GOBIERNO DE LA
REPÚBLICA DOMINICANA
MEDIO AMBIENTE

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos

Informe de la Mortandad de Peces en el Muelle de Barahona República Dominicana

Presentado por: Heriberto Pugibet, *biólogo marino*.

INTRODUCCIÓN

El sábado 02 de octubre del 2021 fue realizada una inspección en el Puerto del Cayo de Barahona, en la ciudad de Barahona, Provincia de Barahona, República Dominicana, en atención a la mortandad masiva de peces. La comisión estuvo integrada por técnicos del Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos, de la Dirección de Calidad Ambiental, de la Dirección de Fiscalización y de Gestión de Riesgos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El domingo 03 de octubre del 2021 el equipo del Viceministerio de Recursos Costeros y Marinos y del Acuario Nacional, continuaron con el levantamiento de datos y muestras en todo el ámbito costero aledaño al puerto. Las autoridades que ya estaban presentes en la zona donde se presentó el evento incluyen la Dirección Provincial de Medio Ambiente, de la Procuraduría Especializada para la Defensa del Medio Ambiente en Barahona, Armada Dominicana, Autoridad Portuaria, así como el Consejo Dominicano de Pesca y Agricultura (CODOPESCA) y una comisión del Servicio Nacional de Protección Ambiental (SENPA).

El presente informe contiene los resultados de los muestreos, los hallazgos, y las recomendaciones realizadas durante la visita.

Imagen 1. Vista general del área donde ocurrió el evento-Fuente: EGE Haina

Descripción generales del sitio muestreado

- La zona afectada del puerto, el muelle No.5, está ubicada en una zona conocida como El Cayo, del Distrito Municipal Villa Central, en las coordenadas 19 Q 279252 mE - 2015217 mN. Es una zona industrial, donde operan el Consorcio Azucarero Central y la Central Térmica Barahona Carbón.

- De acuerdo a los resultados del último levantamiento batimétrico realizado en octubre 2020 por EGE Haina, el calado del muelle No. 5 presenta rangos de 8 a 9 m.

Imagen 2. Ubicación de las estaciones de muestreo

METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO

En la realización del monitoreo fue utilizado un bote con un motor fuera de borda, para desplazarse a todas las áreas de influencia de la ensenada, con la finalidad de proceder a tomar muestras de agua e investigar causas de las posibles muertes de la especie acuática. Las muestras fueron tomadas de forma puntual.

En el área de estudio se seleccionaron cuatro (4) estaciones de muestreos utilizando los criterios técnicos. Las estaciones de muestreos fueron georeferenciadas con un GPS, marca GARMIN. Estas fueron fijadas mediante el sistema de información geográfica.

La realización de los muestreos, la preservación y el traslado de las muestras al laboratorio se efectuaron según los Métodos Normalizados para Análisis de Aguas y Aguas Residuales, publicado por la APHA en su edición 21va. Para la refrigeración fue usada una nevera portátil (hielera) con suficiente hielo, para transportar las muestras a una temperatura de alrededor de 4°C. Las muestras fueron preservadas tomando como referencia los análisis a realizar, según los requisitos para la toma y preservación de muestras.

En el lugar de monitoreo fue llenada una hoja de campo, con las informaciones sobre localización del lugar de muestreo, procedencia de la muestra, fecha, hora, nombre de los técnicos, código de muestras, condiciones climáticas, oleaje, vegetación topografía, coordenadas geográficas y los análisis *in situ*, color del agua y otras observaciones del lugar de muestreo.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio con una cadena de custodia, que indica el tipo de análisis a realizar, código de muestra, fecha, hora de entrega de la muestra al laboratorio, procedencia de la muestra, tipo de muestra, nombre y firma del técnico que entrega la muestra, firma del técnico que recibe la muestra en el laboratorio.

