

Contaminantes en la bahía Puerto Pizarro

Pollutants in the Puerto Pizarro Bay

Braulio Morán A.; Auberto Hidalgo M.*

Resumen

El presente trabajo se llevó a cabo en la bahía Puerto Pizarro, ubicada en la coordenada 03° 30' 47"S y 80°24'12"W, la cual recibe vertimientos de descargas de residuos de empresas langostineras, del sector agrícola, de servicios domiciliarios y de infraestructura pesquera: desembarcadero, embarcaciones pesqueras, otros. Los residuos recibidos a través de efluentes a los canales de marea son llevados a la bahía de Puerto Pizarro, así como también del sector agrícola, los residuos de los servicios domiciliarios y las actividades realizadas por el personal que labora en el desembarcadero pesquero artesanal y en embarcaciones pesqueras. Se han analizado las muestras de agua y sedimentos del área de la bahía de Puerto Pizarro y se han encontrado en el agua contaminantes inorgánicos, que en su mayoría superan los límites máximos permisibles, tal como sulfatos 2489 mg/L, dureza total 6042 mg/L, cloruros 18103 mg/L. En sedimentos se encontraron contaminantes como magnesio 4855 mg/L, aluminio 6137 mg/L, calcio 11355 mg/L y hierro 16139 mg/L. Se han realizado algunas medidas correctivas y se espera que la población tome conciencia de las actividades que realiza y mejore por el bien de la comunidad de la bahía de Puerto Pizarro.

Palabras clave: residuos; efluentes; sedimentos; contaminante; comunidad; impacto.

Abstract

The present work was carried out in Puerto Pizarro Bay; located at the coordinate 03°30'47"S and 80°24'12"W; receives discharges from discharge of waste of farming enterprises; agriculture; utilities and fishing infrastructure: Wharf; fishing vessels; other. Waste received via effluent to the tidal channels are brought to the Bay of Puerto Pizarro; as well as the agricultural sector; residues of the domiciliary services and activities carried out by the personnel that work in the artisan fishing Wharf and fishing boats. Water and sediments samples from the Bay area of Puerto Pizarro have been analyzed; and have been found in the water and pollutants inorganic; which mostly exceed the maximum permissible limits; such as sulfates 2489 mg/L, total hardness 6042 mg/L, chlorides 18103 mg/L. Sediments were found in pollutants as 4855 mg/L, aluminum 6 137 mg/L, calcium 11355 mg/L and iron 16139 mg/L. Some corrective actions have been made and expected that the public is aware of the activities and improve for the sake of the community of the Bay of Puerto Pizarro.

Key words: waste; effluent; sediments; contaminant; community; impact.

Universidad Nacional de Tumbes, Av. Universitaria S/N – Tumbes, Perú.

* Autor correspondiente: auberthm@gmail.com (A. Hidalgo).

Introducción

Los lagos; ríos y océanos han sido utilizados históricamente por la especie humana como fuentes de alimento y vías de transporte. Sin embargo; en las últimas décadas de industrialización, estas aguas comenzaron a ser usadas además para la descarga de residuos y desechos procedentes de las actividades antrópicas. Las emisiones de agua de uso urbano y residuos industriales, combinadas con los efectos difusos de la agricultura intensiva, han alterado muchos ríos, lagos y zonas costeras hasta tal punto que ya casi no pueden ser empleadas con otro propósito que el de meros recipientes de estos desechos (Vergara *et al.*, 2005). Esta situación es común al Perú, en el cual en la mayoría de cuerpos de agua se viene vertiendo una gran variedad de sustancias, que constituyen desecho de los procesos industriales del cultivo de especies, efluentes de la agricultura, residuos de los desembarcaderos pesqueros de los servicios domésticos y otros que, muchas veces no han seguido un tratamiento especial y que llegan al final al ecosistema marino alterándolo produciendo una gran variedad de impactos ambientales con la consiguiente desaparición de muchos, afectando directa o indirectamente a la población del Perú. El mar Tumbesino recibe permanentemente vertimientos del río Tumbes, río Zarumilla, y en épocas del

