

GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA BAHÍA DE SANTIAGO DE CUBA

MSc. Dunia Rodríguez Heredia, Dra. Valdivina Córdova Rodríguez, MSc.
María Antonia Fernández Labrada

Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente, Avenida
de Las Américas, S/N. Santiago de Cuba, Cuba.

duniarh@uo.edu.cu, vcordova@uo.edu.cu, mariafl@uo.edu.cu

RESUMEN

En este trabajo se trató la contaminación por metales pesados en la bahía de Santiago de Cuba con enfoque de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), con el objetivo de elaborar un plan de acciones válidas para la toma de decisiones. Para ello, se delimitaron tanto la zona de estudio como el área de manejo. Se caracterizaron y diagnosticaron los subsistemas del sistema litoral partiendo de la Metodología propuesta por Barragán, resultando que el subsistema físico-natural se encontró degradado, y el jurídico-administrativo adecuado, aunque aún insuficiente. También se encontró insuficiente la gestión de salud en las comunidades costeras en relación con las intoxicaciones por metales pesados. En la parte experimental se tomaron muestras de agua superficial en diferentes puntos de la Bahía para realizar la determinación química de Cr, Mn, Sn, Cd, Zn, Ni y Pb por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA). También se muestrearon los sedimentos para determinar Mn, Zn, Ni, Pb, Co, Cu, Hg y V, por el método de Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-AES). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio del Centro de Investigaciones del Níquel, en Moa y en la Empresa Geominera Oriente. Como los sedimentos resultaron contaminados con metales pesados, se elaboró un Plan de Acciones, que se presenta en el trabajo, centrado en los asuntos clave de manejo identificados, el cual puede ser introducido en el Programa de Manejo Integrado de la bahía de Santiago de Cuba, contribuyendo a enriquecer fundamentalmente la etapa de monitoreo.

PALABRAS CLAVES: metales pesados, manejo integrado, bahía de Santiago de Cuba.

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados pueden ser acumulados en algunos organismos inferiores incorporándose luego a la cadena alimentaria, lo cual constituye una amenaza para la salud del hombre (Adams *et al.*, 2011). Estos constituyen un grupo de metales y semimetales que están asociados con la contaminación debido a su efecto tóxico o ecotóxico. Su presencia en los sistemas acuáticos constituye un serio problema ambiental debido a su persistencia, bioacumulación y biotransformación, así como su elevada toxicidad.

A la bahía de Santiago de Cuba descargan varias fuentes contaminantes, dentro de las que contribuyen con metales pesados: la Central Termoeléctrica "Antonio Maceo", la Planta Galvánica de la Empresa Conformadora "30 de Noviembre", la Empresa Textil "Celia Sánchez Manduley", los Talleres de reparación de la Empresa Eléctrica y el Poligráfico, entre otras (Arias, 2008; Cascaret *et al.*, 2009).

Los trabajos de Gómez y colaboradores (1998) y de Abrahantes y colaboradores (2007) dan cuenta de la mala calidad de las aguas y sedimentos de la Bahía en relación con la contaminación por metales pesados.

Para el control de esta problemática ambiental que se presenta en la bahía de Santiago de Cuba se hace necesaria la aplicación de las herramientas que le aporten al Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) elementos indicativos básicos, pues solo una gestión integrada permitirá minimizar los conflictos que aparecen en la zona costera de estudio como resultado de la contaminación por metales pesados.

Ya que el MIZC es un proceso integrador para minimizar los conflictos de las áreas costeras, desde el 2010 se aprobó e implementa el Programa de Manejo Integrado de la bahía de Santiago de Cuba. En el mismo se presentan un conjunto de metas y acciones encaminadas a la recuperación del ecosistema Bahía, no apareciendo el tratamiento de la contaminación por metales pesados. Sin embargo, teniendo en cuenta los principios de integración de la ciencia con el manejo y de prevención y precaución, queda claro que es necesario un manejo integrado para resolver el problema de la contaminación por metales pesados.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se plantea como objetivo: elaborar objetivos, metas y acciones integradas sobre la base del estudio del impacto de los metales pesados, que puedan incluirse en el Programa de MIZC de la bahía de Santiago de Cuba, válidas para el monitoreo y toma de decisiones.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta investigación, se siguió la siguiente metodología: delimitar la zona de estudio, diagnosticar los subsistemas del sistema litoral, analizar la gestión de salud en las comunidades costeras en relación con las intoxicaciones por metales pesados, analizar las encuestas realizadas a pobladores de comunidades costeras aledañas a la Bahía, identificar los principales actores y usuarios para la implementación del MIZC, identificar los asuntos clave, delimitar la zona de manejo, determinar químicamente la concentración de metales pesados en la zona de manejo y por último elaborar los objetivos, las metas y las acciones de MIZC.