Se determinaron seis (6) parámetros *in situ*, pH, oxígeno disuelto, conductividad, salinidad, sólidos suspendidos totales y temperatura. Otros parámetros fueron analizados en el Laboratorio de la Dirección General de Aduanas (DGA), entre ellos: once **(11)** muestras identificadas como: cinco (5) muestras de agua (playa 1, Barco 1, Barco 2, Entrada Barahona y Salida Barahona), dos (2) muestras de sedimentos (sedimento 1 y sedimento 2) y cuatro

(4) muestras de pescado (pescado 1, pescado 2, órganos internos 1 y órganos internos 2) y metales pesados.

Fueron determinados parámetros en el área de procesamiento de muestras (laboratorio) del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Los parámetros determinados fueron $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NH_3$, PO_4, PT, SO_4, SST y Turbidez. Estos análisis fueron determinados utilizando un según Métodos Normalizados APHA, para el análisis de agua y aguas residuales.

HALLAZGOS Y OBSERVACIONES

- La mortandad de peces se registró a tempranas horas de la mañana del sábado 02 de octubre. En la zona se percibía un fuerte olor fétido debido a la descomposición de los peces. Los peces muertos estaban apilados en los extremos del muelle No. 5, próximo a la obra de toma de aguas de enfriamiento de EGE Haina.
- La comisión realizó una inspección de la embarcación "Poland Pearl" donde se reunieron con el capitán y el ingeniero de abordo para realizar un relato desde el momento de la llegada al momento del atraco de la embarcación y acompañó a la comisión a un recorrido donde revisaron todos los los sistemas de válvulas y sellos de drenaje, tanto de las tomas y salidas de las aguas de lastre como agua de sentina.
- En el recorrido se observó que las válvulas de aguas residuales y de hidrocarburos estaban completamente cerradas y selladas. No se evidenció descarga de sustancias.
- La especie involucrada en la mortandad masiva es un pez del grupo de la familia Clupeidae, (*Harengula clupeola)* llamado comúnmente sardinita. Esta especie es de hábitos costeros y pelágicos, o sea se mantiene siempre en la columna del agua y se alimentan de organismos flotantes. Esta especie es muy sensible a los cambios de los parámetros de calidad ambiental del agua (oxígeno disuelto, Ph y temperatura).
- Las condiciones ambientales del área están bajo grandes impactos, sobre todo a la calidad de agua, por la descomposición de los sargazos que se encuentra en el fondo de dicha ensenada y los lixiviados que estos generan, causando la llamada "marea marrón". Además, se caracteriza por la presencia de abundantes algas unicelulares y otros organismos planctónicos que pueden ser nocivos a especies acuáticas sensibles.

- Estas condiciones ambientales se producen cuando hay un aumento de nutrientes en el agua. Esta elevación provoca un estado de eutrofización que provoca la disminución de oxígeno a la ictiofauna y a la flora marina.
- La presencia de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, trae como consecuencia floraciones de algas y otros organismos que agotan el oxígeno del agua y que llevan a la ausencia de vida en ella. Sus características son mal olor, turbidez, ausencia de peces y otras formas de vida acuática y, en general, poca calidad de las aguas.
- La introducción de una gran cantidad de material biológico en descomposición, como el sargazo, en el cuerpo de agua, conduce al agotamiento del oxígeno, ya que los microorganismos utilizan el oxígeno disponible en el proceso de descomposición de la materia orgánica.
- La descarga de un contaminante externo: químico, térmico u oleaginoso, no afecta a una sola especie si no, a varias especies distintas en el cuerpo de agua.
- En la escena había indicios o evidencias biológicas (estado en descomposición, sin cabeza ni ojos, agallas con pérdida de coloración) que nos permitían interpretar que los peces estaban muertos y depositados en el fondo previo a la llegada del barco.
- El protocolo de atracar la motonave, con el auxilio de remolcador, aparentemente movió el sustrato del fondo marino y provocó una disminución considerable del oxígeno disuelto.
- No hay indicios de ningún tipo de contaminación o impacto desde la embarcación.
- Los datos tomados *in situ*, más las observaciones y los análisis de las características biológicas y del evento de mortandad, nos validan la hipótesis de que esta mortalidad potencialmente fue ocasionada por la mala calidad del agua, debido a la marea marrón (producto de materia orgánica muerta) y un posible impacto de biotoxinas.
- La toxicidad sobre todo asociada a los hábitos alimenticios, es una causa real de muerte de peces. En este sentido, se tomaron muestras de tejidos y de contenido digestivo para análisis en laboratorios especializados y utilizando técnicas de analítica avanzada para determinar la presencia de elementos considerados como biotoxina.
- Se considera biotoxina cualquier sustancia tóxica producida por microorganismos, plantas o animales. Se incluyen los metabolitos de organismos vivos, los productos

