ESCUELA GESTION AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

INFLUENCIA DEL COQUE DE PETROLEO (PETCOKE) EN LA DÁRSENA DEL PUERTO COMERCIAL DE ESMERALDAS

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL

AUTOR

GILMAR GRUEZO GUERRERO

ASESOR

MGT: EDUARDO REBOLLEDO MONSALVE

ESMERALDAS, ENERO -2022

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCE-Esmeraldas, previo a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental.

Presidenta de tribunal de graduación

Mgt. Rubén Vinueza Cherre

Lector 1

PhD. Jon Molinero Ortiz

Lector 2

Mgt. Karla Solís Charcopa

Coordinadora de la Carrera de Gestión Ambiental

Mgt Eduardo Rebolledo Monsalve

Director de tesis

Esmeraldas, 2021

AUTORIA

Yo, Gilmar Ricardo Gruezo Guerrero, declaro que el presente trabajo de investigación es de mi autoría.

En ventaja de que el contenido de esta investigación es de única responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCE-Esmeraldas.

_____

Gilmar Ricardo Gruezo Guerrero

C.I. 0803393511

AGRADECIMIENTO

A mis padres Giomar Gruezo Quiñones y Gertrudis Guerrero Orbe por ser un pilar fundamental en mi vida y la de mis hermanos, por hacer todo lo posible para que todos sus hijos salgan adelante y brindarme todo su apoyo incondicional para culminar con todo este proceso.

A mis hermanos José Villafuerte y Wladimir Gruezo por ser un ejemplo de vida y brindarme siempre su apoyo cuando más los necesito, a mi hermana Xiomara Gruezo por ser una buena hermana y una excelente profesional además de ser mi ejemplo a seguir y gracias a ella pude culminar mi proyecto de tesis.

A mi novia Narda Solorzano por siempre estar ahí brindándome su apoyo durante todos estos años que llevamos juntos.

A mi tutor de tesis, Mgt Eduardo Rebolledo Monsalve por haberme impartido sus conocimientos a lo largo de mi carrera profesional y guiarme durante todo el trabajo de titulación y brindarme todo su apoyo para que me realizara como profesional.

A mis compañeros de clases, que durante todo el trayecto compartimos y disfrutamos momentos únicos y que hoy en día se han convertido en grandes amigos y que muy pronto serán mis colegas, gracias a los que me brindaron su apoyo que estuvieron en las buenas y en las malas y a los que no también. ¡¡Gracias!!

DEDICATORIA

A mis padres con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto por conseguir mi título universitario.

Tabla de contenido

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN 2
AUTORIA 3
AGRADECIMIENTO 4
DEDICATORIA 5
INDICE DE FOTOGRAFIA 9
INDICE DE TABLA 9
INDICE DE FIGURAS 10
RESUMEN 11
ABSTRACT 12
INTRODUCCION 13
Planteamiento del problema 14
Justificación 15
Delimitación de Objetivos 16
Objetivo general 16
Objetivos específicos 16
CAPITULO I: MARCO TEORICO 17
Bases Teóricas y Científicas 17
Petcoke 17
Sedimentos Blandos 17
Comunidades Bentónicas 17
Ensamble Bentónico 17
Criterio de calidad de sedimentos 18

Indicadores de calidad ambiental marina (basados en comunidad bentónica blandas)..... 18
Índice AZTI AMBI..... 18
Índice de diversidad Shannon-Weaver. 19
Índice de diversidad de Margalef..... 19
Antecedentes..... 19
Marco legal 20
CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS 22
Área de estudio 22
Infraestructura del Puerto Comercial Esmeraldas 22
Zona de muestreo..... 22
Equipos Utilizados..... 25
Trabajo de Campo..... 25
Identificación del área de estudio 25
Recolección de datos de campo para determinar los metales pesados 25
Muestreo de testigo columnares de materia orgánica. 26
Estado Ecológico de la dársena 31
Muestreo de ensambles bentónicos 31
Análisis de Datos 33
Índice de diversidad Shannon-Weaver (H)..... 33
Índice de diversidad Margalef 34
Índices Biótico Marino AMBI..... 34

CAPITULO III: RESULTADOS 36
Descripción del manejo del petcoke 36
Rutas de contaminación producidas por el Petcoke 38
Estado químico de los fondos blandos 40
Análisis de contenido de metales en sedimentos. 43
Análisis de sedimento materia orgánica y profundidad 45
Análisis del contenido de materia orgánica y Redox. 46
Análisis de Redox relacionado con la profundidad. 47
Comparación de Redox por puntos de muestreos. 48
Estado Ecológico de la Dársena mediante ensamble bentónicos 49
Riqueza de Especies Bentónica 50
Composición de seres Bentónicos por grupos diferentes 51
Estimación de índice de diversidad 52
Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H) 52
Índice de diversidad de Margalef 53
Abundancia de Individuos Bentónicos. 54
Abundancia porcentual de seres Bentónicos en el área 55
Análisis M- AMBI 57
CAPITULO IV: DISCUSION 61
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 65
Conclusiones 65
Recomendaciones 66

Bibliografía 67

ANEXO 76

INDICE DE FOTOGRAFIA

Fotografía 1Muestreo de Testigo columnar de sedimento 28

Fotografía 2 Muestras de testigo columnas 28

Fotografía 3Analisis de Redox en las muestras de sedimentos 29

Fotografía 4 Colocando las muestras de sedimentos en el horno 30

Fotografía 5 Registros de paleo ambientales……31

Fotografía 6 Depósito de muestras en recipientes plásticos para luego ser colocadas en alcohol 32

Fotografía 7. Obtención de muestra de sedimento……32

Fotografía 8. Descarga de petcoke en el muelle principal……37

Fotografía 9. Limpieza de petcoke en el muelle principal……37

Fotografía 10. Lugar de almacenamiento del Petcoke…….38

INDICE DE TABLA

Tabla 1Coordenadas UTM de los 9 puntos de muestreo biológicos 24

Tabla 2 Coordenadas de los 3 puntos de muestreos químicos 24

Tabla 3Equipos y materiales utilizados en el monitoreo. 25

Tabla 4Intervalo de AMBI (realizada por Borja, Franco y Pérez 2000) 35

Tabla 5 Importaciones anuales de petcoke 36

Tabla 6Tabla comparativas de pautas legales internacionales para calidad de sedimentos 42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de zona de muestreo del Puerto Comercial de Esmeraldas. 23
Figura 2 Rutas de puntos de contaminación del petcoke. 39
Figura 3. Valores obtenidos de los elementos en la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas 43
Figura 4. Contenido de metales pesados en sedimentos de la Dársena del Puerto Comercial Esmeraldas. 44
Figura 5. Contenido de Materia orgánica en sedimento de la Dársena del puerto Comercial ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 6. Relación de MOT y Redox de la Dársena del puerto comercial de Esmeraldas.. 46
Figura 7. Comportamiento de Redox relacionado con la profundidad. 47
Figura 8. Comparación del Redox en el sedimento en los dos puntos de muestreo……48
Figura 9. Riqueza de Especies Bentónica ……50
Figura 10. Composición de seres Bentónicos por grupos principales……..51
Figura 11. Índice de diversidad Shannon ……52
Figura 12. Índice de diversidad de Margalef.……53
Figura 13. Abundancia de Individuos Bentónicos en la Dársena del puerto comercial…..54
Figura 14. Abundancia porcentual relativa de seres Bentónicos en el área de estudio……55
Figura 15. Histograma de Grupo de especies de distribución en la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas……57
Figura 16. Resultados de las localidades de muestreos, donde los puntos representan el valor medio del índice AMBI……..58

RESUMEN

El Coque de petróleo o Petcoke es un sub producto refinado del petróleo que está conformado por metales pesados, considerado muy atractivo para el sector industrial que se lo utiliza principalmente para la generación de energía eléctrica e industrias cementeras Ecuador importa este producto desde el año 2017 a través de la empresa UNACEM ECUADOR y lo almacenan en el Puerto Comercial de Esmeraldas.

La presente investigación planteo un análisis de metales pesados de los sedimentos blandos en 3 sitios establecidos de la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas y variables sedimentarias en dos puntos de muestreo donde se determinó el contenido de materia orgánica (%), el Potencial oxi- reducción (mV).El contenido de metales pesados arrojo un promedio de 5.6 mg/Kg de Plomo, 36.6 mg/Kg de Vanadio, 17.3 mg/Kg de Níquel, 51 mg/Kg de Cobre, 71.3 mg/Kg de Zinc y finalmente 6349 mg/kg de Azufre. El contenido de metales aumentó a medida que los sitios de análisis fueron más próximos al muelle principal situación que se atribuiría a que es uno de los lugares donde se realiza la descarga del petcoke y todo el residuo caen al cuerpo de agua o se trasladan por escorrentía de lluvias.

Se analizó la comunidad bentónica de fondos blandos en 9 sitios distribuidos en la dársena del puerto comercial de Esmeraldas, donde se adquirieron muestras triplicadas de sedimentos con una draga Van Veen. Los índices Margalef otorgaron valores por debajo de 1 en los nueve sitios muestreados en la dársena y el índice H´ de Shannon Weaver arrojó valores menores a 1.5 en los 9 sitios, considerándose la dársena del puerto comercial como un área de baja biodiversidad, sin embargo la composición de especies bentónicas analizada mediante el Índice biótico marino AZTI AMBI ubico a todos los sitios como no perturbados y ligeramente perturbado, concluyéndose que la dársena del Puerto Comercial se encuentra ligeramente perturbada.

Palabras claves: Coque Petroleo, Comunidad Bentónica. Metales pesados.

ABSTRACT

Petroleum coke or Petcoke is a refined petroleum by-product that is made up of heavy metals, considered very attractive for the industrial sector that is used mainly for the generation of electricity and cement industries. Ecuador has imported this product from 2017 to through the company UNACEM ECUADOR and they store it in the Commercial Port of Esmeraldas.

The present investigation proposed an analysis of heavy metals from the soft sediments in 3 established sites of the Esmeraldas Commercial Port Dock and sedimentary variables in two sampling points where the organic matter content (%), the Oxy-reduction Potential were determined. (mV) The heavy metal content averaged 5.6 mg / Kg of Lead, 36.6 mg / Kg of Vanadium, 17.3 mg / Kg of Nickel, 51 mg / Kg of Copper, 71.3 mg / Kg of Zinc and finally 6349 mg / kg of Sulfur. The metal content increased as the analysis sites were closer to the main dock, a situation that would be attributed to the fact that it is one of the places where the petcoke is unloaded and all the residue falls into the body of water or is transferred by runoff. of rains.

The soft bottom benthic community was analyzed at 9 sites distributed in the Esmeraldas commercial port basin, where triplicate sediment samples were acquired with a Van Veen dredge. The Margalef indices gave values below 1 in the nine sites sampled in the basin and the Shannon Weaver H 'index showed values less than 1.5 in the 9 sites, considering the commercial port basin as an area of low biodiversity, however the composition of benthic species analyzed by the AZTI AMBI marine biotic index placed all the sites as undisturbed and slightly disturbed, concluding that the commercial port basin is slightly disturbed.

Keywords: Petroleum Coke, Benthic Community. Heavy metals.