fenómeno El Niño, de las quebradas de Corrales, Puyango, Bocapán, entre otras. Estos vertimientos o efluentes contienen contaminantes que provienen de diversas fuentes como de la agricultura (Bermejo y Cruz, 2007) del cultivo de langostino (Saldarriaga, 2007) de la minería, de la industria pesquera, del servicio domiciliario y vivienda de los pobladores de la región (Rodríguez *et al.*, 2010). La bahía Puerto Pizarro se encuentra localizada en la Villa Puerto Pizarro de coordenadas geográficas: 03° 30' 47"S y 80° 24' 12"W. Ésta se caracteriza porque es el asiento de las descargas provenientes del desembarcadero pesquero artesanal, donde se efectúan actividades de desembarque, eviscerado, lavado, además de otras actividades como mantenimiento y reparación de embarcaciones, descargas del servicio domiciliario que la están afectando y contaminando el agua, el suelo y otros factores ambientales, de tal manera que es necesario que la población busque formas de evitar y controlar dichas actividades para la conservación del medio natural y de esta manera mejorar la calidad de vida de la comunidad de Puerto Pizarro. El objetivo fundamental de este estudio fue determinar los contaminantes presentes en la bahía Puerto Pizarro, Tumbes, Perú.

Materiales y métodos

La fase de ejecución de la presente investigación se desarrolló en el Valle de del río Tumbes que comprende los distritos de Tumbes, Corrales, La Cruz, San Jacinto, San Juan de la Virgen y Pampas de Hospital, de la Provincia de Tumbes, Región Tumbes, desde agosto a diciembre del año 2015.

La población está constituida por los agricultores organizados en las comisiones de usuarios de agua del valle Tumbes, que tienen instalados los cultivos más importantes que son arroz, banano convencional y banano orgánico. De igual manera los productores de banano se

encuentran organizados en el Comité Departamental de Productores de Plátano de Tumbes. La muestra estuvo constituida por 128 productores de arroz, 106 de banano convencional y 37 de banano orgánico, distribuidos proporcionalmente en los sectores Margen Izquierda, Margen Derecha y Puerto el Cura

Durante el proceso de la investigación se aplicó el método descriptivo; para describir e interpretar sistemáticamente la relación de entre las variables materia de investigación.

La búsqueda de información se realizó en fuentes confiables como textos; revistas y documentos de instituciones ligadas al sector agrario como la Dirección Regional Agraria de Tumbes y las organizaciones agrarias de Tumbes.

Para la recolección de información de campo se aplicó la técnica de la encuesta, siendo necesario contar con los padrones de agricultores para seleccionar la muestra; previo a la aplicación de la encuesta definitiva se aplicó una encuesta piloto a 30 productores, para realizar ajustes en las

preguntas y medir la confiabilidad del cuestionario.

Luego de la recolección de datos en los cuestionarios; éstos fueron codificados y se elaboró una base de datos utilizando el programa SPSS versión 22. Posteriormente los datos se organizaron en tablas y gráficos de acuerdo a los objetivos de la investigación; aplicándose la estadística descriptiva; para obtener los resultados; discutir los mismos y emitir las conclusiones.

Resultados

Se obtuvieron resultados de dos muestras de agua y sedimentos: una de media marea en vaciante (muestra 1) y otra de marea baja (muestra 2). El análisis de los resultados de la muestra 1 para el agua y los

sedimentos se detallan a continuación. En la tabla 1 se presentan los diversos tipos de contaminantes del agua de estero bahía Puerto Pizarro, tanto físicos- químicos como micro biológicos.

Tabla 1. Contaminantes del agua de estero Bahía Puerto Pizarro

Contaminantes	Límite de detección (mg/L)	Concentración (mg/L)	Límites Máximo Permissible (mg/L)
1. DBO	2,00	< 2,00	15
2. DQO	10	<10,0	120
3. Nitrógeno amoniacal	0,02	<0,020	0,55
4. Aceites y grasas	0,5	<0,50	5,0
5. PH		7,9	6,5 - 8,5
6. Hidrocarburos totales	0,05	<0,50	10
7. Cianuro libre	0,001	<0,001	0,001
8. Sulfuro de hidrogeno indisol.	0,00005	0,001621	0,002
9. O2 disuelto metales totales por ICP - MS		5	2-4
Metales Totales por ICP - MS			
10. Cromo	0,0005	<0,00050	0,1
11. Niquel	0,00035	<0,00035	0,0082
12. Cobre	0,0003	<0,0003	0,05
13. zinc	0,0005	<0,0005	0,081
14. Arséntico	0,0005	< 0,0005	0,036
15. Cadmio	0,0002	<0,0002	0,0088
16. Bario	0,00015	0,01875	1
17. Mercurio	0,0005	<0,00005	0,0001
18. Plomo	0,0002	<0,0002	0,0081
Colimetría	NMP/100 MI		NMP/L
19. coliformes totales	28		1000
20. coliformes Termotolerantes	23		1000-2000

Fuente: El autor del proyecto/ BIODÉS LABORATORIOS.