de degradación de organismos muertos y los materiales que se convierten en tóxicos por su actividad metabólica.

- Las enfermedades infecciosas y los parásitos también pueden provocar la muerte de peces. No encontramos indicios de enfermedades o parásitos por el estado de descomposición de los peces.

ANALISIS DE LOS DATOS:

- Se realizó un muestreo de agua desde una embarcación, y se establecieron cuatro (4) estaciones distribuidas de manera representativa en la zona donde se presentó la mortandad de peces.

Código	Coordenadas UTM (Zona 19Q)	Punto de muestreo
AM-BA-MB-1	279121 mE 2015247 mN	
AM-BA-MB-2	279109 mE 2015111 mN	
AM-BA-MB-3	279257 mE 2015061 mN	
AM-BA-MB-4	279288 mE 2015108 mN	

Los resultados del muestreo son los siguientes:

Puerto de Barahona	**Descripción:** **Puerto de Barahona, próximo al club náutico** **Fecha:** **02 de octubre del 2021** **Realizado por:** **Jatna De León y Antony De Oleo**					
PARÁMETROS	**UNIDADES**	**AM-BA-MB-1 08:34 p.m.**	**AM-BA-MB-2 08:42 p.m.**	**AM-BA-MB-3 08:45 p.m.**	**AM-BA-MB-4 08:50 p.m.**	**Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras-Clase E**
pH	-	7.56	7.85	7.78	7.78	7.5 – 8.5
Temperatura	ºC	30.2	30.2	30.1	30.1	-
Oxígeno disuelto	mg/L	3.0	4.2	3.1	2.8	-
Oxígeno disuelto	% Sat	39.8	55.2	40.2	37.0	>60
Conductividad	µS/cm	48.9	49.0	49.2	49.0	-
Turbidez	UNT	5.8	2.20	6.3	4.8	-
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.18	0.04	0.22	0.49	0.5
N-Nitratos		0.8	0.7	0.7	0.8	15
N-Nitritos		0.002	0.006	0.005	0.007	
Fosfatos		0.06	0.07	0.13	0.08	0.4
Sulfuros		0.011	0.001	0.009	0.008	0.01

Tabla 1. Datos de calidad de agua

- La norma ambiental de calidad de agua establece que en condiciones normales la presencia el oxígeno disuelto (OD) en estas aguas debe ser mayor a 5.0 miligramos por litro (mg/L), valor que se encontró en 3.1 (mg/L).
- La saturación de oxígeno disuelto (SOD) tiene que ubicarse por encima de 60 %, pero se encontraba en 40.2 %.
- Los resultados indican que en todas las estaciones muestreadas el oxígeno disuelto presentó valores por debajo del rango establecido para un cuerpo hídrico Clase E, el cual es definido en la Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras como: “Aguas costeras destinadas a la conservación de recursos naturales como manglares y zonas de reproducción y nutrición de organismos marinos y áreas para acuacultura marina, incluyendo moluscos, crustáceos, peces y pesca comercial. Además, destinadas a actividades de deportes acuáticos y otras de contacto directo con el agua, como natación, buceo, esquí acuático y otros”. Los demás parámetros evaluados presentaron valores típicos de aguas costeras.