RESULTADOS

Delimitación de la zona de estudio

La zona costera de estudio corresponde a la Cuenca Hidrográfica que incluye a la Ciudad de Santiago de Cuba por ejercer esta una influencia directa en todos los tipos de contaminación que se presentan en el ecosistema Bahía. Esta delimitación se fundamentó principalmente en los resultados de los estudios anteriores y en el efecto influyente que ejercen las acciones que acontecen en toda la cuenca sobre la Bahía.

Diagnóstico de los subsistemas del sistema litoral

Para realizar un diagnóstico adecuado de los subsistemas del sistema litoral objeto de estudio, se empleó un enfoque sistémico. Este enfoque sistémico para la caracterización de la Bahía está basado en la metodología propuesta por Barragán (2003), de acuerdo con la cual la zona costera se estudia dividiéndola en tres subsistemas: físico-natural, jurídico-administrativo y socio-económico. Así, una forma de evaluar el estado en el que se encuentran los diferentes subsistemas en un sistema litoral se presenta en la Tabla 1, considerando el extremo positivo como la meta que se quiere alcanzar.

Tabla 1: Estado de los distintos subsistemas de un sistema litoral.

Subsistema	Extremo positivo	Extremo negativo
Físico-natural	Conservado	Degradado
Socio-económico	Desarrollado	Subdesarrollado
Jurídico- administrativo	Adecuado	Inadecuado

Partiendo de lo anterior, en la Tabla 2 se presenta el diagnóstico realizado por los autores y que resume el estado actual de cada subsistema en el litoral problema, la bahía de Santiago de Cuba.

Tabla 2: Estado actual de los subsistemas en la bahía de Santiago de Cuba.

Subsistema	Extremo positivo	Extremo negativo
Físico-natural		x
Socio-económico	x	
Jurídico- administrativo	x	

Análisis de la gestión de salud en las comunidades costeras en relación con las intoxicaciones por metales pesados

El efecto principal de la intoxicación por metales pesados se encuentra determinado por el siguiente proceso: la presencia de metales pesados en las aguas o los sedimentos del acuatorio, condiciona que los peces y mariscos los adquieran y se transfieran al hombre al consumirlos. Otro efecto en la salud, es el debido a la exposición a los vapores tóxicos de estos metales y su posible inhalación, así como la intoxicación por contacto de la piel con estos químicos. Como se aprecia, resulta una obligación velar por la salud de las personas que tienen algún tipo de vulnerabilidad de ser intoxicados por los metales pesados, por ello se realizaron visitas a algunos centros de atención para conocer cómo se le da tratamiento a este problema de salud.

En visitas realizadas a los Policlínicos Carlos J. Finlay, Camilo Torres y 28 de Septiembre (este último es el que atiende a los pobladores de las comunidades costeras próximas a la Bahía) se detectó que estos no llevan el registro de las enfermedades profesionales, dentro de las cuales se pueden encontrar las intoxicaciones por plomo y mercurio; asimismo, en sus laboratorios no se realizan determinaciones ni en orina ni en sangre de estos ni de otros metales. Lo anterior apunta a que en estos centros de atención de la salud, solo se

reconocen aquellas enfermedades que son más frecuentes en la población como las diarreas, brotes febriles, y padecimientos como la Diabetes, Hipertensión y otras.

En el Centro Provincial de Higiene Epidemiología y Microbiología de Santiago de Cuba, en el Departamento de Salud Ocupacional, solo se registran los casos de trabajadores estatales que han presentado intoxicaciones por plomo y/o mercurio. Como resultado de esto, se reportan en el periodo comprendido entre el año 2000 y el 2016 un total de 12 personas intoxicadas por plomo y dos personas con dermatitis por contacto provocadas por el mercurio y por el ZnO. Es importante enfatizar en el hecho de que estos casos de intoxicación por plomo son diagnosticados por una prueba de orina, empleando como indicador la coproporfirina 3, no existiendo en Santiago de Cuba laboratorios que determinen el plomo en sangre, esto solo se realiza en el Instituto de Medicina del Trabajo en La Habana.

Análisis de las encuestas realizadas a pobladores de comunidades costeras aledañas a la Bahía

Ya que es necesario conocer el estado de la conciencia ambiental de los comunitarios, o sea, su nivel de conocimiento acerca de los problemas ambientales, se realizaron encuestas a pobladores que viven en áreas aledañas a la Bahía, con el objetivo de identificar la percepción de riesgo de los mismos en relación con la contaminación por metales pesados. El criterio que se tomó en cuenta para seleccionar a las comunidades que serían entrevistadas fue el de su ubicación geográfica, y por tanto, su relación más directa con el ecosistema Bahía.