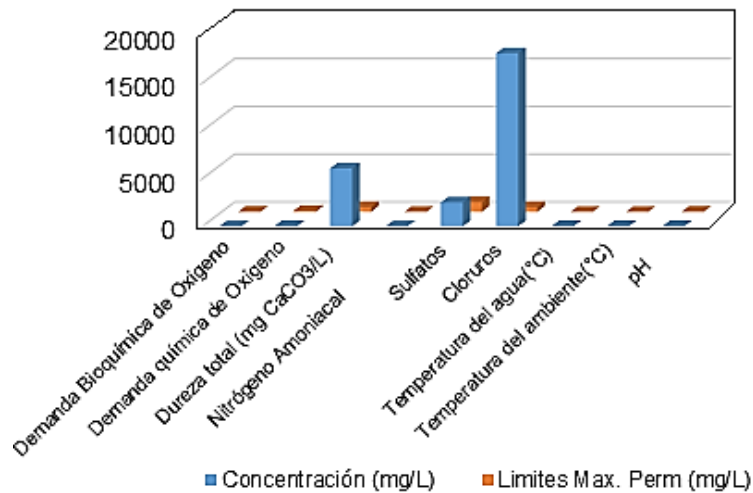


Figura 1. Contaminantes del Agua bahía Puerto Pizarro (muestra 1).

En la tabla 1 se mencionan tanto en su límite de detección, la concentración así como los límites máximos permisibles y se encuentra valores en la concentración así: arsénico (< 0,0005 mg/L), cobre (< 0,0003 mg/L), Zn (< 0,0005 mg/L), Pb (< 0,0002 mg/L), Ba (0,01875 mg/L), DBO (< 2,00 mg/L), coliformes totales (28 NMP/100mL), coliformes termotolerantes (23 NMP/L), que son menores que los límites máximos permisibles: arsénico (0,036 mg/L), cobre (0,036 mg/L), Zinc (0,081 mg/L), Pb (0,0081 mg/L), Ba (1 mg/L), coliformes totales (1000 NMP/L), coliformes termotolerantes (1000-2000 NMP/L) por lo tanto no afectan la calidad del agua de la bahía Puerto Pizarro (ver tabla 1 y figura 1).

En la tabla 2 se muestran los contaminantes en sedimentos. Se encontraron valores elevados para sulfuros (52,01 mg/kg), muy por encima de los límites máximos permisibles, asimismo con los metales totales, valores de 1,090 mg/kg, 7,779mg/kg, 10,85 mg/kg, 16,50 mg/kg, 20,07 mg/kg, 44,54 mg/kg, 62,83 mg/kg,138,5 mg/kg, para el cadmio, níquel, cromo, bario, arsénico, plomo, cobre y zinc, respectivamente, bastante elevados de los límites máximos permisibles, que si están afectando al suelo de la bahía de Puerto Pizarro. A excepción del mercurio con valores de concentración bajos y menores de 0,010 mg/kg, sin embargo mayores a los límites máximos permisibles que son de 0,0001 mg/kg (ver figura 2).

Tabla 2. Contaminantes de Sedimentos Bahía Puerto Pizarro

Contaminantes	Límite de detección (mg/kg)	Concentración (mg/kg)	Limite Max. Perm. (mg/L)
1. Materia Orgánica (%)		3,95	
2. PH		7,65	6,8 - 8,5
3. Sulfuros	0,4	52,01	0,002
4.Hidrocarburos (g/100g)		0,16	0,5
Metales totales por ICP - MS			
5. Cromo	0,05	10,85	0,05
6. Níquel	0,035	7,779	0,0082
7. Cobre	0,03	62,83	0,05
8. Zinc	0,05	138,5	0,08
9. Arsénico	0,05	20,07	0,036
10. Cadmio	0,02	1,09	0,0088
11. Bario	0,015	16,5	1
12. Mercurio	0,01	<0,010	0,0001
13. Plomo	0,02	44,54	0,0081

Fuente: El Autor del proyecto/BIODES LABORATORIOS

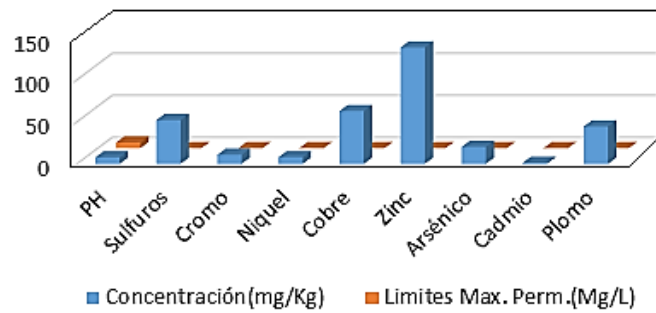


Figura 2. Contaminantes de Sedimentos bahía Puerto Pizarro (Muestra 1).