PARAMETROS	MUE-4492-2021	MUE-4493-2021	MUE-4494-2021	MUE-4495-2021		Norma EUR UNIDADES
	Pescado 1	Pescado 2	Órgano Interno 1	Órgano Interno 2		
Arsénico	1.28	1.07	0.74	1.07	3.5	mg/kg
Cadmio	0.04	0.04	0.17	0.133	0.05	mg/kg
Cobre	0.41	0.56	3.45	1.38	--	mg/kg
Cromo	0.16	0.09	0.24	0.38	--	mg/kg
Plomo	0.65	0.99	0.43	0.85	0.3	mg/kg
Mercurio	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.5	mg/kg
Selenio	< 0.01	0.41	0.37	0.20	--	mg/kg

I**CP-OES:** Espectrometría masas por plasma acoplado inductivamente. **Fuente:** Laboratorio Dirección General de Aduanas

Comentario:

En la verificación con la norma para tejidos de pescado de la Unión Europea los valores están ligeramente por encima en el caso del plomo y el cadmio en los órganos, es favorable seguir investigando otras normativas.

Microscopia Electrónica de barrido de campo medioambiental.

Mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido (SEM) con un haz de electrones, hemos obtenido imágenes en blanco y negro, de alta resolución, que nos posibilitan estudiar detalles de su morfología y análisis químico elemental mediante rayos X (EDX).