INTRODUCCION

El Coque de Petróleo o Petcoke es un residuo sólido rico en carbono que contiene gran cantidad de azufre, vanadio, níquel, Estados Unidos de América es el mayor productor de coque de petróleo, con un 66% de la producción mundial (1).

La Organización Mundial de la Salud OMS determino que el coque de petróleo provoca en los humanos muchas afectaciones en la salud como cáncer broncopulmonar y nasal y otro tipo de enfermedades principalmente respiratorias (2)

En ciudades como Chicago existen grandes empresas que producen y exportan el petcoke, la población está en contra de la producción de este residuo sólido por su alto contenido de metales generando afectaciones en los pulmones de las personas y el ecosistema marino, pero a su vez es muy importante por sus diferentes procesos siderúrgicos. (3)

Con el pasar de los años la producción del Coque de petróleo ha ido aumentando, datos de la plataforma **UNdata** indican que el mayor productor y exportador de petcoke es Estados Unidos, que en el año 2017 tuvo una producción de 59,740000 y exporto 39,178000 millones de toneladas métricas (TM); en el año 2018 produjo de 59,772000 TM y exporto 38,205000 TM, seguido de China con una producción de 20,494000 TM en el año 2017; dentro de los países de Sudamérica Brasil se destaca con una producción de 5,610000 TM en el año 2017.(4)

El petcoke calcinado puede ser utilizado como combustible en termoeléctricas y cementeras a pesar de contener un bajo nivel de contenido volátiles (5), y a su vez se la puede implementar en diversos procesos industriales como la producción de monóxido de carbono que sirve para la fabricación de materiales plásticos.(6)

La investigación se la realizó con el interés de saber en qué estado químico y ecológico se encuentran el fondo marino de la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas(7), a través de las posibles rutas de contaminación.

Planteamiento del problema

El Petcoke es un subproducto derivado de la refinación del petróleo, obteniendo una materia prima para ser utilizado en termoeléctricas e industrias cementeras, la disponibilidad del Petcoke hace de este subproducto atractivo para el sector industrial(8), utilizado para obtención de carbono y como combustible para la generación de calor. Debido la alta concentración de los compuestos químicos que está formado el petcoke puede ocasionar cambios en el ecosistemas marinos costeros(9)

Actualmente a través del Puerto Comercial de Esmeraldas la empresa UNACEM Ecuador importa desde Houston Texas Estados Unidos 45.000 TM de petcoke, las mismas que son almacenadas por un periodo de 6 a 9 meses en los patios del Puerto Comercial, el Petcoke como materia prima es utilizado para la elaboración de cemento producto que es utilizado para el área de la construcción con uno de los cementos más utilizados a nivel nacional cemento Selva Alegre, su planta industrial está ubicada en el cantón Otavalo km 7 1/2 de la provincia de Imbabura.

Las actividades de carga y descarga del Petcoke la realizan a través de la empresa Cargo Port SA este procedimiento puede ocasionar una contaminación en el recurso natural, para ello se han colocado lonas y barreras de contención a fin de evitar que este producto químico caiga en fondos marinos, en el proceso de descarga tiende a derramarse este material químico en la dársena.(10).

Con estos antecedentes se plantea la pregunta de investigación o problema de investigación:

¿Cómo afecta el Petcoke al fondo de la dársena en el Puerto Comercial de Esmeraldas?

Justificación

El Petcoke contiene componentes químico toxico que en muchos de los casos afecta a los seres humanos con problemas de respiración y al ecosistema marino alterando la calidad del cuerpo del agua(11), afectaciones que han sido poco estudiada que determinen cuales son los efectos que genera el movimiento del Petcoke en la dársena en el Puerto Comercial de Esmeraldas.(12)

Autoridad Portuaria de Esmeraldas es una entidad estatal que opera y administra el Puerto Comercial de Esmeraldas; gestiona los servicios portuarios, que cubren las necesidades de los exportadores e importadores que aportan al sector productivo del país.

Teniendo como antecedente que Autoridad Portuaria de Esmeraldas no cuenta con la suficiente información sobre los efectos que causan el Petcoke en la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas,la realización de este proyecto es importante debido a que se pretende evaluar y determinar cuáles son las afectaciones que está causando el proceso de descarga del Petcoke en la dársena y a su vez sería el primer estudio de este tipo que se realizaría en la ciudad de Esmeraldas lo cual contribuiría a mejorar la gestión ambiental en cuanto a las actividades que realiza el Puerto Comercial (13).

El propósito de la presente investigación es valorar la concentración de metales tóxicos en los sedimentos de los fondos marinos en la dársena y a su vez poder determinar las alteraciones en al ecosistema marino.(14).

Delimitación de Objetivos

Objetivo general

- Analizar los efectos que generaría el movimiento de petcoke en los fondos blandos de la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas.

Objetivos específicos

OE1. Describir el manejo del petcoke del Puerto de Esmeraldas y estimar posibles rutas de contaminación asociado a este compuesto.

OE2. Determinar el contenido de metales de fondos blandos de la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas.

OE3. Evaluar el estado ecológico de la dársena del Puerto de Esmeraldas mediante el análisis de Comunidades Bentónicos de fondos blandos.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

Bases Teóricas y Científicas

Coque de Petroleo

Es un residuo solido generados por el proceso de refinación del petróleo que posee grandes cantidades de azufre, níquel y vanadio que son compuestos principales para la fabricación de combustibles por otro lado(15), el petcoke se puede clasificar en coque verde o coque calcinado, coque verde es el producto inicial que se lo utiliza como combustible en gasificaciones metalúrgicas y el coque calcinado se produce cuando el coque verde se trata a temperaturas más altas es muy utilizado en las industrias como cementeras, termoeléctricas y la producción de acero(16).

Sedimentos Blandos

Los sedimentos Blandos son agregados de materia orgánica e inorgánica que abarcan la mayor parte de los fondos marinos donde se caracterizan de acuerdo al tamaño tipo y agregación del grano es decir que pueden estar formados por arcillas, gravas, arenas y limos.(17) por otro lado, son importantes en cuanto al reciclamiento de materia orgánica e inorgánica, metales pesados y evaluaciones de impactos ambiental que se originan en los ecosistemas marinos(18)

Comunidades Bentónicas

Se entiende por comunidad bentónica o bentos a todas aquellas especies que se encuentran asociados a los diferentes fondos marinos y son representados por casi todos los phyllum del reino animal(19), este tipo de especies bentónicas son importantes en el ecosistema marino debido a que cumplen un papel muy transcendental en cuanto a los diferentes servicios ecosistémicos que brinda(20)

Ensamble Bentónico

Se entiende por ensamble bentónico a una comunidad de pequeños organismos llamados bentos, están formados principalmente por moluscos, poliquetos y crustáceos y tienen diferentes hábitos alimenticios y habitan en los fondos marinos.(21)La macrofauna habitan

en los fondos marinos, el tamaño de los organismos son muy pequeños se encuentras la mayor parte del tiempo en los interior del sedimento sin embargo el tamaño de los organismos varían dependiendo de las zonas climáticas.(22)

Criterio de calidad de sedimentos

Los sedimentos se pueden producir de manera natural, como son los existentes en el mar, ríos, lagunas entre otros. Para evaluar la calidad de sedimentos es necesario aplicar muestreos y monitoreos en el área donde se encuentra afectando.(23)

Los criterios de calidad ambiental permiten clasificar los ecosistemas según su grado de afectación, y se emplean diferentes procesos como son los análisis físico- químicos, análisis de toxicidad en diferentes tipos de seres vivos y un estudio de la comunidad bentónica, necesarias que permitan redimir un ecosistema y advertir alteraciones futuras.(24)

Indicadores de calidad ambiental marina (basados en comunidad bentónicas)

Los macroinvertebrados presentan muchas ventajas para evaluar en qué condiciones se encuentra la calidad del agua, a través de los indicadores basados en comunidad bentónicas entre ellas se destacan su rápida reacción a diferentes contaminantes, poseen una alta riqueza taxonómica y su alta variedad de grupos funcionales que acceden a una amplia respuesta de diferentes afectaciones(25). Para estos índices biológicos es necesario saber la taxonomía a nivel de género, especie o de familia, o estimar de manera cuantitativa de su abundancia, en general estos índices bióticos suelen ser asignados dependiendo el tipo de alteración o contaminación que se esté ocasionando en el área(26).

Índice AZTI AMBI

El índice AMBI sirve para evaluar en qué estado ecológico se encuentra las comunidades de macro invertebrados bentónicos de los fondos blandos de una determinada área marina costera y la herramienta M- AMBI, sirve para saber el tipo de respuesta que presentan las comunidades a los cambios naturales y humanos frente a la calidad del agua(27).

El AMBI es un indicador que se basa en la macro fauna bentónica, por lo tanto, reacciona a los cambios que se producen en las variables físico- químico del sedimento de manera

gradual determinándose en las comunidades y en la abundancia relativa de las especies, permitiendo ubicar a las especies en gradientes de perturbación por estrés del 1 al 7 (28).

Índice de diversidad Shannon-Weaver.

Es un índice que sirve para medir la biodiversidad de las especies, reflejando la heterogeneidad de una comunidad haciendo énfasis en el número de especies presentes y su abundancia relativa, reflejando valores del 1 a 5 donde los valores inferiores a 2 se considera una baja biodiversidad y valores de 2 a 3 una biodiversidad media y superior a 3.5 una biodiversidad alta. (29).

Índice de diversidad de Margalef.

Es un índice que nos ayuda a medir la biodiversidad de un ecosistema determinado reflejándonos datos de riqueza de especies, midiéndonos el número de especies por la cantidad de organismos presentes en dicho lugar de muestreo, reflejando valores entre 1 a 3 es un ecosistema con baja biodiversidad y si los valores son superiores a 5 la biodiversidad es muy alta. (30)

Antecedentes

Lenne F et al., (2011)(31) en su investigación sobre el coque de petroleo y los sedimentos de releves blandos en humedales artificiales como resultado de su investigación determinó que el petcoke contiene concentraciones elevadas de Azufre y varios metales pesados como el Vanadio y el Níquel que a su vez son considerados característicos del petcoke. En la presente investigación determino que los metales pesados que está compuesto el petcoke afecta a los sedimentos, provocando una disminución en la biodiversidad de los seres bentónicos marinos.

Jake, A. et al., (2016) en su estudio sobre las características geoquímicas del coque de petróleo identificaron que las composiciones del coque de petróleo estaban dominadas por los metales pesados como el (Carbono, Azufre, Silicio y el Aluminio) y el (Vanadio y el Níquel) presentaron concentraciones más altas entre los menos potencialmente peligrosos, al

final de este estudio las concentraciones elevadas de estos metales pesados se han relacionado con los efectos tóxicos en organismos bentónicos. (32)

Angel Hidalgo en el año 2016. donde analizo las comunidades bentónicas y obtuvo como resultados los descriptivos ecológicos de riqueza, abundancia y diversidad de especies de Shannon & Weaver, utilizo el índice biótico AMBI para determinar el estado de las comunidades bentónicas, lo cual concluye su investigación indicando que el Puerto comercial de Esmeraldas en el año 2016 presento mayor perturbación y una abundancia de seres bentónicos muy baja. (33)

Zambrano Delgado, 2017 (34) concluye su investigación que las desembocaduras del rio Súa y Atacames existe abundancia de especias bentónicas y diversas clases de familias, para lo cual utilizo el método de Índice Biótico Marino (AMBI), para determinar la calidad ecológica de las especies.