El análisis de los resultados de la muestra 2 para el agua y sedimentos se detalla a continuación. En la tabla 3 encontramos valores que están por debajo de los límites máximos permisibles tales como aceites y grasas, DBO, detergentes, nitrógeno amoniacal, sin embargo, otros valores superan los límites máximos permisibles y están afectando el agua del estero bahía Puerto Pizarro, como la dureza total (6042 mg/L - 500 mg/L), sulfatos (2489 mg/L - 1000 mg/L), cloruros (18103 mg/L - 500 mg/L) (Figura 3). La temperatura del agua, el aire y el pH, están dentro de lo normal. En la tabla 4 se presentan parámetros con valores bajos de concentración para los sedimentos de estero bahía Puerto Pizarro, comparables con los Límites máximos

permisibles, casos como mercurio (< 0,010 - 0,0001) mg/L, berilio (< 0,015 - 1,5) mg/L, cadmio (< 0,020 - 0,0088) mg/L y selenio (< 0,050 - 0,071) mg/L, así como valores de concentración elevados comparables con los límites máximos permisibles como arsénico (5,263 - 0,036) mg/L, cobalto (7,803 - 0,2) mg/L, sulfuros (13,5 - 0,002) mg/L, cobre (13,74 - 0,05) mg/L, bario (13,74 - 1,0) mg/L, plomo (18,11 - 0,0081) mg/L, zinc (72,55 - 0,081) mg/L, cromo (121,13 - 0,05) mg/L, manganeso (237,0 - 0,1) mg/L, potasio (1414 mg/L), magnesio (4855 mg/L), sodio (5594 mg/L), aluminio (6137 - 1,5) mg/L, níquel (7760 - 0,0082) mg/L, calcio (11355 mg/L) y hierro (16139 - 0,3) mg/L (ver figura 4).

Tabla 3. Contaminantes del agua Bahía Puerto Pizarro

Contaminantes	Límite de detección (mg/kg)	Concentración (mg/kg)	Límite Max. Perm. (mg/L)
Aceite y grasas	0,5	<0,50	5
Demanda	2	<2,00	15
Demanda Bioquímica de oxígeno	10	36,2	120
Sólidos suspendidos totales	5	32	<0=25-100
Sólidos sedimentales	0,1	<0,1	-
Cianuro Total	0,004	<0,004	0,001
Detergentes	0,025	0,4827	0,5
Dureza total (mg Ca CO ₃ /L)	1	6042	500
Nitrógeno Amoniacal	0,02	0,309	0,55
Sulfatos	2	2 489	1000
Sulfuros	0,001	0,0068	0,002
Cloruros	0,05	18 103	500
Temperatura del agua (°C)		28,5	Δ2
Temperatura del ambiente (°C)		27,2	Δ2
pH		7,8	6,5-8,5

Fuente: El Autor del proyecto/CERPER

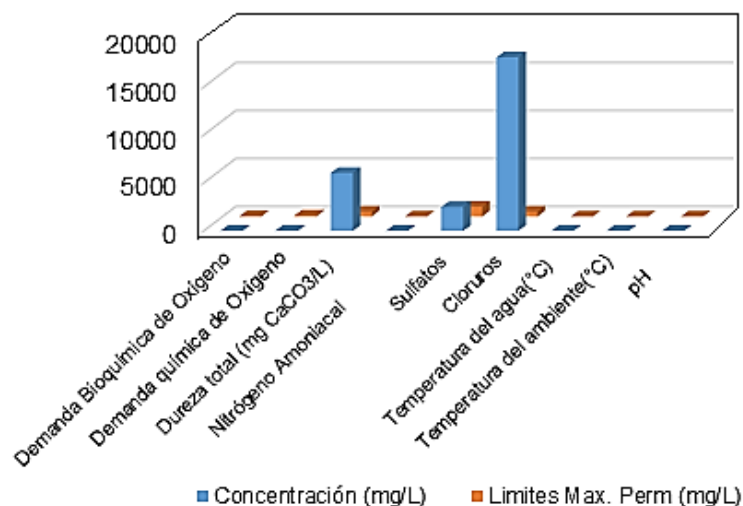


Figura 3. Contaminantes del Agua bahía Puerto Pizarro (Muestra 2).

