se encontró para el arsénico, cuyo rango fue de 0,007 a 0,0831 ppm en P1. Esto se puede observar en la Tabla 2.

En cuanto a los metales tóxicos de la biota, el mayor rango de concentración de plomo se

obtuvo en la estación P2, variando de 0,0003 a 0,0521 ppm. Respecto al cadmio el valor máximo se determinó en P1 con 0,0176 ppm. Asimismo, la concentración de mercurio osciló en la estación P2, de 0 a 0,0062 ppm. y finalmente, debemos resaltar la máxima concentración de arsénico con 0,0084 ppm en la estación P1. Estos datos se observan en la Tabla 3.

Como los resultados obtenidos al aplicar el software respectivo tienen un valor menor a 0,05, entonces tienen una diferencia significativa.

Tabla 2. Metales tóxicos (ppm) del sedimento por estaciones de muestreo del humedal El Paraíso

Muestreo	Estaciones de muestreo	Plomo	Cadmio	Mercurio	Arsénico
1	P1	0,001400	0,014000	0,022000	0,007000
	P2	0,041200	0,068300	0,005000	0,062000
	P3	0,082000	0,016000	0,028000	0,003800
2	P1	0,006800	0,013200	0,043300	0,063400
	P2	0,012400	0,054500	0,017100	0,020300
	P3	0,026000	0,035200	0,026200	0,006700
3	P1	0,013800	0,027000	0,051500	0,083100
	P2	0,017300	0,073800	0,023700	0,047800
	P3	0,038000	0,041200	0,036100	0,014000
4	P1	0,006300	0,024100	0,041800	0,078500
	P2	0,011200	0,066000	0,021000	0,042000
	P3	0,042100	0,036000	0,032700	0,013300
Media	P1	0,007075	0,019575	0,039650	0,058000
	P2	0,020525	0,065650	0,016700	0,043025
	P3	0,047025	0,032100	0,030750	0,009450
	Total	0,024875	0,039108	0,029033	0,036825
Mínimo	P1	0,001400	0,013200	0,022000	0,007000
	P2	0,011200	0,054500	0,005000	0,020300
	P3	0,026000	0,016000	0,026200	0,003800
	Total	0,001400	0,013200	0,005000	0,003800
Máximo	P1	0,013800	0,027000	0,051500	0,083100
	P2	0,041200	0,073800	0,023700	0,062000
	P3	0,082000	0,041200	0,036100	0,014000
	Total	0,082000	0,073800	0,051500	0,083100

Tabla 3. Metales tóxicos (ppm) de la biota por estaciones de muestreo del humedal El Paraíso

Muestreo	Estaciones de muestreo	Biota	Plomo	Cadmio	Mercurio	Arsénico	
1	P1	Peces	0,002800	0,017600	0,000000	0,000000	
		Macrófitas	0,003500	0,000000	0,000000	0,000000	
	P2	Peces	0,005700	0,001800	0,000000	0,003100	
		Macrófitas	0,000000	0,003900	0,004500	0,000000	
	2	P1	Peces	0,002700	0,000000	0,000000	0,005200
			Macrófitas	0,003000	0,000400	0,000500	0,004000
P2		Peces	0,002000	0,000000	0,004000	0,003300	
		Macrófitas	0,021000	0,000500	0,002200	0,008400	
P3		Peces	0,000300	0,001800	0,006200	0,000600	
		Macrófitas	0,052100	0,000000	0,004600	0,006200	
3	P1	Peces	0,004200	0,000000	0,001300	0,000700	
		Macrófitas	0,028500	0,000000	0,004300	0,003900	
	P2	Peces	0,020200	0,000900	0,001900	0,007100	
		Macrófitas	0,041300	0,000000	0,004500	0,005800	
	P3	Peces	0,026000	0,000000	0,003800	0,003200	
		Macrófitas	0,008700	0,003167	0,001350	0,004000	
Media	P2	Biota	0,020480	0,000800	0,003160	0,003940	
	P3	Biota	0,014675	0,000975	0,003475	0,001950	
	Total	Biota	0,014220	0,001793	0,002520	0,003433	
	P1	Biota	0,002000	0,000000	0,000000	0,000000	
Mínimo	P2	Biota	0,000300	0,000000	0,000000	0,000600	
	P3	Biota	0,000000	0,000000	0,001300	0,000000	
	Total	Biota	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	
Máximo	P1	Biota	0,021000	0,017600	0,004000	0,008400	
	P2	Biota	0,052100	0,001800	0,006200	0,006200	
	P3	Biota	0,028500	0,003900	0,004500	0,003900	
	Total	Biota	0,052100	0,017600	0,006200	0,008400	

DISCUSIÓN

Los valores plomo, cadmio, mercurio y arsénico del humedal El Paraíso sobrepasaron o estuvieron cercanos a los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua según normas establecidas por el Ministerio del Ambiente, según D.S. N° 002-2008-MINAM de acuerdo a lo reportado por El Peruano (2008).

De tal manera que los valores obtenidos rebasan a los “estándares para aguas superficiales” destinados a la recreación por contacto primario, sobre todo el mercurio (estándar de 0,001mg/l), el plomo (estándar de 0,01 mg/l) y el cadmio (estándar de 0,01 mg/l). Asimismo, para aguas destinadas a la conservación del medio ambiente acuático (estuarios), los valores encontrados también estuvieron por encima de los estándares, para los casos el plomo (estándar de 0,0081 mg/l), el cadmio (estándar de 0,005 mg/l), el mercurio (estándar de 0,001 mg/l) y el arsénico (estándar de 0,05 mg/l).