Marco legal

El presente estudio se fundamenta bajo el siguiente marco legal, en el Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida decretado el año 2017 hasta el 2021 donde el eje uno, objetivo 3 indica que se garantiza los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Bajo Constitución Política de la República del Ecuador

Art.14.- "*Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Es de interés público la preservación del ambiente, la preservación de los ecosistemas*"(35)

Art. 215 "*Calidad de los Sedimentos. - Los sedimentos pueden ser de origen natural, tales como los existentes en el mar, los lechos de lagos, lagunas, ríos, quebradas y demás cuerpos hídricos*"(35)

"Art. 2017 **Evaluación, seguimiento y control. -** *Sin perjuicio de la aplicación de los mecanismos de control establecidos en este Libro, la Autoridad Ambiental Nacional,*

evaluará y controlará la calidad ambiental por medio del análisis de sedimentos o dispondrá a los Sujetos de Control realicen los estudios pertinentes"(35).

Mecanismo de control y seguimiento ambiental.

"Art. 253 Del objeto.- *Dar seguimiento sistemático y permanente, continuo o periódico, mediante reportes cuyo contenido está establecido en la normativa y en el permiso ambiental, que contiene las observaciones visuales*"(35).

"Los Monitoreos de los recursos naturales deberán evaluar la calidad ambiental por medio del análisis de indicadores cualitativos y cuantitativos del área de influencia de la actividad controlada" (35)

"Art. 208 Componentes abióticos. - *Entiéndase a los componentes sin vida que conforman un espacio físico que pueden ser alterados de su estado natural por actividades antrópicas, siendo entre otros: el agua, el suelo, los sedimentos, el aire, los factores climáticos, así como los fenómenos físicos*"

CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

La presente investigación se realizo en el Puerto Comercial de Esmeraldas ubicado en la zona noroeste del Ecuador, frente al Océano Pacifico, uniéndose a la desembocadura del rio Esmeraldas.

La posición geográfica de acuerdo a las coordenadas UTM es de 17N 650032.69; 109569.3 de acuerdo a su situación geográfica el Puerto Comercial es uno de los más cercanos a Canal de Panamá(36), lo que proporciona un gran beneficio a las empresas navieras en cuanto a la optimización de tiempo de los manejos de carga y descarga.

Infraestructura del Puerto Comercial Esmeraldas

El Puerto Comercial de Esmeraldas es considerado un puerto multipropósito, las instalaciones del puerto tiene alrededor de 44 hectáreas, consta con tres muelles donde el principal se encarga del recibimiento de los buques, el segundo muelle (Roll-on Roll off) es el encargado de las cargas y descargas rodantes y el tercer muelle realiza actividades de servicio de avituallamiento(37).

La autoridad portuaria consta con patios aptos para el almacenamiento de diferentes tipos de cargas (Granel Liquido, Granel sólido, Carga General, Contenedores).

Sector de muestreo

El área donde se realizó la toma de muestra fue en la Dársena del puerto comercial de Esmeraldas que mide alrededor de 32 hectáreas. Para la toma de muestra para el análisis biológico se escogieron nueve puntos que fueron escogidos aleatoriamente y distribuidos por toda la Dársena del Puerto Comercial.

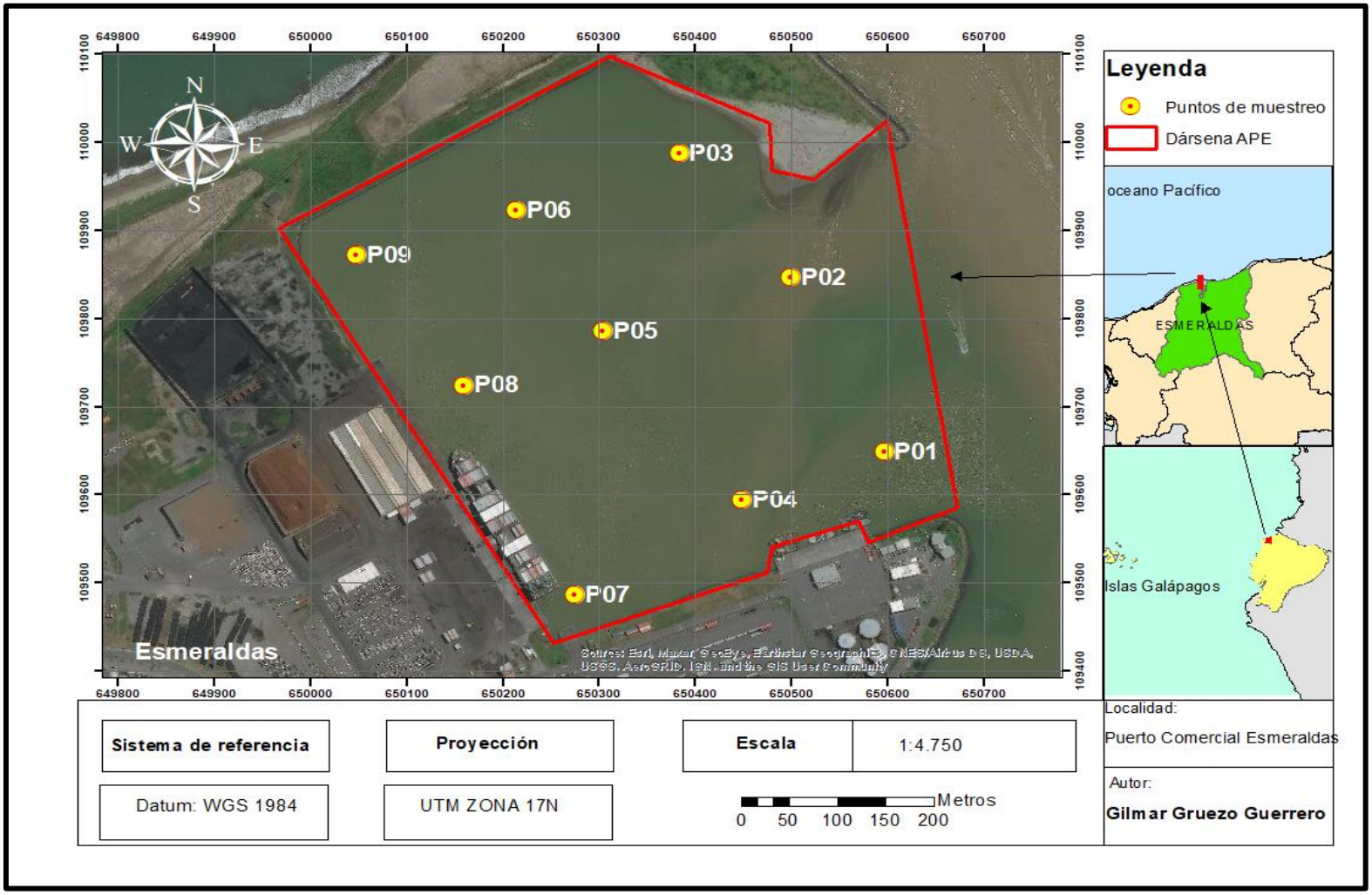


Figura 1 ***Mapa de sector de muestreo del Puerto Comercial de Esmeraldas.***

A continuación, se presentan las coordenadas UTM en DATUM WGS 84 17 N de los sitios de muestreo en la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas.

Tabla 1Coordenadas UTM de los 9 puntos de muestreo biológicos

Coordenadas UTM		
Sitios	**X**	**Y**
1	**109633**	**650639**
2	**109755**	**650595**
3	**109861**	**650634**
4	**109591**	**650582**
5	**109786**	**650697**
6	**109887**	**650269**
7	**109523**	**650281**
8	**109694**	**659123**
9	**109894**	**650319**
DATUM W6584 ZONA 17N		

Tabla 2 Coordenadas de los 3 puntos de muestreos químicos

Monitoreo Costero de la Darsena del Puerto Comercial	Coordenadas UTM		
	Vía de acceso	**Sector medio**	**Muelle principal**
Coordenada de toma de muestra en la Darsena	**17N0650639**	**17N06506**	**17N0650123**
	109633	**109786**	**109694**

Equipos Utilizados

Para obtener las muestras de sedimentos y determinar la biota bentónica se utilizaron los siguientes equipos y materiales:.

Tabla 3Equipos y materiales utilizados en el monitoreo.

Materiales	Equipos de Laboratorio	Equipos complementarios
Recipientes plásticos de 750 ml	Draga Manual Van Venn	Equipos de medición de posición geográfica -GPS
Fundas Ziploc	Medidor de redox y Ph (HACH)	Cámara fotográfica
Cooler	Red de tamiz de 500 µ	Guantes
Alcohol	Tubo de policarbonato	Cuerda

Trabajo de Campo

Identificación del área de estudio

OE1. Describir el manejo del petcoke del Puerto de Esmeraldas y estimar posibles rutas de contaminación asociado a este compuesto.

Se realizó una visita de campo en la dársena para conocer el manejo del petcoke, se realizaron recorridos al área de carga y descarga del carbono residual en coordinación con los técnicos encardados de la parte ambiental que tiene el Puerto Comercial de Esmeraldas.

Se determinaron las posibles rutas del **movimiento incidental** del petcoke en función de la ubicación de sectores principales y la observación de maniobras de transporte y acopio observadas en cada sector principal, mediante recorridos de observación.

OE2. ***Determinar el contenido de metales de fondos blandos de la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas.***

Para determinar el contenido de metales de sedimentos presentes en la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas se seleccionaron tres sitios a diferentes distancias del muelle principal N°1 de maniobras de descarga Petcoke.

Los puntos seleccionados están ubicados en la entrada de la dársena siento el (S1), el segundo punto está ubicado en el centro de la dársena (S5) y el tercer punto se encuentra ubicado a 2m del Muelle 1, donde se realiza la descarga del petcoke (S8) como se ve reflejado en la tabla 2.

Las muestras se adquirieron con una draga Van Veen de 0.08m^2 de superficie de impacto y que pesa 22 Lbs vacía y que adquiere 4 l de volumen de muestra con una profundidad de hasta 20 centímetros (38). El contenido de la draga es depositado sobre una superficie lisa (la tapa de un cooler en este caso) para luego con una espátula retirar los sedimentos superficiales con un espesor de 3cm los que fueron depositados en dobles fundas ziploc más una tercera funda plástica conteniendo la etiqueta entre ambas fundas. Las muestras se mantuvieron en frio dentro de un contenedor térmico y fueron enviadas por transporte terrestre a un laboratorio acreditado que confirmo la recepción de muestras con menos de 24 horas de haber sido adquirida.(39)

El laboratorio escogido posee certificaciones como ISO 17025:2006; ISO 9001;2008, y comunico la aplicación de métodos estandarizados determinando el contenido de metales mediante equipos que utilizan ICP (Inductively Coupled Plasma) que son atomizadores e ionizador de elementos a altas temperaturas(40), siguiendo las directrices técnicas EPA 6020 para sus respectivos análisis.

Muestreo de testigos columnares para estimación de materia orgánica.