En el trabajo presentado por Rodríguez (2015), se realiza un análisis más completo de este acápite, por lo que en este artículo solo se presentará un extracto. Las encuestas fueron realizadas a ciudadanos del Barrio Los Cangrejitos, a trabajadores de la Base de Pesca de este lugar, así como a una muestra de los habitantes de Cayo Granma. Las personas entrevistadas se agruparon entre las edades de 15 a 72 años de edad, desde los estudiantes hasta los jubilados de ambos sexos. En total fueron encuestados 50 pobladores de Los Cangrejitos, 10 trabajadores de la Base de Pesca "Trocha" y 30 pobladores del Cayo, para un total de 90 personas.

La Tabla 3 muestra los resultados generales obtenidos de las encuestas realizadas. Para su confección se tuvieron en cuenta tanto los aspectos de carácter general, es decir, aquellos que guardan más relación con el problema de la contaminación en todas sus facetas, como aquellos relacionados más estrechamente con la contaminación por metales pesados.

Tabla 3: Resultados generales de las encuestas realizadas.

Tópicos generales presentes en las encuestas.	Comunidad			Total	% que representa del total
	El Cayo	Los Cangrejitos	Base de Pesca		
Total de entrevistados	30	50	10	90	100 %
Cantidad de personas que reconocen contaminación	26	35	10	71	78,89 %
Se dedican a la pesca actualmente	17	13	10	40	44,44 %
Consumen peces y mariscos de la Bahía	24	37	10	71	78,89 %
Han escuchado hablar de contaminación por metales pesados	1	5	-	6	6,67 %
Mencionaron al menos un metal pesado	1	6	-	7	7,77 %
Conocen el efecto tóxico de los metales pesados	1	1	-	2	2,22 %
Mencionaron al menos un efecto tóxico	1	1	-	2	2,22 %

Identificación de los principales actores y usuarios para la implementación del MIZC

Para lograr la integración desde la perspectiva del MIZC, es necesario identificar los principales actores sociales, así como los principales usuarios en relación con la problemática ambiental en estudio. Se identifican como actores en el sistema de prevención y control integrado a todos los órganos y organismos, sectores, asociaciones no gubernamentales y los ciudadanos que

hacen uso de la zona costera, de manera que participen en la información y en la toma de decisiones (Comission of the European Communities, 2000).

Los usuarios serían: Central Termoeléctrica Antonio Maceo (RENTE) cuya principal actividad es la producción y comercialización de energía eléctrica; Fábrica de Fibrocemento Armando Mestre: su interés es producir artículos de fibrocemento para satisfacer la demanda del mercado; La Planta Galvánica de la Empresa Conformadora "30 de Noviembre"; Empresa Textil Celia Sánchez Manduley; Fábrica de Chancletas Playeras y los Talleres de Reparaciones de la Empresa Eléctrica y el Poligráfico

Identificación de los asuntos clave

El análisis realizado hasta el momento permite reconocer como asuntos clave para la implementación del MIZC los que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Asuntos clave de MIZC identificados.

Asuntos clave	Núcleo del asunto clave
Contaminación ambiental	Control de la contaminación que provoca la degradación de las aguas superficiales y costeras por vertimiento de residuales domésticos e industriales con metales pesados. Control de la contaminación que provoca la degradación del aire por emisiones de vapores de Pb.
Gestión integrada de salud insuficiente	Asuntos sociales por las afectaciones en la calidad de vida, deterioro de la calidad del agua, los problemas de salud pública. Insuficientes servicios de atención primaria de salud.
Vulnerabilidad y gestión de riesgos naturales y provocados por el hombre	Riesgos por intoxicación con metales pesados.
Marco normativo o jurídico insuficiente	Control por vía legal de las acciones de pesca y consumo de productos provenientes de la Bahía.

Delimitación de la zona de manejo.

Una vez definidos los asuntos clave en los que se fundamentará la iniciativa de manejo, se define como zona costera de manejo a la bahía de Santiago de Cuba y sus áreas urbanas más próximas. El criterio seleccionado para esta delimitación, después del análisis integral realizado, está basado, entonces, en la influencia que ejercen los principales usuarios de la Bahía que la contaminan por metales pesados derivados de sus residuales industriales. Además, es importante tener en cuenta el aporte de las comunidades aledañas con metales pesados. También se consideraron criterios para definir el área de manejo la contribución que ejercen ciertas actividades a la contaminación por metales pesados. La USEPA (1995) plantea que los principales agentes que contribuyen con metales pesados en aguas litorales son: residuos urbanos e industriales y el dragado. Otro criterio a considerar en la delimitación del área de manejo está relacionado con la operatividad de las acciones de manejo, es decir, la zona de estudio se restringe a la zona de manejo que se propone en este trabajo para adecuar el plan de manejo a cuestiones operativas.