Tabla 4. Contaminantes del sedimento Bahía Puerto Pizarro

Contaminantes	Límite de Detección (mg/kg)	Concentración (mg/kg)	Límite Max. Perm. (mg/L)
Análisis Microbiológico			
Coliformes totales (NMP/100g)		220	1000
Coliformes termotolerantes (NMP/100g)		170	1000 - 2000
Análisis físico químico			
Materia orgánica (g/100g)		0,72	-
Sulfuros (L.C: 0,4 mg/kg)		13,5	0,002
Textura:			
Arena (g/100g)		98	-
Arcilla (g/100 g)		0	0,55
Limo (g/100g)		2	1000
Berilio	0,015	<0,015	1,5
Sodio	1	5 594	-
Magnesio	1	4,855	-
Aluminio	0,05	6137	1,5
Potasio	1	1414	-
Calcio	5	11355	-
Titanio	0,05	282	-
Vanadio	0,05	30,33	-
Cromo	0,05	121,13	0,05
Manganesio	0,025	237	0,1
Hierro	1	16 139	0,3
Cobalto	0,03	7,803	0,2
Niquel	0,035	7 760	0,0082
Cobre	0,03	13,74	0,05
Zinc	0,05	72,55	0,081
Arsenico	0,05	5,263	0,036
Selenio	0,05	<0,050	0,071
Plata	0,005	<0,005	0,005
Cadmio	0,02	<0,020	0,0088
Antimonio	0,02	<0,020	NPV
Bario	0,015	13,74	1
Mercurio	0,01	<0,010	0,0001
Plomo	0,02	18,11	0,0081

Fuente: El autor del proyecto / CERPER.

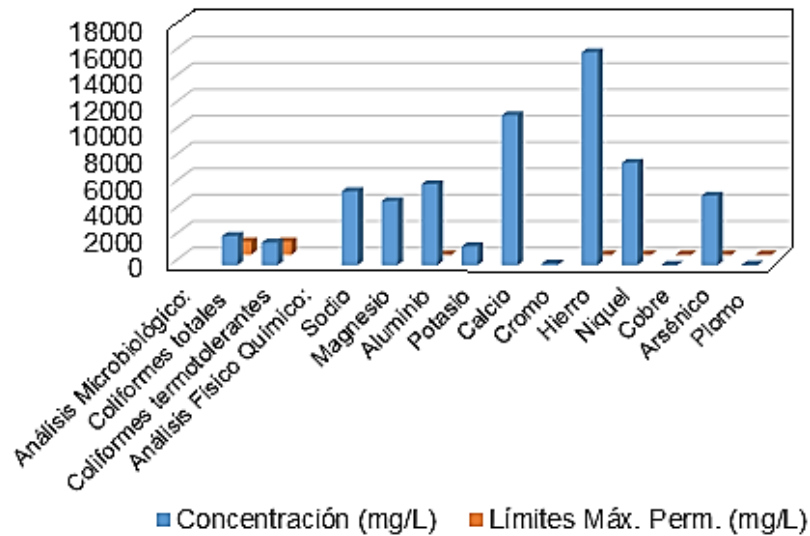


Figura 4. Contaminantes de Sedimentos bahía Puerto Pizarro (Muestra 2).

Discusión

Se han analizado muestras de agua y sedimentos y se han encontrado valores diferenciados; tanto en la muestra 1 como en la muestra 2 y que en algunos casos; superan los límites máximos permisibles; generalmente en la presencia de contaminantes inorgánicos tales como cromo (10,85 y 121,13 mg/L), níquel (7,779 y 7760 mg/L), cobre (62,83 y 13,74 mg/L), zinc (138,5 y 72,55 mg/L), arsénico (20,07 y 5,263 mg/L), cadmio (1,090 y <0,020 mg/L), bario (16,50 y 13,74 mg/L) y plomo (44,54 y 18,11 mg/L) y que están alterando estos factores ambientales así como la flora, la fauna y otros, por lo que se concuerda con Hidalgo (2007), por los vertidos residuales del sector agrícola y el sector langostinero, que además con el uso excesivo de productos químicos para controlar las nuevas enfermedades que aparecen en los cultivos (Álvarez, 2012); asimismo los resultados encontrados en las concentraciones de Pb y Zinc en Corredor Vial-Bogotá-Soacha, asociados con el sedimento, están superando los límites establecidos por la Legislación utilizada para suelos urbanos: el Pb y el Zn podrían ser catalogados como residuos peligrosos, sus resultados revelaron que los metales pesados más abundantes en las zonas de estudio fueron en orden de magnitud Fe, Ba,