En dos sitios dentro de la dársena del puerto de Esmeraldas (un sitio próximo al muelle a menos de 2 m del mismo y en la parte media de la dársena) se adquirieron testigos columnares de sedimentos con un saca testigos de elaboración nacional, el mismo que emplea tubos de

60 ctm y 3” de diámetro interno de policarbonato que permitió obtener una columna de sedimento que posteriormente podría ser fragmentada. (41).

Ya en el laboratorio, la muestra se ubica en un embolo de 3” que permite el desplazamiento vertical de la muestra, registrándose los valores de Redox con un equipo HACH HQd40, una vez registrado dicho parámetro, la muestra es ascendida obteniéndose secciones de 2 centímetros que fueron depositadas en cajas petris, para ser ingresadas en un horno de secado donde son secadas a 65°C durante 24 horas.

Una vez secadas las muestras, se procedió a la molienda de estas en un mortero de porcelana hasta obtener un sedimento fino homogéneo, el cual se conserva en un tubo eppendorf para posteriormente se depositadas en crisoles de porcelana numerados los que pesados para posteriormente ser incinerados a 550°C durante 5 horas, transcurrido este tiempo se deja enfriar los crisoles y se vuelven a pesar, para aplicar el método de Byers et al., 19978 para determinación del contenido de Materia Orgánica total MOT (42)cuya formula se describe a continuación:

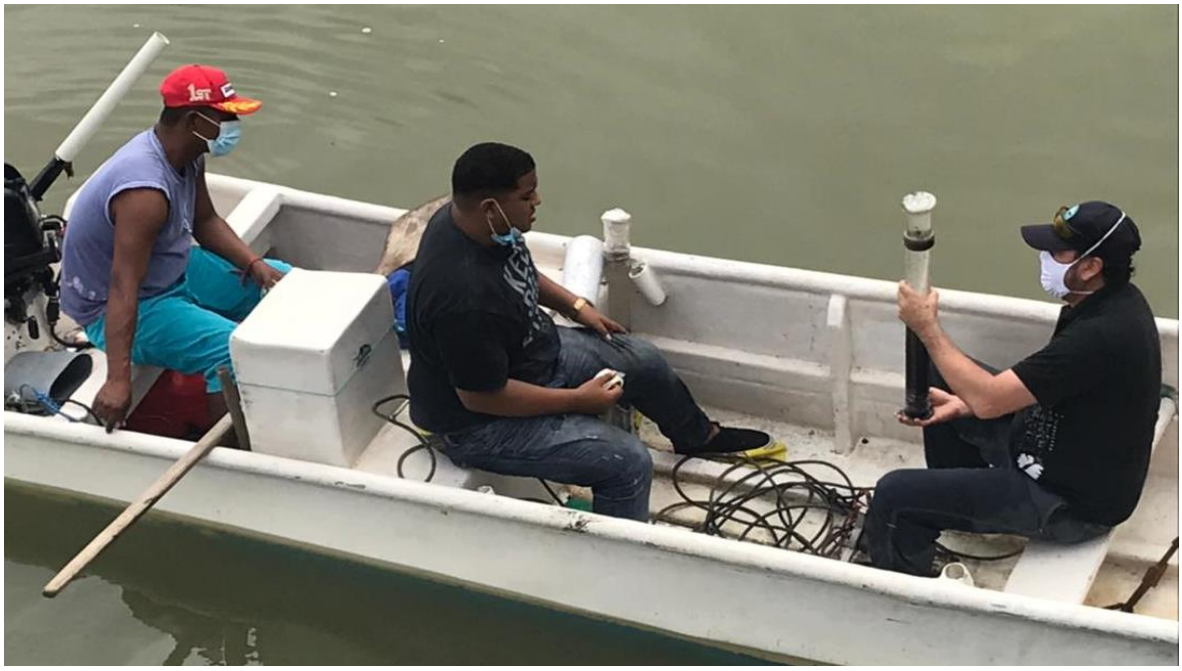
$$\%MOT = ((Ps - PI))/((Ps - Pc))*100$$

Donde:

Pcrisol = Pc

Pcrisol + muestra seca = Ps

Pcrisol + muestra calcinada = Pi



Fotografía 1Muestreo del segundo testigo columnar de sedimento



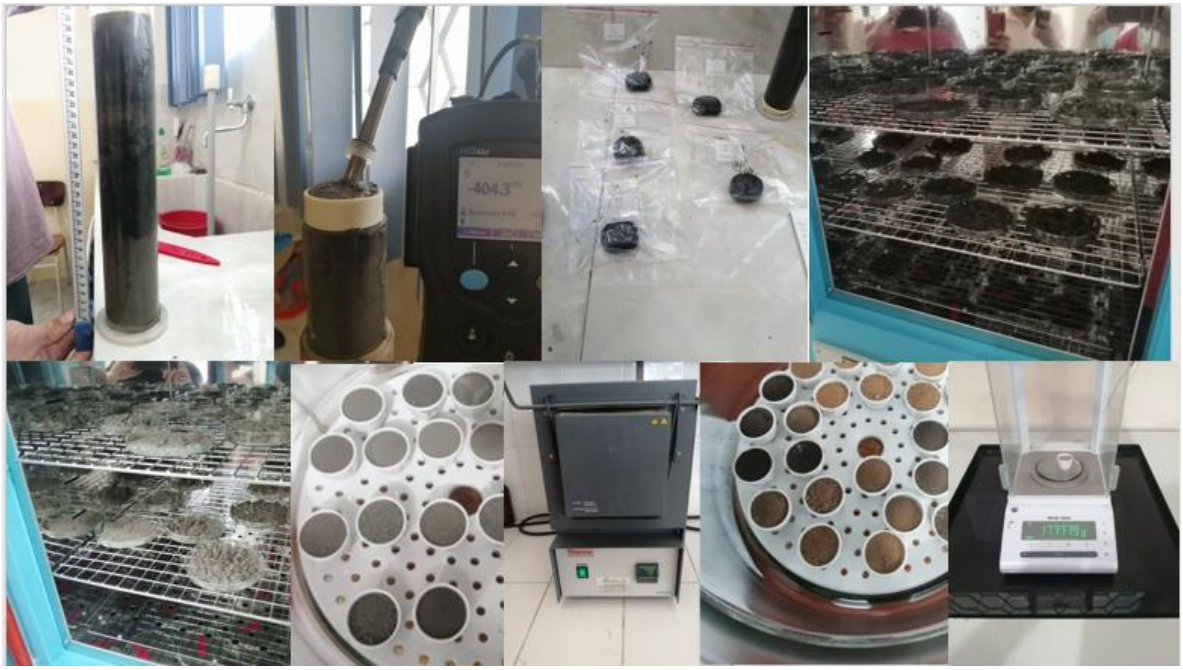
Fotografía 2 Muestras de testigos columnas



Fotografía 3Analisis de Redox en las muestras de sedimentos



Fotografía 4 Colocando las muestras de sedimentos en el horno



Fotografía 5 Registros de paleo ambientales

Estado Ecológico de la dársena

OE3. Evaluar el estado ecológico de la dársena del Puerto de Esmeraldas mediante el análisis de ensambles bentónicos de fondos blandos

Muestreo de Comunidad bentónica

Para la recolección de muestras bentónicas se utilizó la misma draga de Van Venn empleada para muestras de sedimentos para estimación del contenido de metales (43), realizándose 3 dragados por sitio de muestreo dando un total de 27 dragados diseminados en la dársena del puerto Esmeraldas.

En la tabla 1 aparecen las coordenadas de cada sitio de muestro, registrados con un GPS Garmin 66S.

Una vez obtenida la muestra de sedimentos, esta es reducida empleando un tamiz de 500 micras para depositar la muestra concentrada que contiene seres bentónicos hacia un frasco de boca ancha que es completado con alcohol al 70% como agente fijador, las muestras se depositan en coolers hasta su posterior análisis en laboratorio, donde son diseminadas en bandejas con fondo blanco, utilizando lámparas que proporcionen buena luz y se procede a retirar con pinzas los seres observados que se depositan en un frasco de 250 ml de boca ancha reemplazándose el alcohol (44).

Para la identificación de seres bentónicos estos fueron depositados en una caja petri para ser observados con una lupa digital Dino-Lite (Digital Microscope Premier) de 250X, para la identificación de especies se emplearon los siguientes textos:

- Sea tropical shells of western America ,Myra A. Keen (45)
- ,Anélidos Marinos de México y América Tropical, Neon(46) , las bases digitales
- World register of marine species, WORMs[1](47)
- CatalogueofLife (48).

Una vez identificados los organismos, estos fueron contabilizados por sitio de muestreo, ingresándoselos a una plantilla de cálculo Excel.



Fotografía. 6. Depósito de muestras en recipientes plásticos para luego ser colocadas en alcohol



Fotografía 7. Obtención de muestra de sedimento

Análisis de Datos

El análisis de Redox en los testigos columnares de sedimentos y de materia orgánica MOT, se elaboró una tabla en Excel donde se ingresaron datos como, los dos sitios de muestreos, los datos de profundidad, el nivel de Redox de los dos sitios de muestreos y la diferencia del peso quemado, para así utilizar el software estadístico R para realizar diagramas de cajas de bigotes y coeficientes de correlación de Pearson.

Para el análisis de sedimento se elaboró una tabla en cuanto a la abundancia, donde se colocaron los diferentes puntos muestreados y los phyllum encontrados en cada punto, Una vez terminada la tabla se aplicó un programa estadístico Past para realizar índices de diversidad de Shannon-Weaver, Margalef, y el Índice Biótico Marino (AMBI) (49).

Índice de diversidad Shannon-Weaver (H)

El índice de Shannon Weaver refleja diversidad de cierta comunidad sobre la base de dos factores, el número de individuos presente en el área de estudio y la abundancia relativa de cada una de las especies seleccionada de manera aleatoria(50)

La fórmula para calcular del índice de Shannon:

$$H' = -\sum \boldsymbol{pi}(\boldsymbol{log2pi})$$

Donde

S= riqueza de especie.

Pi= abundancia relativa de cada especie.

Log2= abreviatura del logaritmo en base 2.

∑= sobre las “S” especies.

i= número de individuo de las especies.

Índice de diversidad Margalef

El índice de Margalef es una manera sencilla de medir la biodiversidad lo cual proporciona datos de la riqueza especifica en dos factores, el número de especies y el número total de individuos(51).

$$D_{Mg} = (S - 1) / \ln N.$$

S= número total de espécies presentes.

N= número total de individuos.

Índices Biótico Marino AMBI

Para determinará el estado Ecológico de la comunidad bentónica de la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas, una vez tomadas las muestras de sedimentos y limpiar todas las muestras de macro invertebrados se empleó el software estadístico AZTI – AMBI(27).

El índice AMBI se basa en proporcionar una respuesta rápida de los macroinvertebrados sensibles debido a perturbaciones y cambios negativos que se producen en su ecosistema marino(52).Una vez identificada cada una de las especies se las ingresa al software y es asignada a uno de los cinco grupos ecológicos como se lo puede visualizar en la tabla 4 (53).