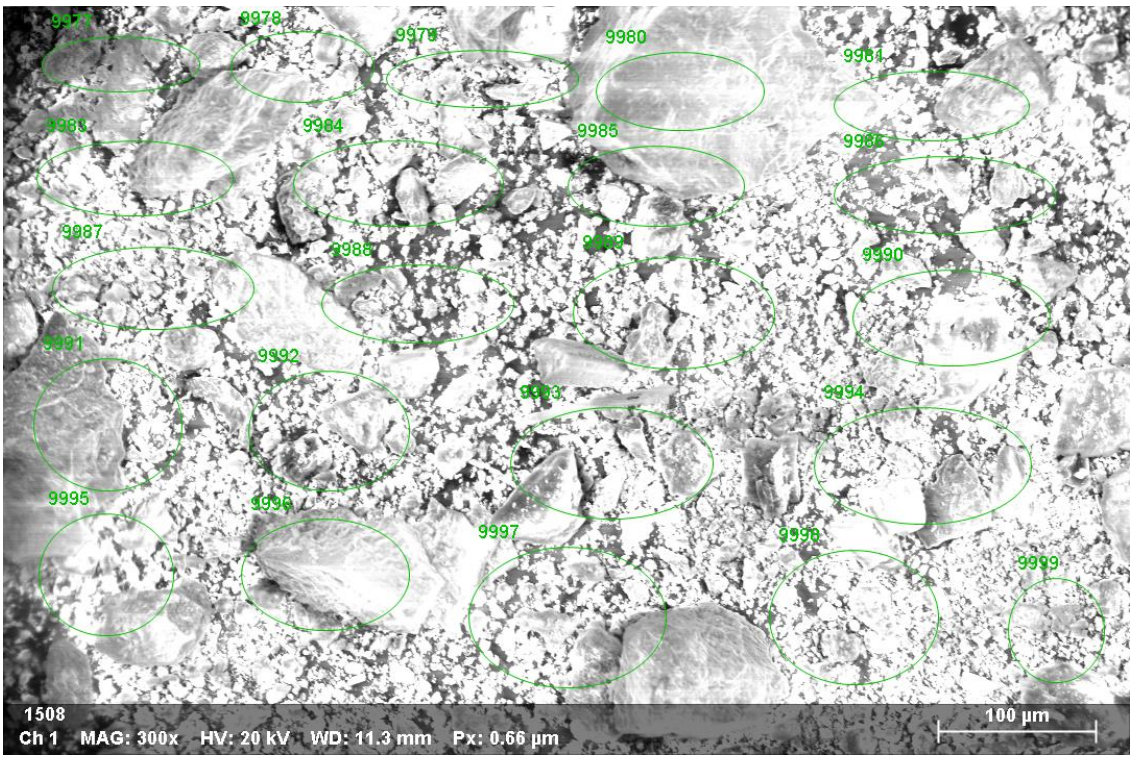

Figura. 1. Zonas marcadas con círculos verdes donde se va a realizar el análisis de su composición elemental mediante EDX. **Fuente:** Laboratorio Dirección General de Aduanas.

Hemos realizado un mapeo zonal para obtener una evaluación cualitativa de la composición elemental y la homogeneidad de la muestra mediante la composición de los colores de los elementos mayoritarios presentes.