Determinación química de metales pesados en la zona de manejo.

Para consolidar la parte experimental de este trabajo se tomaron muestras de agua superficial y de sedimentos superficiales en dos periodos diferentes. Las muestras de agua fueron tomadas en cuatro puntos específicos de la bahía de Santiago de Cuba, desde la salida de la Fábrica de Fibrocemento, hasta la desembocadura del río Gascón a la Bahía. Estas muestras fueron tomadas durante siete días en el periodo desde abril a mayo de 2013 y analizadas por Espectrofotometría de Absorción Atómica en el Laboratorio Especializado del CEDINIQ (Centro de Investigaciones del Níquel), en Moa, Holguín. En el caso de los sedimentos, estos fueron tomados en 6 puntos de la Bahía (los sedimentos de las Playas La Socapa, Caracoles, Punta Gorda, Barrio Técnico, La Estrella y sedimentos del Puerto Guillermón Moncada), entre noviembre y diciembre de 2014, y analizados por el método de Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-AES) en el Laboratorio Elio Trincado de la Empresa Geominera Oriente, de Santiago de Cuba.

Ya que resultaría muy engorroso mostrar todos los resultados de la determinación química de los metales pesados en aguas y sedimentos superficiales, y debido también al hecho de que el eje central de este trabajo lo constituye el tratamiento a la problemática de la contaminación por metales

pesados en la Bahía, con enfoque de MIZC, en este trabajo se presentan solo como resultados los promedios de las concentraciones de los metales pesados obtenidos en ambos periodos. Para ello se determinó el promedio de concentración de cada metal pesado en cada periodo, lo cual permite tener una idea de cuál metal pesado aparece en mayores concentraciones y si como promedio las concentraciones están dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental, o no. Así, se presentan las Tablas 5 y 6, las cuales representan los promedios de las concentraciones obtenidas en aguas superficiales y en sedimentos superficiales, respectivamente.

Tabla 5: Promedio de las concentraciones de los metales pesados, en aguas superficiales.

Metal pesado	Cr	Mn	Sn	Cd	Zn	Ni	Pb
Concentración promedio (ppm)	0,133	0,267	0	0	0,084	0,121	0,049

Tabla 6: Promedio de las concentraciones de los metales pesados, en sedimentos superficiales.

Metal pesado	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	V	Hg
Concentración promedio (mg/kg)	10	673,1	373,55	22,92	150,2	358,11	1094,94	51,32

Elaboración de los objetivos, las metas y las acciones de MIZC

Se necesitan metas y acciones de MIZC que permitan minimizar los conflictos que se presenten en esta área geográfica y que, a su vez, conlleven al desarrollo sostenible. Estas metas y acciones se elaboran con énfasis en los asuntos clave; estos son aspectos muy tratados en investigaciones anteriores, que superan los ya tradicionales enfoques sectoriales.

Los actores sociales con responsabilidad ante el cumplimiento de las acciones que se plantean en este trabajo son: Universidad de Oriente, Dirección provincial de Salud Pública, los Consejos Populares que atienden a las comunidades costeras, el Poder Popular provincial (preside el Grupo Provincial de Bahía y apoya la gestión de las acciones ambientales en esta área costera), el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el CEDINIQ y

la Empresa Geominera Oriente, estos últimos encargados de las determinaciones químicas de los metales pesados. También tendrían responsabilidad las industrias aledañas a la Bahía que vierten metales pesados al entorno, por lo que estarían encargadas de buscar alternativas para el tratamiento de sus residuales líquidos y con ello minimizar la contaminación que provocan en el ecosistema Bahía.

DISCUSIÓN

Del diagnóstico de los subsistemas del sistema litoral se aprecia que el subsistema físico-natural se encuentra en su extremo negativo, es decir, degradado; mientras que los otros subsistemas están en su extremo positivo. Como se puede apreciar, es urgente la implementación de programas de MIZC que propicien el rescate del ecosistema costero en estudio con énfasis en la recuperación del subsistema físico-natural, el cual se encuentra en su extremo negativo, es decir, degradado. Lo anterior se basó en el hecho de que la Bahía muestra un paisaje afectado, condiciones ambientales e higiénico-sanitarias deterioradas, así como pérdida de la diversidad biológica. Todo lo cual tiene un componente causal fuerte en los graves efectos que provoca la contaminación en sus diversas formas, y entre ellas, la contaminación por metales pesados. Un aspecto a tener en cuenta es el hecho de que las aguas fluviales se encuentran afectadas por la descarga de contaminantes contenidos en los albañales y las aguas residuales industriales, además se ha estudiado que entre los factores del medio que se encuentran impactados negativamente de forma severa o moderada se encuentran el clima, la calidad del aire, la geología y geomorfología y el agua de mar entre otros, siendo evidente la contaminación del cuerpo de agua de la Bahía (CEMZOC, 2010).