GI= organismos sensibles a las perturbaciones y la presencia de enriquecimiento orgánico**.**

GII= especies insensibles a las perturbaciones y presencias de enriquecimiento orgánico**.**

GIII= Organismos que toleran la presencia de enriquecimiento orgánico

GIV= especies oportunistas de segunda orden

GV= especies oportunistas de primer orden

Tabla 4Intervalo de AMBI (realizada por Borja, Franco y Pérez 2000)

Clasificación del nivel de contaminación	Coeficiente Biótico	Índice biótico (BI)	Grupo Ecológico Dominante	Salud de la comunidad bentónica
No perturbado	$0.0 < BC \leq 0.2$	0	I	Normal
No perturbado	$0.2 < BC \leq 1.2$	1		Empobrecida
Ligeramente	$1.2 < BC \leq 3.3$	2	III	Desbalanceada
Moderadamente	$3.3 < BC \leq 4.3$	3		Transición a Contaminación
Moderadamente	$4.3 < BC \leq 5.0$	4	IV-V	Contaminada
Altamente	$5.0 < BC \leq 5.5$	5		Transición a Altamente Contaminado
Altamente	$5.5 < BC \leq 6.0$	6	V	Altamente Contaminado
Extremadamente	Azoico	7	Azoico	Azoico

CAPITULO III: RESULTADOS

OE1. Describir el manejo del petcoke del Puerto de Esmeraldas y estimar posibles rutas de contaminación asociado a este compuesto.

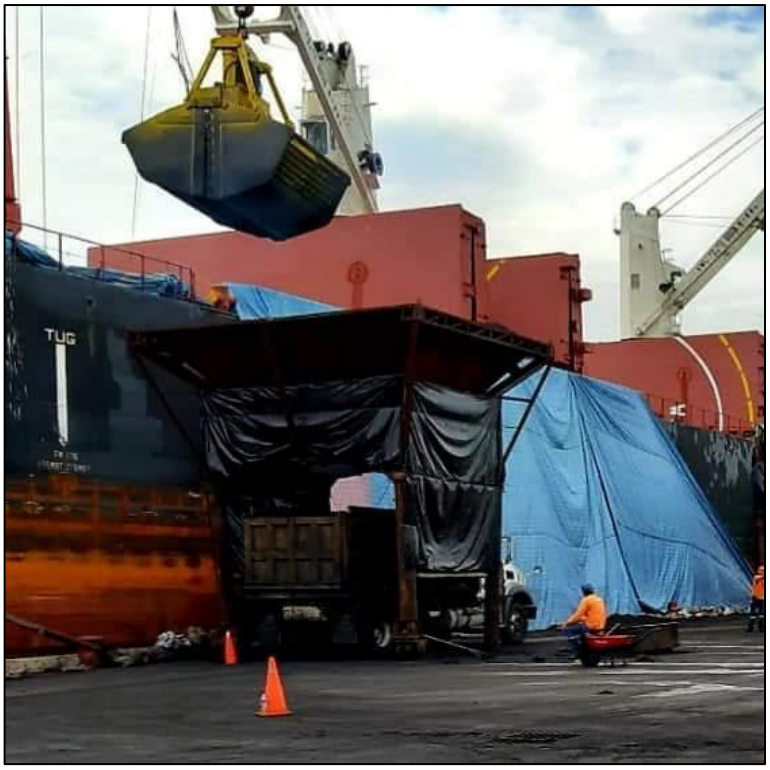
Descripción del manejo del petcoke

La empresa Cargo Port SA esta encargada de realizar la actividad de descarga del petcoke en el Puerto Comercial de Esmeraldas a través de cuatro grúas que tienen una capacidad de 15 toneladas en cada extracción que realizan, una vez llena la grúa del residuo solido (petcoke) es colocado en grandes tolvas donde rápidamente caen a las volquetas y estas al estar llenas en su total capacidad se dirigen a lugar de almacenamiento que es los patios G7.

En la tabla 5 se puede apreciar el periodo de tiempo que el Puerto comercial de Esmeraldas almacena el petcoke en los patios de su infraestructura, empezando desde el año 2003 hasta la actualidad importando un total de 765.000 TM en lo que va en un periodo de 18 años.

Tabla 5 Importaciones anuales de petcoke

Producto	Periodo de Importación del Petcoke						
PETCOKE	AÑO 2003 - 2009	AÑO 2010	AÑO 2011 - 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017- 2019	AÑO 2020- 2021
	315.000	35.000	180.000	30.000	40.000	135.000	30.000



Fotografía 8. Descarga del petcoke en el muelle principal



Fotografía 9. Limpieza del lugar de descarga



Fotografía 10. Lugar de almacenamiento del Petcoke

Rutas de contaminación producidas por el Petcoke

Las posibles rutas que se consideró en la presente investigación están asociadas a la contaminación generada por el residuo solido petcoke son el muelle principal, que tiene una longitud de 350 metros y una profundidad aproximadamente de 11,5 donde se realiza la actividad de descarga del petcoke y otro tipo de mercancías.

Cuando se realiza la operación de descarga de esta materia prima tiende a esparcirse residuos de petcoke por toda el área de desembarque.

Una vez realizada el proceso de descarga se almacena la materia prima en el patio G7 por un periodo de 6 a 9 meses, las condiciones climáticas de verano y de invierno pueden ser posibles causantes de que partículas de petcoke lleguen hasta la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas.

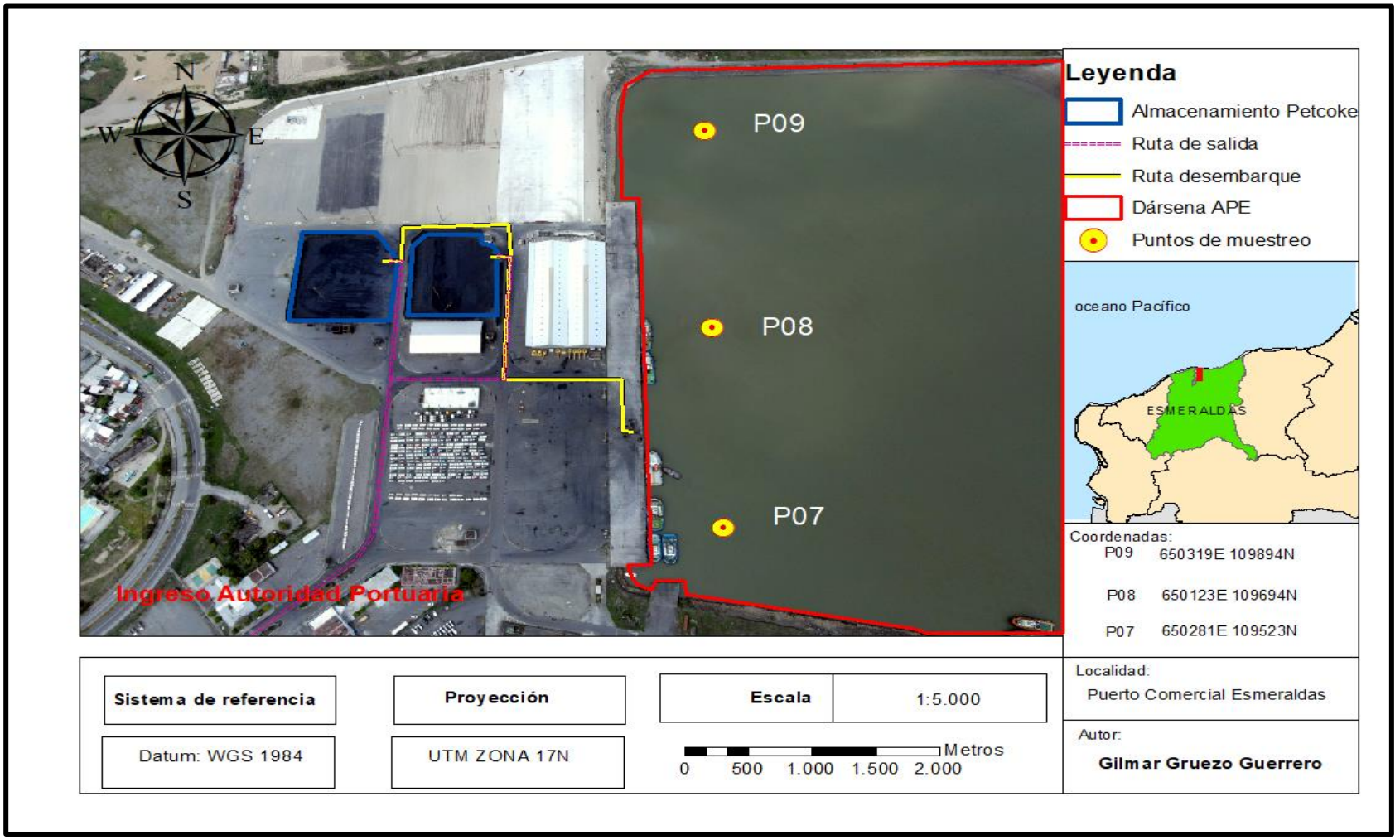


Figura 2 Rutas de maniobras de carga y acumulación del petcoke.

OE2. Determinar el contenido de metales de fondos blandos de la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas.

Estado químico de los fondos blandos

Para determinar en qué estado químico se encuentran los sedimentos se escogieron los metales que están relacionados con el Petcoke.

En la tabla 6, se observa el contenido de metales en sedimentos expresado en mg/kg en los tres sitios de muestreo., Para su interpretación se recurrió a normativas y pautas legales internacionales ya que el Ecuador carece de criterios específicos respecto de la calidad de sedimentos,; empleándose normas de: Australia & Nueva Zelanda, Brasil, Canadá (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life) y una patente de long et al., 1995 (54) .

Los metales escogidos para el presente análisis fueron Azufre, Níquel, Vanadio, Zinc, Plomo, Cobre, en función de revisión bibliográfica del contenido de metales en Coque de petróleo (fig.3). Cabe recalcar que ciertas directrices como las de Australia y Nueva Zelanda tienen valores de referencia provisional altos (ISQG-L) y bajo (ISQG-H), de igual manera las normativa CONAMA 344 de Brasil y de igual manera la patente Long et al., 1995 establecen dos rangos de efectos uno que es bajo (ERL) y el efecto medio (ERM), las concentraciones que se encuentran por debajo del ERL significan un efecto mínimo y si los efectos sobrepasan los límites de ERM ya es considerado un efecto que se da con frecuencia(55) y las norma Canadian Sediments establecen niveles de efecto umbral (TEL) y niveles de efectos probables (PEL), de igual manera se usan para establecer los rangos de concentraciones donde TEL es un rango de efecto mínimo que esta considerado que puede ocurrir rara vez y el PEL es un rango donde los efectos son perjudiciales que ocurren con frecuencia.

Los valores de cobre, en este estudio en el punto de muestreo en la via de acceso fue de 44 mg/kg, para el sector medio fue de 41mg/kg y para el sector del muelle principal fue 68 mg/kg. Según la normativa brasileña y la patente Long et al., 1995 estos valores sobrepasan las directrices de efecto bajo (ERL) y efecto medio (ERM), por lo que es considerado a través de la norma que es un efecto que ocurre con frecuencia, por otro lado en la normativa de Australia y Nueva Zelanda el cobre supera los niveles de bajo impacto como (IQG-L) lo cual

esta considerado como un efecto probable, pero por otro lado el punto cerca al muelle supero las normativa canadiense el efecto umbral (TEL) pero no supera los efectos (PEL) considerándolo como un efecto perjudicial que ocurre ocasionalmente.