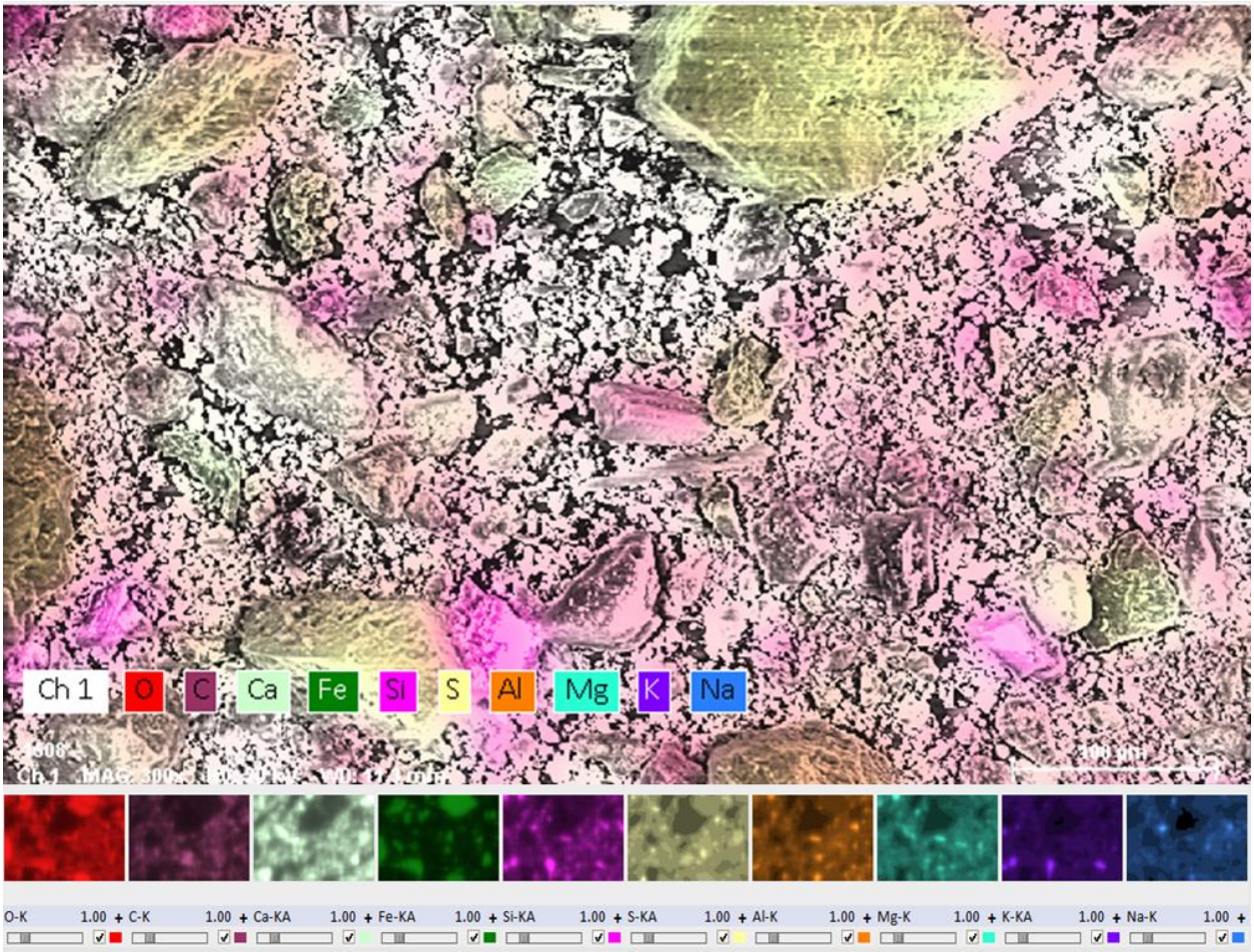

Figura. 2. Mapeo de alta resolución de los elementos mayoritarios presentes en el sedimento con los detalles de la distribución de cada elemento en un único mapa en su parte inferior. **Fuente:** Laboratorio Dirección General de Aduanas.

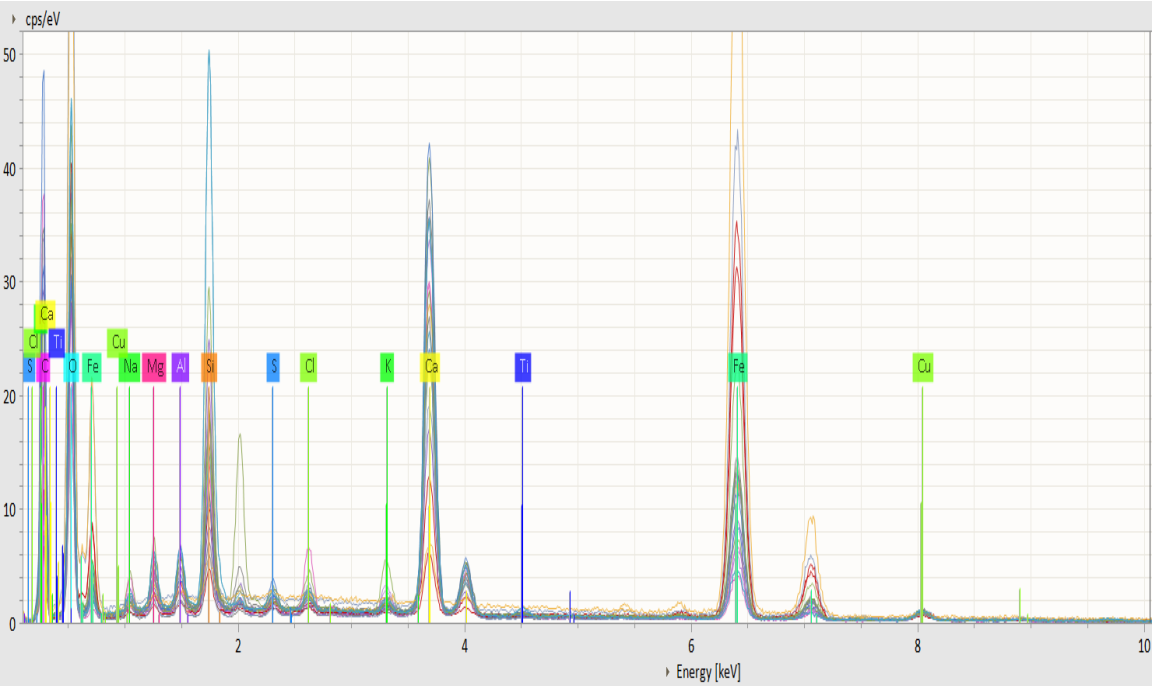

Figura. 3. Espectro de EDX con la medida de la composición elemental del sedimento. **Fuente:** Laboratorio Dirección General de Aduanas.