Es conocido que el estado físico degradado de los ecosistemas costeros de la bahía de Santiago de Cuba es el resultado tanto del desarrollo industrial como del crecimiento urbano acelerado en sus márgenes. La acción antrópica ha impactado de forma tal a través del tiempo que ha repercutido negativamente en los ecosistemas costeros provocando el deterioro de las condiciones naturales de la Bahía, dígame de la calidad del aire, de las aguas marinas, del suelo, así como de la flora y fauna existente.

En el caso del subsistema socio-económico, se considera que esta zona costera está desarrollada, en tanto en ella se realizan diversas actividades

económicas y sociales que la convierten en un puntal del desarrollo de la provincia de Santiago de Cuba. La Bahía es una zona altamente industrializada y con grandes valores históricos, culturales, arquitectónicos y paisajísticos.

Por último, se considera que el subsistema jurídico-administrativo es adecuado en tanto existe un Programa de Manejo Integrado de la bahía de Santiago de Cuba, que permite la gestión de esta zona costera. Además, existen las leyes que regulan la contaminación ambiental y en especial la contaminación por metales pesados. En Cuba se cuenta con Leyes, Decretos-Leyes, Resoluciones y Normas promulgados por el Estado Cubano, así como están bien definidos los diferentes organismos encargados de hacerlas cumplir. Desde la Ley Marco Ambiental Cubana, la Ley 81, hasta las Normas Cubanas que regulan las concentraciones de metales pesados en aguas y sedimentos, pasando por la Resolución No. 136 /2009: “Reglamento para el manejo integral de desechos peligrosos”, se considera que el instrumento jurídico relacionado con la prevención de los efectos de los metales pesados, es adecuado. No obstante, como planteó Licea (2006), no están concebidas leyes que prohíban la pesca en áreas donde se ha detectado previamente una alta concentración de metales pesados, ni leyes que impidan la comercialización de productos contaminados con estos químicos, por lo que a esto se le debe dar una atención prioritaria. En este sentido, la bahía de Santiago de Cuba ha sido objeto de variadas investigaciones encaminadas a determinar las concentraciones de los metales pesados Cu, Ni, Pb, Cr, Co, Al, Fe, Mn y otros, que han sido bioacumuladas en especies marinas, encontrándose en muchos casos elevadas concentraciones de estos metales que provocan la pérdida de varios recursos pesqueros.

Por otra parte, es insuficiente la gestión de salud en las áreas aledañas a la Bahía en relación con las intoxicaciones por metales pesados, pues no se les hace vigilancia epidemiológica a los pescadores de las zonas costeras contiguas a la Bahía, por lo que no se tiene una idea real de las posibles enfermedades debidas a los metales pesados que pudieran aparecer en los pescadores y consumidores de peces y mariscos de estas aguas costeras. Es importante destacar en este punto que existen alrededor de 120 pescadores en la Base de Pesca “ Trocha” , 80 pescadores en la Base de Pesca de Cayo

Granma y 40 en el Níspero, constituyendo estos pescadores personas potencialmente afectadas por intoxicaciones por metales pesados.

Otro aspecto a enfatizar es el hecho de que los policlínicos no registran los casos diagnosticados con estas enfermedades, ni les dan seguimiento. Además, en toda la provincia Santiago de Cuba solo se hacen pruebas de determinación de plomo en orina, sin tener en cuenta que el plomo no es el único metal pesado que existe. Todo lo anterior indica que aún queda mucho por hacer en el campo de la relación salud-metales pesados en las comunidades costeras cercanas a la Bahía, así como en la provincia Santiago de Cuba en general.

Los resultados que se mostraron en la Tabla 3, permiten tener una idea acerca de la percepción de las comunidades costeras en relación con la contaminación por metales pesados, así como acerca de las personas potencialmente afectadas por este tipo de contaminante tóxico. En general se aprecia que el 78,89% de los encuestados, al consumir peces y mariscos provenientes de la Bahía, constituye una población potencialmente afectada por los efectos tóxicos de los metales pesados; no existe percepción del riesgo en las comunidades costeras (o la percepción es muy baja) visitadas en relación con la contaminación por metales pesados pues solo 6 personas han escuchado hablar de contaminación por metales pesados, solo 7 fueron capaces de mencionar al menos un metal pesado y solo 2 personas conocen los efectos tóxicos de los metales pesados, siendo estos últimos los mismos que mencionaron al menos un efecto tóxico; ninguno de los entrevistados de la Base de Pesca conoce acerca de los metales pesados, ni siquiera han escuchado este término.