Los valores de Níquel en las estaciones de vía de acceso dieron un valor de 19 mg/kg, para el sector medio fue de 16mg/kg y el muelle principal fue de 17 mg/kg refleja que está superando por lo mínimo los límites de efectos TEL de la norma para sedimentos marino canadiense considerando que el efecto se puede estar produciendo en ocasiones. Por otro lado, los valores de Níquel no alcanzan los niveles de bajo impacto de las normativas de Brasil y Australia.

Los valores obtenidos Plomo y Zinc en los 3 sitios de muestreos no superan ninguna de las 3 normas establecidas internacionalmente arrojando valores que se encuentran muy por debajo de los efectos mínimos de cada normativa.

Los Metales pesados como el Vanadio en los análisis químicos en la vía de acceso dio un valor de 35 mg/kg, en el sector medio fue de 32 mg/kg y en sector del muelle principal se obtuvieron valores de 43mg/kg dando un promedio de 36.6 mg/kg por otro lado, el Azufre reflejo valores muy elevados en los 3 puntos de muestreos dando un porcentaje de 63.49 mg/kg pero estos dos elementos no son regulados en ninguna de las normas establecidas internacionalmente .

Tabla 6Tabla comparativas de pautas legales internacionales para calidad de sedimentos (55)

Metales (mg/kg)	Vía de Acceso	Sector Medio	Muelle principal	According to CONAMA 344/2004 (Brasil)(55) and Long et al., 1995(56)		Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality…ANZECC & ARMCANZ – 2000 / Directrices de calidad de sedimentos(57)		Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life(58)	
				ERL	ERM	ISQG- L	ISQ–G - H	TEL	PEL
Plomo	4.9	4.7	7.2	46.7	218	50	220	30.2	112
Níquel	19	16	17	20.9	51.6	21	52	15.9	42.8
Vanadio	35	32	43	*	*	*	*	*	*
Cobre	44	41	68	34	20	65	270	18.7	108
Zinc	60	56	98	150	410	200	410	124	271
Azufre	5235	4756	9056	*	*	*	*	*	*

*No tiene Limites no establecidos.

ERL, Rango de efectos bajo

ERM, Rango de efecto medio

ISQG-L, Directriz provisional de calidad de sediments - bajo

ISQG-H, Directriz provisional de calidad de sediments - alto

TEL, nivel de efecto umbral

PEL, Nivel de efecto probable

Análisis de contenido de metales en sedimentos.

En la figura 3 aparecen el contenido de los 5 metales/metaloides que son característicos del petcoke, donde se observa que los valores obtenidos en la vía de acceso donde se ingresa a la dársena son bajos, pero a medida que se acerca al muelle principal los valores se incrementan, siendo el muelle principal uno de los lugares con más contenido de metales pesados analizados en sedimentos.

Los mayores contenidos de metales pesados en sedimentos del muelle principal se atribuirían a que, las maniobras de desembarques del petcoke son realizadas ahí y los residuos que caen van a parar al cuerpo de agua que se encuentra en la dársena.

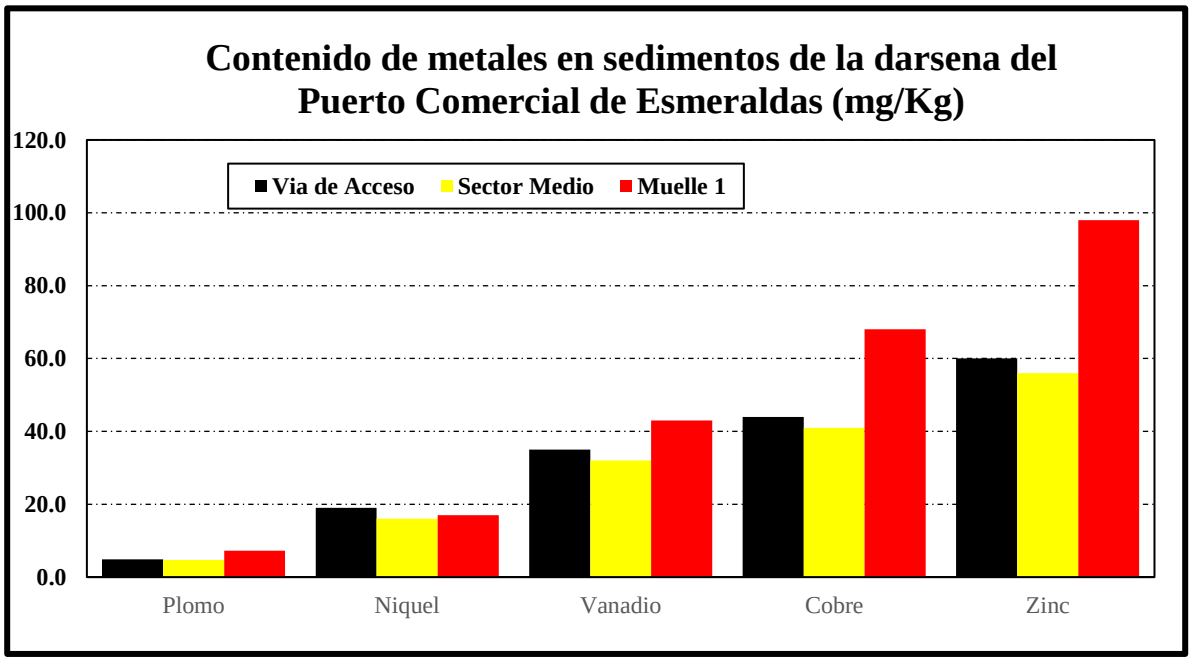


Figura 11. Valores obtenidos de los elementos en la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas

En la figura 4 se observa el análisis del Azufre en los sedimentos de los tres sitios de muestreos, las concentraciones se registraron altas en los tres sitios, pero la mayor concentración fue en el muelle principal.

Los valores obtenidos del azufre se reflejan en la tabla 6 y es uno de los elementos que más se caracteriza al petcoke, pero no es regulado por ninguna normativa sobre los criterios de calidad de sedimento.

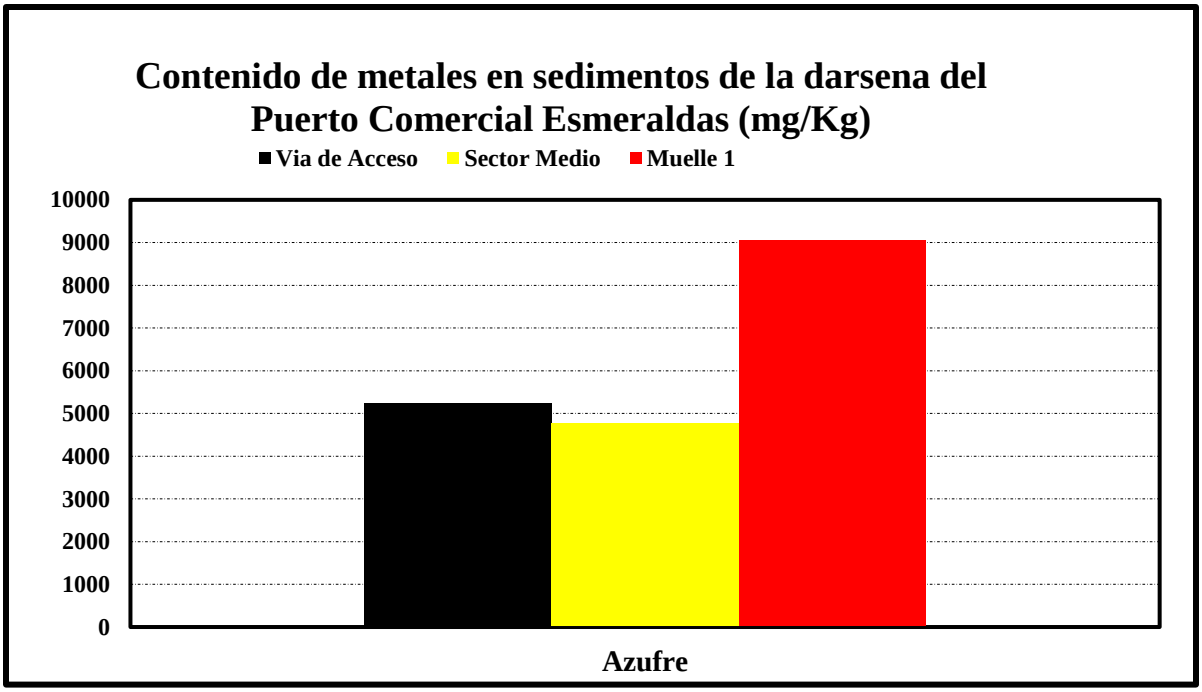


Figura 20. Contenido de Azufre en sedimentos de la Dársena del Puerto Comercial Esmeraldas.

Contenido de materia orgánica

En la figura 5 se observar que el sitio 1 que se encuentra a la entrada de la dársena no muestra una mayor acumulación de materia orgánica en los primeros centímetros y que a mayor profundidad existe menos correlación en cuanto a la materia orgánica.

El sitio dos ubicado en proximidades del muelle principal presenta un mayor contenido de materia orgánica en prácticamente los 26 cm de profundidad del testigo respecto del sitio 1. Esta mayor acumulación de materia orgánica en el sitio 2 se atribuiría a que en aguas con menor movimiento (más abrigadas) permitirían una mayor "lluvia" de solidos sedimentables que en el sitio 1 donde habría un mayor movimiento de agua y por ende mayor arrastre de sedimentos.