Pb, Mn y Zn (Zafra et al., 2013). En la muestra 1; los contaminantes presentes en el agua de la bahía Puerto Pizarro; son bajos con respecto a los límites máximos permisibles y por lo tanto son insignificantes; sin embargo, Bermejo y Cruz (2007) encontraron contaminación fisicoquímica con respecto a la presencia de oxígeno, DBO, coliformes, que por drenes llegan hasta los ecosistemas de los manglares de Puerto Pizarro. En la muestra 2 (Tabla 4) se han encontrado algunos contaminantes que están con valores elevados, con respecto a los valores de los límites máximos permisibles y que si están afectando el agua de la bahía Puerto Pizarro como son: sulfatos (2489 mg/L); dureza total (6042 mg/L) y cloruros (18103 mg/L). Con respecto a los límites máximos permisibles de sulfato (1000 mg/L), dureza total: CaCO₃/L (500 mg/L) y cloruros (500 mg/L), concordando con lo encontrado por Saldarriaga (2007), en suelos y aguas contaminadas en los canales de marea y que pasan por la bahía Puerto Pizarro; sin embargo, los valores encontrados para los contaminantes presentes en el suelo (sedimentos), algunos están bajos y otros están bastante elevados con respecto a los límites máximos permisibles, esto es tanto en la muestra 1 como en la muestra 2 (bajos:

plata $\leq 0,005$ mg/L, mercurio $\leq 0,010$ mg/L. Elevados como: magnesio 4855 mg/L, aluminio 6137 mg/L, calcio 11355 mg/L, hierro 16139 mg/L. La presencia de coliformes totales y termotolerantes en el agua para la muestra 1 (Tabla 1) son bajos (28 y 23) NMP/100mL, comparables con los Límites Máximos Permisibles de (1000 y 1000-2000) NMP/L, por lo que se concuerda con las evaluaciones de la calidad del agua de mar en la bahía de Paita, que está por debajo de la norma vigente del ECA para la categoría 2 subcategoría 2 extracción y cultivos de otras especies hidrobiológicas ECA ≤ 30 NMP x 100mL, sin embargo en los sedimentos muestra 2 tabla 4, se encontraron moderadamente elevados (220 y 170) NMP/mL de los Límites Máximos Permisibles (1000-2000)NMP/L. La DBO₅ en la muestra 1 y 2 tabla 1 y 3 se encontró en una concentración de ($< 2,00$ mg/L) por debajo de los Límites Máximos Permisibles (15 mg/L) por lo que concuerdo con el Ministerio de la Producción que encontró un DBO₅ bajo con valores de 7,35 mg/L (2008), 3,12 mg/L (2009) y 4,98 mg/L (2010), también por debajo de los ECAS de aguas vigentes en el País (Ministerio de la Producción, 2010), así mismo menciono que, algunos metales pesados presentes en el suelo (sedimentos) en la concentración, están elevados, comparados con los Límites Máximos Permisibles, Muestra 1, tales como el cobre (62,83 - 0,05) mg/L, cromo (10,85- 0,05) mg/L, plomo (44,54 - 0,0081) mg/L, en la muestra 2, tales como cobre (13,74 - 0,05) mg/L, aluminio (6137 - 1,5) mg/L, cromo (121,13 - 0,05) mg/L, plomo (18,11 - 0,0081) mg/L, por lo que, García et al. (2012), encontraron que, del análisis de riesgos para los metales pesados con efectos carcinógenos se determinó que todos sobrepasan el límite permisible de 1×10^{-5} , lo que constituye un riesgo potencial a la salud humana pudiendo contribuir al desarrollo de diferentes tipos de cáncer. La evaluación de riesgos sistémicos, a partir del cálculo del cociente de peligro indica que los metales que tienen una mayor afectación a la salud humana son el cobre, aluminio y el cromo que sobrepasan