Además de los resultados anteriores, es importante destacar los siguientes resultados que constituyen aspectos a tener en cuenta en las acciones de educación ambiental: de las 7 personas que mencionaron al menos un metal pesado, 5 de ellas mencionaron el plomo, 3 el hierro, 1 el manganeso y 1 el mercurio, por lo que queda claro que el plomo constituye el metal pesado más conocido (hay que aclarar que dos personas mencionaron más de un metal pesado); las únicas dos personas que mencionaron un efecto tóxico de los metales pesados se limitaron a mencionar el cáncer, por lo que no existe conocimiento acerca de otros efectos dañinos a la salud provocados por estos

compuestos, efectos estos que son menos perceptibles y mucho menos asociados con este tipo de contaminante, así, por ejemplo, se puede mencionar la anemia, que entre sus diversas causas tiene la intoxicación por plomo.

Debido a los múltiples usos que tiene la Bahía se procedió a la utilización de las Normas Cubanas 521:2007: "Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones" y la Norma Cubana 25:1999: "Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones", para la evaluación de la contaminación por metales pesados en aguas superficiales, Tabla 7.

Tabla 7: Límites máximos permisibles de los metales pesados en las NC 521: 2007 y NC 25: 1999, en ppm.

NC	Cr	Mn	Sn	Cd	Zn	Ni	Pb
521:2007	5	NR	NR	0.2	10	4	0.2
25:1999	NR	NR	NR	0.01	NR	NR	0.1

NR: NO REPORTADO

Del análisis de los datos de las Tablas 5 y 7 se aprecia que para todos los metales pesados analizados en aguas superficiales, se presentan concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por las normas mencionadas anteriormente, encontrándose estas concentraciones a nivel de trazas. Una de las causas de estas concentraciones tan pequeñas que se han presentado en todos los metales analizados, es el hecho de que los metales pesados tienden a formar compuestos insolubles que precipitan hacia los fondos marinos; en el agua de mar, existen varios factores como el pH y la salinidad que influyen notablemente en la movilización de los metales pesados.

Para los metales Sn y Cd, se presentaron concentraciones nulas en los diferentes puntos de muestreo. Se considera que estas mediciones nulas pueden deberse al hecho de que las concentraciones de estos metales fueron tan bajas que estaban por debajo del menor rango de medición del equipo de absorción atómica. Relacionado con lo anterior, específicamente con el metal Cd, otra interpretación al hecho de que sus concentraciones fueron nulas, es que de acuerdo a la literatura consultada, el Cd se encuentra entre los metales pesados reciclados, sus concentraciones están agotadas en aguas superficiales y aumentan con la profundidad (Whitfield *et al.*, 1987).

El análisis de los resultados para sedimentos superficiales, Tabla 8, se hará tomando en consideración los límites máximos establecidos por las normas PENET EU (Programa Nacional de Estados y Tendencias de los Estados Unidos), USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) y las Guías de Calidad Ambiental canadienses, estas últimas para evaluar las concentraciones de mercurio.

Tabla 8: Límites permitidos de concentraciones de los metales pesados en sedimentos superficiales, en mg/kg.

Normas	Pb	Cu	Zn	Ni	Mn
Norma PENET, Limited Superior	218	270	410	NR	NR
Norma PENET, Limited Inferior	46,7	34	150	NR	NR
Norma US EPA, Limited Superior	60	50	200	50	500
Norma US EPA, Limited Inferior	25	25	90	20	NR

NR: NO REPORTADO

De análisis de las Tablas 6 y 8, se aprecia que como promedio, las concentraciones de Cu están por encima de las normas internacionales; el Mn y el Ni se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos por la Norma US EPA; el Pb y el Zn estarían en norma según la Norma PENET, pero sus concentraciones son mucho mayores a las establecidas por la Norma USEPA, por lo que según esta última, los sedimentos de la Bahía estarían altamente contaminados con Pb y Zn.

No se encontró normativa cubana o internacional para evaluar las concentraciones en sedimentos de Co y V, pero como se aprecia, estas fueron elevadas, como promedio, siendo mayores las concentraciones del vanadio. Precisamente, este metal pesado fue el que se encontró en mayores concentraciones durante todo el periodo de muestreo.