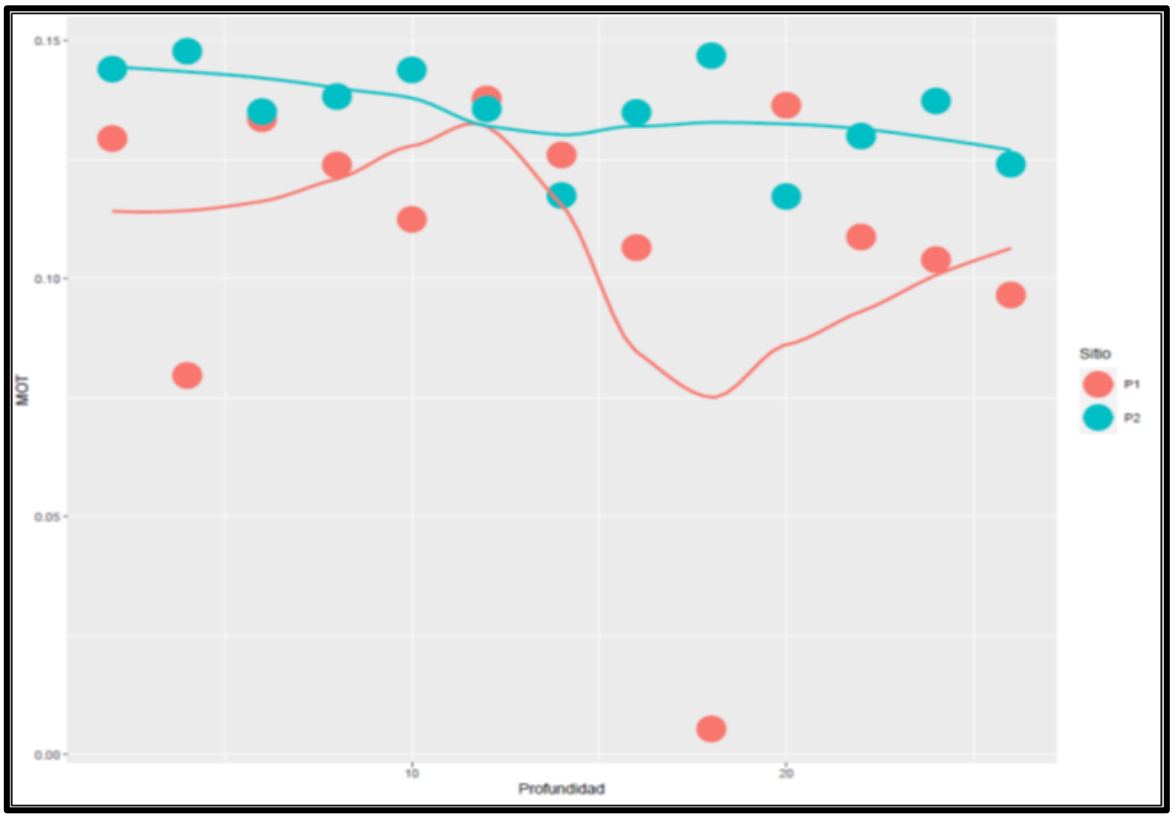


Figura 29. Contenido de Materia orgánica en sedimento de la Dársena del puerto Comercial

Relación contenida de materia orgánica y Redox.

En la figura 6 se observa la relación del Redox y la MTO, donde en el punto presenta niveles de Redox buenos a diferencia del punto dos que tiene una materia orgánica acumulada los niveles de Redox son muy malos

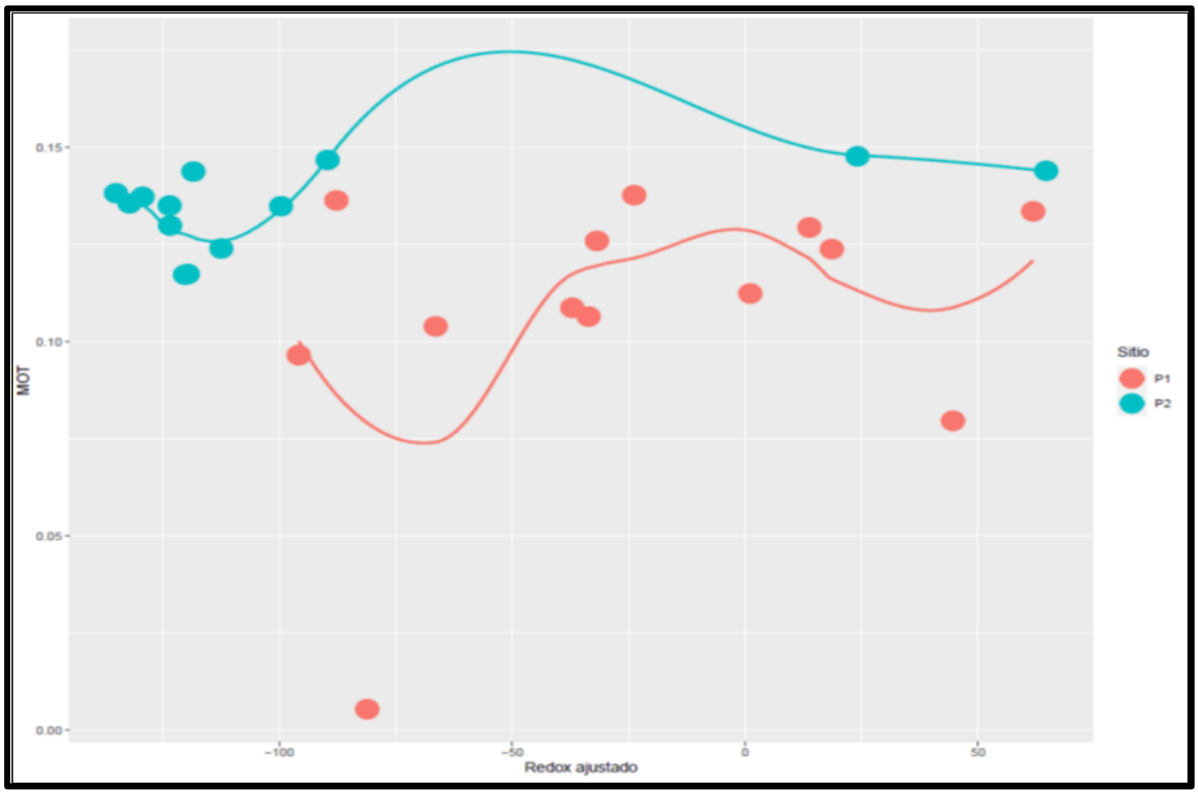


Figura 38. Relación de MOT y Redox de la Dársena del puerto comercial de Esmeraldas

Análisis de Redox relacionado con la profundidad.

Se observa que en la figura 7 el punto 2 que se encuentra cerca al muelle los dos primeros centímetros presenta buen nivel de Redox en la superficie, pero existe una baja escases Redox en la profundidad superando los menos 100 que quiere decir que es baja la calidad de oxígeno, pero no está considero como un serio problema químico.

En el punto 1 se observa una mayor acumulación de oxígeno en los 6 primeros centímetros de la superficie existe una disminución, pero se encuentra es mejor estado que el punto cerca al muelle.

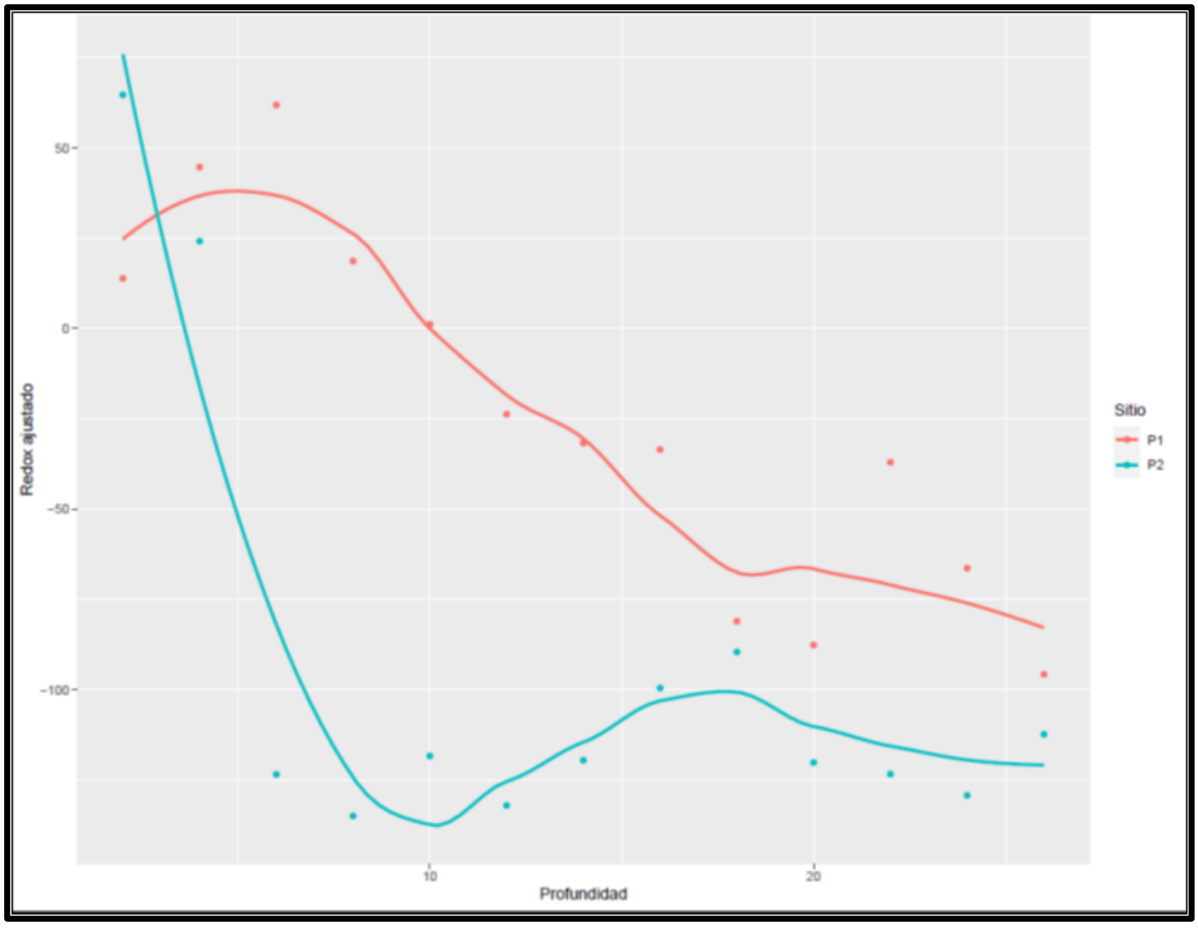


Figura 47. Comportamiento de Redox relacionado con la profundidad.

Comparación de Redox por puntos de muestreos.

Se observar en la figura 8, se refleja una comparación notable del Redox en los dos puntos de muestreo, donde el punto 1 ubicado en la vía de acceso, el Redox se encuentra en niveles estables a diferencia del punto 2 que se encuentra cerca al muelle representando niveles más bajos de oxígenos.