En cuanto al arsénico cuyo estándar es 0,01 mg/l para aguas de recreación y 0,05 mg/l para la conservación del ambiente acuático, los valores estuvieron muy cercanos a superar el estándar.

Cabe mencionar que la alimentación del humedal ocurre cerca a la estación de muestreo P1, producto de la irrigación de la comunidad Santa Rosa, que es cabecera de cuenca, cuya agua proviene del río Huaura, el cual contiene metales pesados producto de las actividades mineras. Siguiendo el sentido de la corriente a P2 y luego a P3, en cuya última estación de muestreo, se alcanzó la máxima concentración en el agua para los cuatro metales considerados, debido a la disminución de la corriente y consiguiente acumulación de los metales contenidos en el agua.

Posiblemente, estos metales estén afectando directamente al ser humano o a través de la bioacumulación por peces y aves, los cuales son consumidos, ya que se han encontrado metales tóxicos en los tejidos de peces y macrófitas investigados que se consumen generalmente en la zona, tal como lo afirma la Fundación Peruana para la Conservación de la naturaleza (2010), acerca de la amenaza que representan los metales pesados provenientes de relaves mineros en el humedal de Ite en el

departamento de Tacna; por lo que se hace indispensable iniciar mayor número de investigaciones que relacionen éstos contaminantes que se encuentran incluidos en la cadena alimenticia con la salud humana.

Además, los residuos sólidos urbanos se depositan como basurales cerca del humedal, lo cual ya ha sido advertido por Durand y Metzger (2009), igualmente, tal como lo afirman Aponte y Ramírez (2011) los desechos de las granjas avícolas que pueden ser esparcidos por el viento, contaminando aire, agua y suelo. El riesgo de contaminación para los pobladores de la zona del humedal El Paraíso y del casco urbano es elevado y depende de la gestión ambiental que se realice en estos cuerpos de agua para efectuar mayor control por parte de los gobiernos locales aplicando la normatividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aponte, H. & Ramírez, D. (2011). Humedales de la costa central del Perú: Estructura y amenazas de sus comunidades vegetales. *Ecología Aplicada*, 10(1).
- Bravo, J. & Windevoxel, N. (1997). *Manual para la Identificación y Clasificación de Humedales en Costa Rica*. Ministerio Ambiente y Energía. Unión Mundial para la Naturaleza. Embajada Real de los Países Bajos. San José. Costa Rica.
- Cano, A. Young K. Enciso, W. & Carpo, L. (1998). *Los Pantanos de Villa, Biología y Conservación*. Museo de Historia Natural-UNMSM. Lima – Perú. Serie de divulgación, 11, 1 - 238 pp.
- Cuellar, J. (1983). *Investigación Limnológica Pesquera en la Albufera de Playa Chica*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Pesquero, Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Davis, T., Blasco, D. & Carbonell, M. (1996). *Manual de la Convención Ramsar, una Guía a la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional*. Editado por la Oficina de la Convención de Ramsar. España: Dirección General de la Naturaleza. Ministerio Medio Ambiente.

- Durand, M. & Metzger, P. (2009). Gestión de residuos y transferencia de vulnerabilidad en Lima/Callao. *Bulletin de l'Institut Français' Études Andines*, 38(3), 623-646
- Fundación Peruana para la Conservación de la naturaleza. (2010). *Documento base para la elaboración de una estrategia de conservación de los humedales de la costa peruana*. [consulta el 15 Abril 2011]. Disponible en: <http://www.pronaturaleza.org/>
- Ministerio del Ambiente (2008). Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Diario Oficial El Peruano 377222- 377227. Perú.
- Farinha, J., Acosta, L. Zalidis, G. Mantzavelas, A. Fitoka, E. Hecker N. & Tomas. P. (1996). *Mediterranean Wetland Inventory: Habitat Description System*. MedWet /Instituto da Conservacao da Natureza (ICN)/Wetlands International/Greek Biotope Cent. (EKBY). Publication, Volumen III. Lisboa.
- Malnati, L. (1982). La Contaminación de las Aguas en el Perú. *Boletín de Lima*, (21), 78 - 85.
- Nordberg, G. (2001). *Metales: Propiedades Químicas y Toxicidad*. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Ginebra: OIT.
- Ojasti, J. (2000). Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Zoología Tropical, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Pulido, V. & Gutiérrez, R. (1989). Establecimiento de la Zona Reservada de los Pantanos de Villa. Dirección General Forestal y de Fauna. Lima. 13 pp.
- Stadler, T. (2007). Plaguicidas. *En Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales*. [consulta el 10 Marzo 2009].
- Disponible en : <http://www.mtas.es/inshtEncOIT/pdf/To mo2/63.pdf>
- Tovar, A. (1971). *Estudio Sinecológico de la Laguna de Medio Mundo*. Tesis para optar el Grado de Doctor, Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Young, L. (1998). Características y Actitudes de los Vecinos de Los Pantanos de Villa. En Los Pantanos de Villa, Biología y Conservación. MHN, UNMSM. Lima - Perú. Serie de Divulgación,(11), 117 – 131.
- Correo electrónico.
E-mail: berardoruiz@hotmail.com
E-mail: ronaldferd@gmail.com
E-mail: manuel_ipa@hotmail.com