Para el caso del Hg, las Guías de Calidad Ambiental Canadienses o Canadian Environmental Quality Guidelines plantean que los suelos se encuentran altamente contaminados por mercurio cuando las concentraciones límites superan las 6,6 mg/kg (Alvarado *et al.*, 2016). De acuerdo a lo anterior, los sedimentos superficiales de todos los puntos muestreados están altamente contaminados por mercurio, mostrando las concentraciones promedio alrededor de los 50 ppm, mucho mayores que las concentraciones límites

establecidas por esta norma. Esto es un problema si se tiene en cuenta que el mercurio es considerado como uno de los metales pesados más tóxicos al hombre pues no se ha asociado con vías metabólicas dentro del organismo, por lo que, al igual que el Pb, las elevadas concentraciones de estos tóxicos metálicos afectan la vida.

En general, las fuentes principales de metales pesados en la Bahía son los vertimientos de residuales industriales, las actividades mineras de extracción de oro y cobre, que contaminan con estos metales y con Hg, la incineración también es fuente de Hg, las acciones llevadas a cabo en el Puerto, que constituyen fuente de muchos metales pesados, el empleo de pinturas, los desechos de las baterías, la plomería son fuentes de Pb al ecosistema, el galvanizado y cromado llevados a cabo en la Planta Galvánica 30 de noviembre son fuentes de muchos metales, las emisiones vehiculares son fuente de Zn, los derrames de hidrocarburos también contribuyen con metales pesados pues se conoce que además de los componentes básicos del petróleo, este contiene trazas de metales pesados como V, Ni, Cd, Zn, Cr, Cu, Fe, Pb y otros.

Como se aprecia, fueron elevadas las concentraciones de los metales pesados en los sedimentos de la Bahía, por lo que a este tipo de contaminación hay que procurarle un tratamiento serio.

A partir de lo analizado anteriormente, a continuación se presentan acciones encaminadas a minimizar los efectos negativos de los metales pesados en los ecosistemas y recursos de la bahía de Santiago de Cuba.

Los objetivos, las metas y las acciones que se presentan en este artículo constituyen un compendio de lo propuesto por Rodríguez (2014) donde, además, se muestra un Plan de acciones encaminadas a minimizar los impactos de los metales pesados en la bahía de Santiago de Cuba, con acciones de prevención, de integración, de educación ambiental, de investigación y monitoreo, así como acciones normativas o jurídicas.

Objetivos, metas y acciones integradas sobre la base del estudio del impacto de los metales pesados.

Asunto clave: Contaminación de las aguas terrestres y marinas por vertimiento de residuales domésticos e industriales con metales pesados.

Objetivo Estratégico: Minimizar los impactos producidos debidos a la contaminación por metales pesados.

Metas:

Aplicar tecnologías limpias en las industrias.

Elevar el grado de conocimiento de los tomadores de decisiones de las entidades que vierten metales pesados en relación con la legislación ambiental vigente, así como con los métodos existentes de tratamiento de residuales.

Acciones:

Capacitar a las entidades industriales con vistas a mejorar los sistemas de tratamiento de residuales.

Procurar darle tratamiento a las aguas residuales industriales mediante la implementación de sistemas de tratamiento más efectivos.

Realizar el control sistemático de la carga contaminante generada por cada fuente.

Asunto clave: Gestión integrada de salud insuficiente.

Objetivo Estratégico: Contribuir a la formación de una cultura medioambiental de los usuarios de la zona costera.

Meta: Aumentar el conocimiento acerca de la contaminación por metales pesados y sus efectos en la salud en todo el municipio Santiago de Cuba.

Acciones:

Realizar cursos de capacitación acerca de los efectos tóxicos de los metales pesados y el grave daño que representan para la salud humana.

Divulgar en la prensa escrita y los medios radiotelevisivos locales los resultados de los trabajos investigativos realizados y de las acciones a llevar a cabo.

Asunto clave: Necesidad de investigar la temática de la contaminación por metales pesados para reducir sus efectos al medio ambiente y al hombre.

Objetivo Estratégico: Promover investigaciones nuevas y continuar la investigación en curso para elevar el conocimiento de los efectos de la contaminación por metales pesados en la Bahía.

Metas:

Realizar monitoreos sistemáticos para conocer el comportamiento de la contaminación por metales pesados en la Bahía, es decir, la tendencia a aumentar o a disminuir este tipo de contaminación.

Aumentar el conocimiento de nuevos métodos y técnicas de determinación de metales pesados.

Acciones:

Realizar la determinación química de los metales pesados en otros puntos contaminantes.

Aumentar el número de las muestras tomadas en las aguas interiores de la Bahía.

Determinar la presencia de otros metales pesados como el hierro y la plata.

Determinar la presencia de todos los metales pesados analizados en este estudio, pero esta vez en los sedimentos de los propios puntos seleccionados, así como en los sedimentos de otros puntos vulnerables a este tipo de contaminación.

Asunto clave: Marco normativo o jurídico insuficiente.

Objetivo Estratégico: Ampliar el marco jurídico en relación con la contaminación por metales pesados.