la unidad, lo que trae consigo un riesgo inaceptable como sustancias tóxicas no carcinógenas en las manifestaciones de enfermedades con riesgo para la salud humana. Prieto et al. (2009) considera que los altos niveles de metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso, presentes en suelos y agua negra, utilizada para riego agrícola, por su toxicidad resultan peligrosos. Con respecto al arsénico los valores de concentración en el agua son bajos; sin embargo, en el suelo (sedimentos), muestra 1, son elevados, comparándolos con los Límites Máximos Permisibles (20,07 - 0,036) mg/L y en la muestra 2, (5,263 - 0,036) mg/L. Al respecto, Gonzales et al. (2014) mencionan que, Argentina, Chile y Perú se encuentran expuestos a niveles elevados de arsénico en agua, especialmente de origen subterráneo. La toxicidad del arsénico depende de la forma en que se encuentre, así como su estado de oxidación, siendo los arsénicos inorgánicos solubles más tóxicos que los orgánicos. La exposición baja a moderada al arsénico inorgánico ha sido prospectivamente asociada a un aumento en la morbilidad y mortalidad por cáncer, enfermedad cardiovascular y diabetes mellitus. Además debo mencionar que, el DBO₅, la DQO en la bahía Puerto Pizarro son bajos para el agua, menores que el Límite Máximo Permisible, la muestra 1, el DBO₅ ($< 2,00 - 15$) mg/L, DQO ($< 10,0 - 120$) mg/L, y muestra 2, el DBO₅ ($< 2,00 - 15,00$) mg/L, DQO (36,2 - 120) mg/L, el nitrógeno amoniacal se encontró bajo en concentración comparándolo con los Límites Máximos Permisibles con valores de muestra 1, ($< 0,020 - 0,55$) mg/L, muestra 2 ($< 0,309 - 0,55$) mg/L; sin embargo Montalvo *et al.*, (2013), encontraron que en las bahías Santa Clara Oeste, Santa Clara Este, Puerto de Sagua y Los Perros, hubo subsaturaciones de oxígeno en la época de lluvias. La naturaleza de la materia orgánica fue poco compleja, prevaleciendo valores de DBO₅ y DQO mayores a $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Las concentraciones más comunes de amonio estuvieron entre 2 y $5 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; y el nitrógeno orgánico representó el 90 % del nitrógeno total. La afectación por metales pesados se

manifestó en las bahías de Cárdenas, San Juan de los Remedios, Buenavista y Los Perros. Además debo mencionar que los variados contaminantes inorgánicos presentes encontrados en la bahía Puerto Pizarro, colocan a ésta con baja calidad de agua; por lo que debe hacerse una continua evaluación con monitoreos de diversos indicadores para determinar la calidad del agua existente y hacer los controles respectivos; de allí que concuerdo con Quintero et al. (2010) que mencionan las zonas portuarias generalmente compartidas con otro tipo de actividades como la pesca; la recreación, entre otras, son receptoras de descargas de los sistemas de tratamiento de agua residual de efluentes industriales, efluentes domésticos, o aguas de escorrentía, bien sea por emisiones puntuales o difusas. Proponen un rediseño de las variables que han venido monitoreándose por mucho tiempo en los puertos colombianos, y está encaminada al establecimiento de una nueva y amplia oferta de variables que contienen información muy relevante para definir las características físicas, químicas y microbiológicas de los cuerpos de agua, sedimentos marinos y suelos a monitorear en zonas portuarias, con el fin de mejorar la gestión y disminuir los riesgos asociados a la calidad ambiental; generados por la

actividad. Asimismo, Castro et al. (2014) mencionan que una de las metodologías más importante para determinar la calidad del agua es el uso de indicadores (ICA), herramienta matemática que permite transformar grandes cantidades de datos en una escala de medición única. El estudio de la calidad del agua y, en especial, de aquellas aguas destinadas al uso o consumo humano, resulta imprescindible para garantizar su buen estado y la seguridad de todas aquellas personas que vayan a aprovecharla; así como para mantener la biodiversidad de las especies que habitan en su entorno. De igual forma que Rivera et al. (2010) consideran que el uso de indicadores en la gestión ambiental ha demostrado ser una buena herramienta para suministrar y presentar información; al igual que como un elemento de seguimiento y monitoreo del impacto de la instrumentación de políticas públicas. Además, manifiestan que la función de los indicadores ambientales es, por una parte, la de reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requerirían para dar una representación exacta de una situación, y por la otra, simplificar el proceso de comunicación por medio del cual, los resultados de las mediciones se comunicarían a los usuarios o tomadores de decisiones.