Spectrum	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe
9977	22.937	46.435	0.567	1.264	0.974	8.063	0.335	0.441	0.370	13.750	0.430	4.435
9978	26.378	42.487	0.368	1.655	0.937	2.940	0.197	0.343	0.241	11.574	0.117	12.765
9979	16.526	35.695	1.486	0.940	0.418	1.891	0.079	1.242	0.214	19.519	0.066	21.922
9981	29.943	37.813	0.306	0.578	0.596	1.797	0.228	0.243	0.142	16.892	0.071	11.391
Mean	**23.946**	**40.608**	**0.682**	**1.109**	**0.731**	**3.673**	**0.209**	**0.567**	**0.242**	**15.434**	**0.171**	**12.628**
Sigma	**5.714**	**4.811**	**0.547**	**0.459**	**0.269**	**2.973**	**0.105**	**0.457**	**0.095**	**3.490**	**0.174**	**7.189**
SigmaMean	**2.857**	**2.405**	**0.274**	**0.230**	**0.135**	**1.486**	**0.053**	**0.229**	**0.048**	**1.745**	**0.087**	**3.595**

Tabla.4. Análisis % masa de los elementos presentes en varias zonas de análisis de la muestra. **Fuente:** Laboratorio Dirección General de Aduanas.

Los resultados de la tabla 4 es la composición elemental de los sedimentos muestreados en la zona de influencia donde se encontraron los peces muertos. Son valores típicos de una zona calcárea por lo que se puede considerar valores normales.

Análisis Test TCLP

Presentación

Se realizó un análisis de toxicidad a una muestra compuesta de sedimentos proveniente de la zona de influencia donde de localizaron los peces muertos.

PROCEDIMIENTOS

Esta sección provee de una breve descripción del procedimiento aplicado en las pruebas.

Preparación de Muestras

La muestra fue secada durante 1 día a 80°C y luego triturada y homogenizada, se pesó 20g para el ensayo del test.

Procedimiento de Caracterización Toxicológica EPA 1311 (TCLP 1311)

El test TCLP está designado para determinar la movilidad de compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en desechos multi-fase. El fluido de extracción utilizado depende de la alcalinidad de la fase sólida del material de desecho. El fluido de extracción consiste de ácido acético (fluido de extracción #2, pH = 4.93) o de una mezcla de ácido acético e

hidróxido de sodio (fluido de extracción #1, pH = 2.88). El fluido apropiado es determinado mediante una prueba de extracción de fluido inicial. La utilización de ácido acético se debe a que es el ácido más fuerte presente en el típico entorno de un vertedero. Se utiliza usualmente para definir material cuyo destino es un vertedero, como desecho peligroso o no peligroso.

La preparación inicial consiste en reducir el tamaño de la muestra para pasar por un filtro de 9.5 mm. Una muestra representativa es pesada en un contenedor y es extraída con una cantidad de fluido de extracción igual a 20 veces el peso del sólido. Después de la extracción, con una duración de 18 horas, el extracto líquido es separado de la fase sólida, por filtración a través de un filtro de fibra de vidrio de 0.6 a 0.8mm. La solución filtrada es analizada para determinar la toxicidad de acuerdo las guías de la US EPA: As (5mg/L), Ba (100 mg/L), Cd (1 mg/L), Cr (5 mg/L), Pb (5 mg/L), Hg (0.2 mg/L), Se (1 mg/L) y Ag (5mg/L).