Meta: Aumentar dos legislaciones a las ya existentes que permitan minimizar los efectos de los metales pesados.

Acciones:

Analizar junto al CITMA la legislación ambiental vigente que regula la contaminación por metales pesados.

A partir de lo anterior:

Que el CITMA sugiera la adición a las normas ya existentes de una norma que limite la pesca en zonas declaradas como contaminadas por metales pesados.

Que el CITMA sugiera la adición a las normas ya existentes de una norma que impida la pesca de peces o mariscos que hayan bioacumulado metales pesados en sus órganos y/o tejidos (conocimiento este que proviene de las investigaciones científicas ya realizadas y por realizar).

Que el CITMA sugiera la señalización de las áreas más vulnerables a la contaminación por metales pesados o la señalización de las áreas contaminadas por metales pesados en la Bahía, conocidas por investigaciones en este campo.

CONCLUSIONES

Como se ha analizado en el trabajo, la problemática de los metales pesados requiere un enfoque integrado. Las concentraciones de estos químicos en los

sedimentos de la Bahía resultaron elevadas, lo que representa un problema debido al efecto tóxico de los metales pesados en los organismos vivos, y en este caso en organismos bentónicos. Se sugiere entonces que se tomen en consideración las acciones propuestas en el trabajo, regulándose primero las emisiones de las fuentes contaminantes, y en segundo lugar, las prácticas de pesca y consumo de productos de la bahía de Santiago de Cuba.

REFERENCIAS

1. Abrahantes, N; Argota, H. "Informe monitoreo ambiental de las aguas y los sedimentos de la bahía de Santiago de Cuba". Unidad de Medioambiente del CITMA. Santiago de Cuba, 2007.
2. Adams, W. J; Kimerle, R. A; Barnett, J. W. "Sediment Quality and Aquatic Life Assessment". *Environmental Science and Technology*, 2011, vol 26, pp. 1865-1875.
3. Alvarado, A; Ilizaliturri, C. A.; Martínez, R. I.; Torres, A. Riesgos ambientales y de salud por metales pesados (cadmio y mercurio) presentes en suelos y sedimentos del río Grijalva [en línea]. [ref. de 1 de julio 2016] Disponible en Web:
http://cuencagrijalva.ecosur.mx/cuenca_grijalva/files/informe_Final/sp03_archivos/03_0711_cap_9_riesgos_ambientales_y_salud.pdf.
4. Arias, L. T. "Caracterización de algunas de las principales fuentes contaminantes de la bahía de Santiago de Cuba y sus consecuencias en el medio ambiente". *Revista Tecnología Química*, 2008, vol XXVIII, núm. 2, pp. 79-89.
5. Barragán, M. J. M. Medio ambiente y desarrollo en áreas litorales: Introducción a la planificación y gestión integradas. Cadiz: Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz, 2003. ISBN: 84-7786-829-8.
6. Cascaret, D. A.; Pérez, N.; Marañón, R. A.; Bajo, A. R. "Caracterización físico-química de las aguas residuales de la Planta Galvánica, Empresa Conformadora 30 De Noviembre". *Revista Tecnología Química*, 2009, vol XXI, núm 2, pp. 22-28.
7. CEMZOC. "Programa de Manejo Integrado para el rescate ambiental de la bahía de Santiago de Cuba". Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Cuba. 2010.

8. Commission of the European Communities. "Proposal for a European Parliament, Council. Recommendation concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe". COM. p. 545. Comisión Nacional de Medio Ambiente. CONAMAT. 2000.
9. Gómez, L., Abrahantes, N. "La contaminación por metales pesados en la bahía de Santiago de Cuba". Informe del Proyecto Medio Ambiente Santiago. Unión de Empresas Geominera Oriente, Santiago de Cuba. 1998.
10. Licea, Y. "Metas para la iniciativa de manejo integrado en la zona sur de la bahía Santiago de Cuba, con énfasis en la calidad del agua". Tesis de maestría, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 2006.
11. Rodríguez, H. D. "Gestión de la contaminación por metales pesados en la bahía de Santiago de Cuba". Tesis de maestría, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 2014.
12. Rodríguez, H. D.; Pérez, M. O.; Córdova, R. V. "Educación ambiental vs. baja percepción acerca de contaminación por metales pesados en comunidades costeras". *Revista electrónica Ciencia en su PC*, No. 1, Año 2015. ISSN: 1027:2887. Pp 13-28.
13. USEPA. Agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos. "Near Coastal Waters Estrategy". Washington D.C. OCDE. 1995:113.
14. Whitfield, M.; Turner, D. R. *Aquatic Surface Chemistry*. New York: Editorial Stumm, Werner, 1987. 560 pp. CODEN: 56EPA2.