Conclusiones

Sólo en la muestra de agua 2 se encontraron elevados algunos contaminantes como son sulfatos (2489 mg/L); dureza total (6042 mg/L y cloruros (18103 mg/L); con respecto a los límites máximos permisibles de sulfato (1000 mg/L); dureza total CaCO₃/L (500 mg/L) y cloruro (500 mg/L), que producen impactos ambientales y corresponden a contaminantes inorgánicos. La muestra 1 y la muestra 2 de sedimentos; han presentado contaminantes inorgánicos con diferentes concentraciones y con valores superiores a los límites máximos permisibles tales como Cromo (10,85 y 121,13 mg/L de 0,05 mg/L), níquel (7;779 y 7760 mg/L de 0,0082 mg/L), cobre

(62,83 y 13,74 mg/L de 0,05 mg/L), zinc (138;5 y 72,55 mg/L de 0,081 mg/L), arsénico (20,07 y 5,263 mg/L de 0,036 mg/L), cadmio (1,090 y < 0,020 mg/L de 0,0088 mg/L), bario (16,50 y 13,74 mg/L de 1,0 mg/L) y plomo (44,54 y 18,11 mg/L de 0,0081 mg/L). Los contaminantes encontrados en el suelo (Sedimentos) de la Bahía Puerto Pizarro, unos son bajos y otros son elevados con respecto a los límites máximos permisibles. Bajos: plata ≤ 0,005 mg/L, mercurio ≤ 0,010 mg/L. Elevados: Magnesio 4855 mg/L, aluminio 6137 mg/L de 1,5 mg/L, calcio 11355 mg/L, hierro 16139 mg/L de 0,3 mg/L y corresponden a contaminantes inorgánicos.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, C.A. 2012. Perú: ¿Acuicultura Sostenible? Desarrollo Local Sostenible (DELOS). Revista Desarrollo Local Sostenible 5(13). Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/delos/13/caav.pdf>
- Bermejo, L.; Cruz G. 2007. Determinación del contenido de metales pesados en los suelos cultivados con Arroz – Margen izquierda del río Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes. Perú.
- Castro, M.; Almeida, J.; Ferrer, J.; Díaz, D. 2014. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Ingeniería Solidaria 10(17): 111-124.
- García, N.; Pedraza, J.; Montalvo, J.; Martínez, M.; Leyva, C. 2012. Evaluación Preliminar de Riesgos de la Salud humana por metales pesados en las bahías de Buena Vista y San Juan de los Remedios, Villa Clara, Cuba. Revista Cubana de Química 24(2): 126-135.
- Gonzales, G-F.; Zevallos, A.; Gonzales, C.; Nuñez, D.; Gastañaga, C.; Cabezas, C.; Naeher, L.; Levy, K.; Steenland, K. 2014. Contaminación ambiental; variabilidad climática y Cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública 31(3): 547-556.
- Hidalgo, A. 2007. Impacto ambiental de la actividad langostinera, extractiva y agrícola sobre el ecosistema de manglar en el litoral de la Región Tumbes. Tesis Doctoral de Ciencias Ambientales. Escuela de Post Grado Universidad Nacional de Trujillo- Perú.
- Ministerio de la Producción. 2010. Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente Marino del Perú. Instituto del Mar del Perú.
- Montalvo, J.; García-Ramil, I.; Perigó-Arnaud, E.; Alburquerque – Brook, O.; García – García, N. 2013. Calidad Química del Agua y Sedimentos en las bahías del Archipiélago Sábana-Camaguey. Revista Cubana de Química 25(2): 123-133.
- Prieto, J.; González, C.; Román, A.; Prieto, F. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and subtropical Agroecosystems 10(1): 29-44.
- Quintero, L.; Agudelo, E.; Quintan, Y.; Cardona, S.; Osorio, A. 2010. Determinación de indicadores para la calidad de agua; sedimentos y suelos marinos y costeros en puertos colombianos. Revista Gestión y Ambiente 13(3): 51-64.
- Rivera, E.; Azuz – Adeath, I.; Alpuche, L.; Villalobos – Zapata, G. 2010. Cambio Climático en México: Un enfoque Costero y Marino. Propuesta de Indicadores de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero – Marino. Universidad Autónoma de Campeche; CetyS- Universidad. Gobierno del Estado de Campeche.
- Rodríguez, J.; Valencia, A.; Crespo, D.; López, M. 2010. La Camarinicultura y la Sustentabilidad del Golfo de California. www-México, Programa Golfo de California.
- Saldarriaga, D. 2007. Impacto de los efluentes del cultivo de langostino *Penaeus vannamei* en el ecosistema de manglares de Tumbes, Universidad Nacional de Tumbes. Perú.
- Vergara, J.; Haroun, R.; González, M. 2005. Evaluación de impacto ambiental de Acuicultura en jaulas en Canarias. Oceanografía: Educación; Divulgación y Ciencia. www.oceanografía.com.
- Zafra, C.; Peña, N.; Alvarez, S. 2013. Contaminación por metales pesados en sedimentos acumulados sobre el corredor vial Bogotá-Soacha. Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Revista Tacnura 17 (37): 99-108.