RESULTADOS DEL TCLP

PARAMETROS	METODOS	MUE-4496-2021	MUE-4497-2021	UNIDADES	Estandar EPA
		Sedimento 1	Sedimento 2		
Arsénico	ICP-OES	< 0.01	< 0.01	mg/kg	5.0
Cadmio	ICP-OES	< 0.01	< 0.01	mg/kg	1.0
Bario	ICP-OES	0.161	0.139	mg/kg	100
Cromo	ICP-OES	0.088	0.060	mg/kg	5
Plomo	ICP-OES	1.201	0.712	mg/kg	5
Mercurio	ICP-OES	< 0.01	< 0.01	mg/kg	0.2
Selenio	ICP-OES	< 0.01	< 0.01	mg/kg	1.0
Plata	ICP-OES	< 0.01	< 0.01	mg/kg	5.0

I**CP-OES:** Espectrometría masas por plasma acoplado inductivamente.
Fuente: Laboratorio Dirección General de Aduanas.

El TCPL efectuado en la muestra sólida nos indica que este material presenta un bajo nivel de toxicidad de la extracción de los constituyentes metálicos. Por la cual, puede ser clasificado como no-tóxico de acuerdo a la guía estándar de la EPA.

CONCLUSIÓN:

- El principal efecto de mortalidad es ***la hipoxia ambiental***, (agotamiento de oxígeno) que pudo deberse a factores como, aumento sostenido de las **cargas orgánicas disueltas, lixiviados, floración o acumulación de algas y procesos de la eutrofización**, por el exceso de nutrientes en el agua.

- Además, los datos tomados *in situ*, los análisis en los laboratorios, la evaluación de las características biológicas, químicas y físicas, validan que esta mortandad de peces fue por consecuencia o efecto directo de la mala calidad del agua producto de la materia orgánica descompuesta en el cuerpo de agua.

- El informe ***LDGA-2021-0235*** de fecha 11 de octubre de 2021 que nos remitió el Laboratorio de la Dirección General de Aduanas (DGA) concluye en lo siguiente: “Es evidente que la causa de muerte de los peces fue por falta de oxígeno…En otro orden, no hay evidencia de vertido de hidrocarburos en la zona afectada, para que sea un efecto producido por hidrocarburo es necesario que se forme una capa en superficie que impida la mezcla del oxígeno con el agua. No existe presencia de metales pesados de consideración tóxica”.

- Según la evaluación y análisis realizados, no hay, relación o indicios de impactos ocasionados accidental o incidentalmente por el buque "Poland Pearl Nassau”.

RECOMENDACIÓNES

- Realizar una limpieza intensiva de la zona costero-marina del ámbito geográfico del muelle de los Cayos de Barahona.

- Eliminar los materiales orgánicos, incluyendo los sargazos que arriban y los que ya están en proceso de descomposición en el fondo.

- Evaluar lugares apropiados para los depósitos de la limpieza costera y marina.

- Evaluar la posibilidad de eliminar los sedimentos del fondo, logrando un mayor calado del muelle y por consiguiente mejor calidad ambiental del fondo y del agua.

- Continuar con evaluaciones de las condiciones en toda la zona portuaria de Barahona, incluyendo industrias, ingenio, zona franca y los sistemas de drenaje de aguas servidas y escorrentía de la Ciudad de Barahona.

- Continuar con las investigaciones biológicas del medio.

- Mantener un sistema de aviso de temprana llegada y eliminación de sargazo u otros materiales orgánicos, para evitar su acumulación y descomposición.

ACCIONES PUNTUALES

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales continuará realizando un monitoreo de la calidad de agua con la finalidad de establecer una base de datos de los parámetros fisicoquímico de la zona.

Además, el Ministerio coordinará con la Autoridad Portuaria Dominicana, la Armada Dominicana para retirar la materia orgánica precipitada en el fondo de la ensenada donde ese encuentra el puerto y así evitar un nuevo evento de esta naturaleza que pudiera ocurrir en esa u otra área de acuerdo a antecedentes registrados dentro y fuera del país.

Nota: *Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Dirección General de Aduanas (DGA), que cuenta con tecnología de punta, y del Instituto Nacional de Ciencias Forenses (INACIF).*