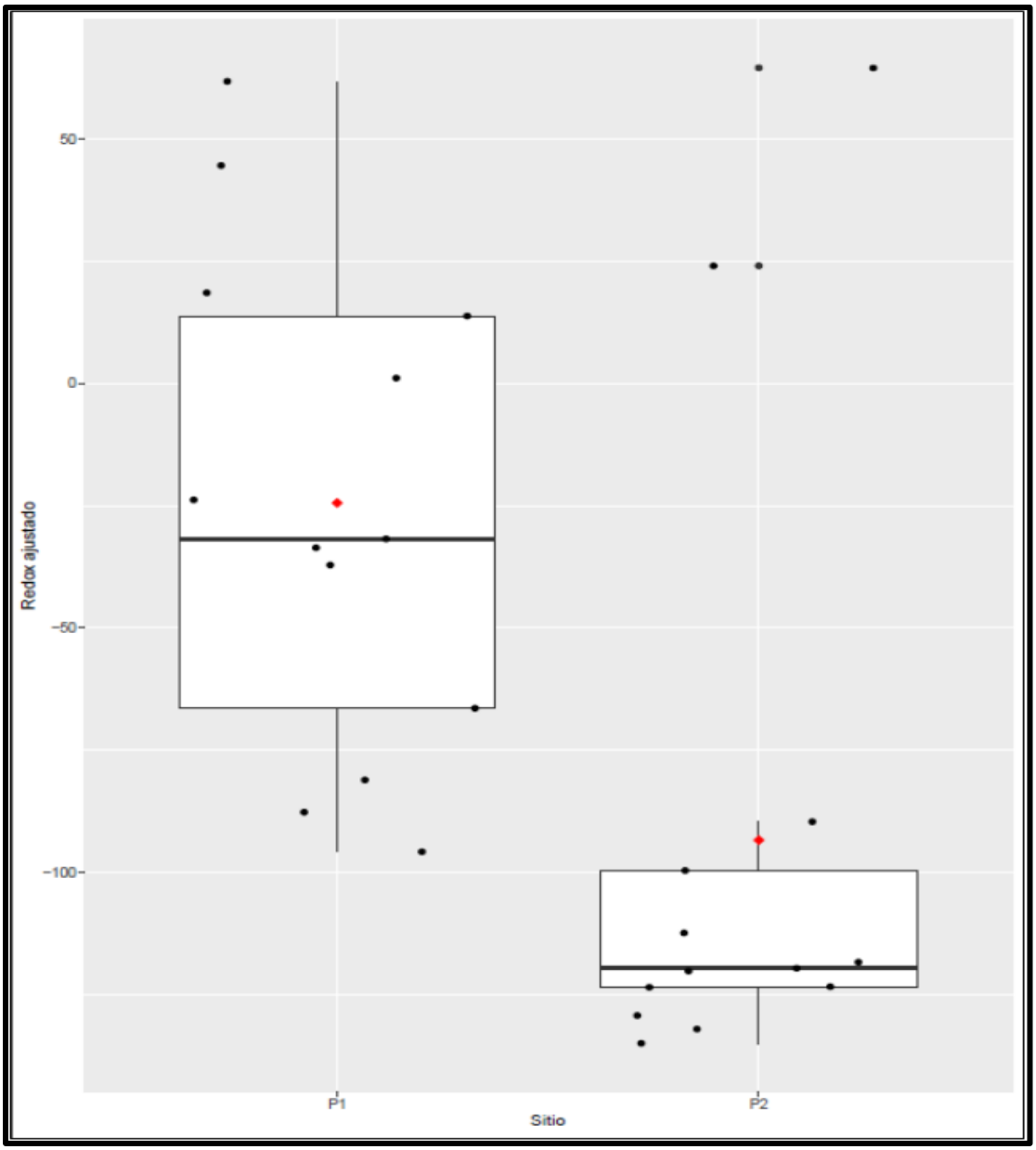


Figura 54. Comparación del Redox en el sedimento en los dos puntos de muestreo.

Estado Ecológico de la Dársena mediante ensamble bentónicos

OE3. Evaluar el estado ecológico de la dársena del Puerto de Esmeraldas mediante el análisis de ensambles bentónicos de fondos blandos

Especies Bentónicas	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9
Exogonoides sp	8	16	8	22	12	2	23	4	2
Nephtys sp2	1	5	1	2	4	3	1	0	0
Lumbrineridae nasuta	3	3	0	0	0	0	0	0	0
Nereididae	4	0	0	0	1	0	0	0	0
Nereis succinea	0	0	5	2	2	1	2	1	0
Eunicidae (Berthold, 1827)	0	3	0	0	1	0	0	0	0
Nemertea	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Capitellidae	0	8	5	4	0	4	3	0	0
Arenícola sp	2	4	3	0	1	4	1	0	0
Pilarguidae	1	0	1	0	0	0	2	2	1
Phyllodocidae	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Nereididae	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Echinocardiun cordatum	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Priapulus sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Tellina Esmeraldas	1	0	0	0	0	3	1	0	0
Anadara adamsi	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Mytella guyanensis	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cosmioconcha redherri	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmioconcha palmeri	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Epitoniidae Berry	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Protrachypene precipua	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pinnotheridae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Camarón aristeidae	0	0	0	2	0	0	0	0	0

Riqueza de Especies Bentónica

En la figura 9 indica la riqueza de especies bentónicas, donde encontramos un total de 23 especies en la dársena, los puntos 1 y 2 son los puntos que más riqueza tienen de todos los puntos analizados con un total de 4 especies, seguido de los puntos 6 y 9 que tiene 3 especies y el punto más bajo fue el punto 5 que solo se obtuvo una especie.

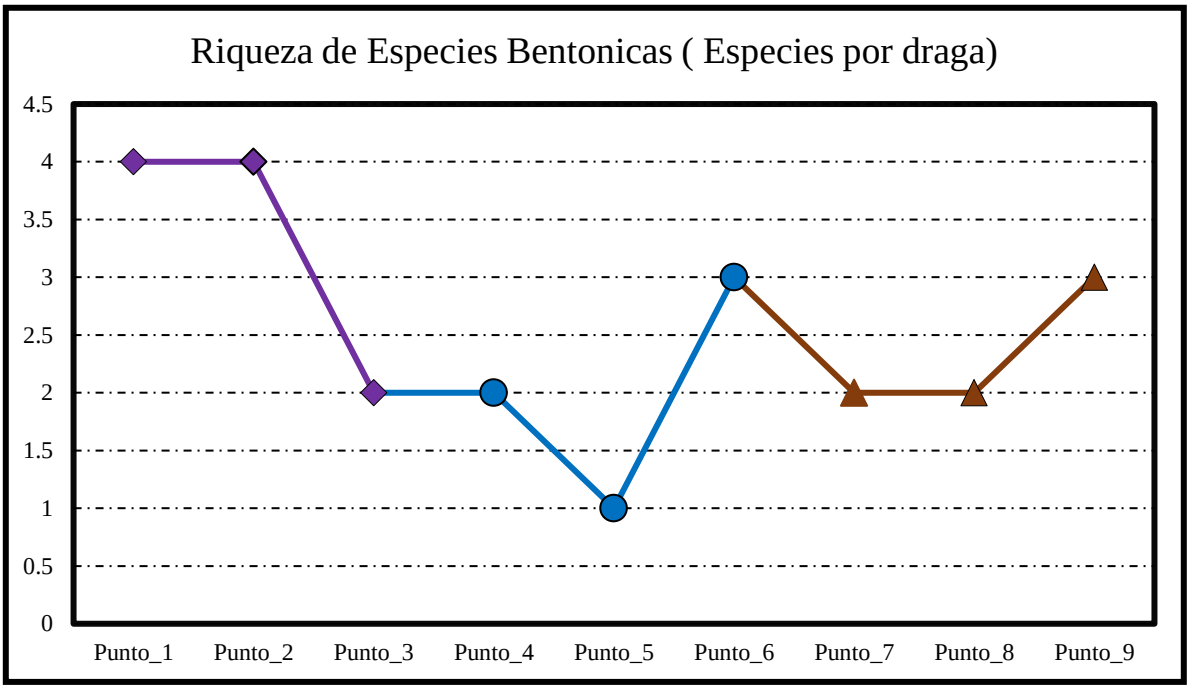


Figura 9. Riqueza de Especies Bentónica

Sitios	Lugar de muestreo
P1 – P3	Entrada de la Dársena
P4 - P6	Mitad de la Dársena
P7 – P9	Muelle Principal

Composición de ensambles bentónicos

En la figura 10, se muestra la distribución de los seres bentónicos agrupados por clase, donde se puede apreciar que los puntos 1 y 2 son los puntos que tienen 4 clases distintas de especies donde la más abundante fue la Polychaeta con más del 75%, seguida de Echinidae, Gasterópoda y Bivalvia. En la mitad de la Dársena el punto 5 con un 100% domina la clase Polychaeta. En los tres puntos muestreados cercanos al muelle principal tenemos que la clase Polychaeta sigue dominando, pero en el punto 9 se obtuvo las clases de Malacostraca y Bivalvia con un porcentaje de 10%

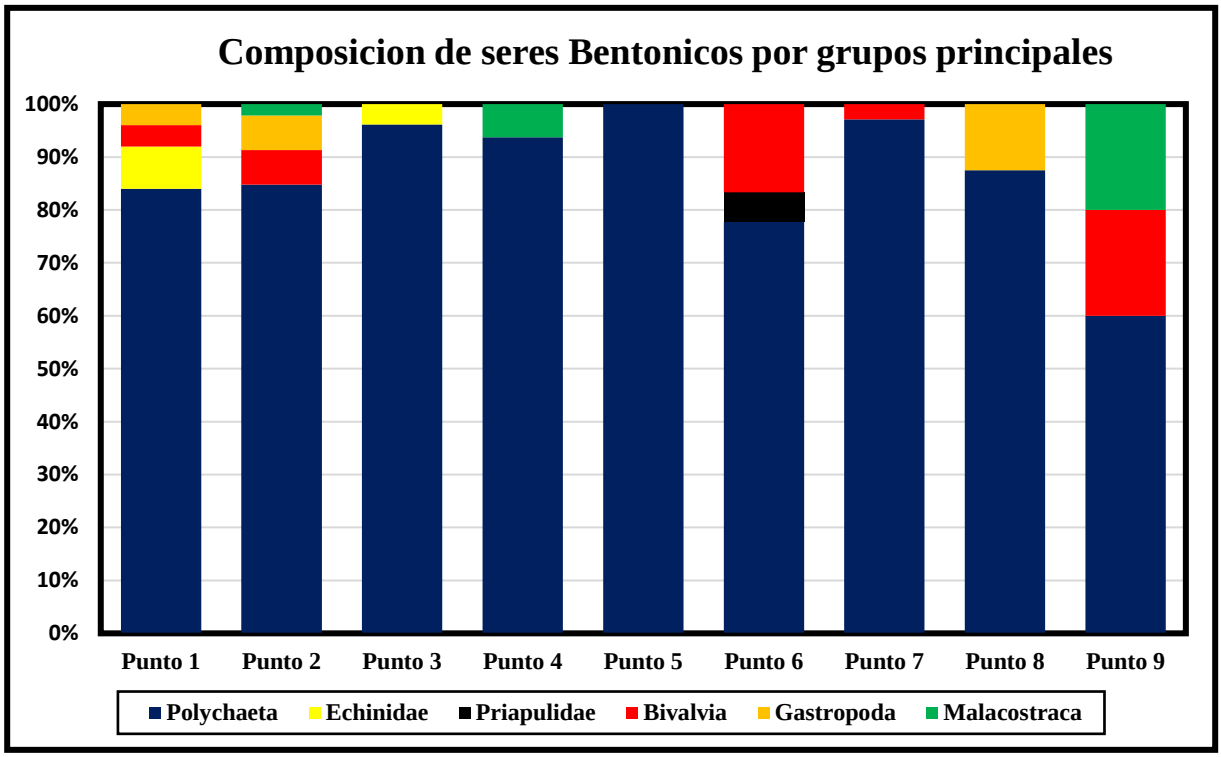


Figura 10. Composición de seres Bentónicos por grupos principales

Estimación de índice de diversidad

Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H)

En la figura 11 muestra la diversidad bentónica obtenida en la dársena del Puerto Comercial según el índice de Shannon Weaver, en el grafico todos los puntos muestreados están por debajo del 1.5 se asume que el área tiene muy baja diversidad se consideraría una zona con altas perturbaciones

Es importante mencionar que si los valores hubieran sobrepasado los límites de 1.5 a 3 se considera una diversidad intermedia por otro lado, si se hubieran reflejado lecturas que sobrepasen los límites de 3 puntos el índice de Shannon estimaría una comunidad diversa de buena calidad ambiental.

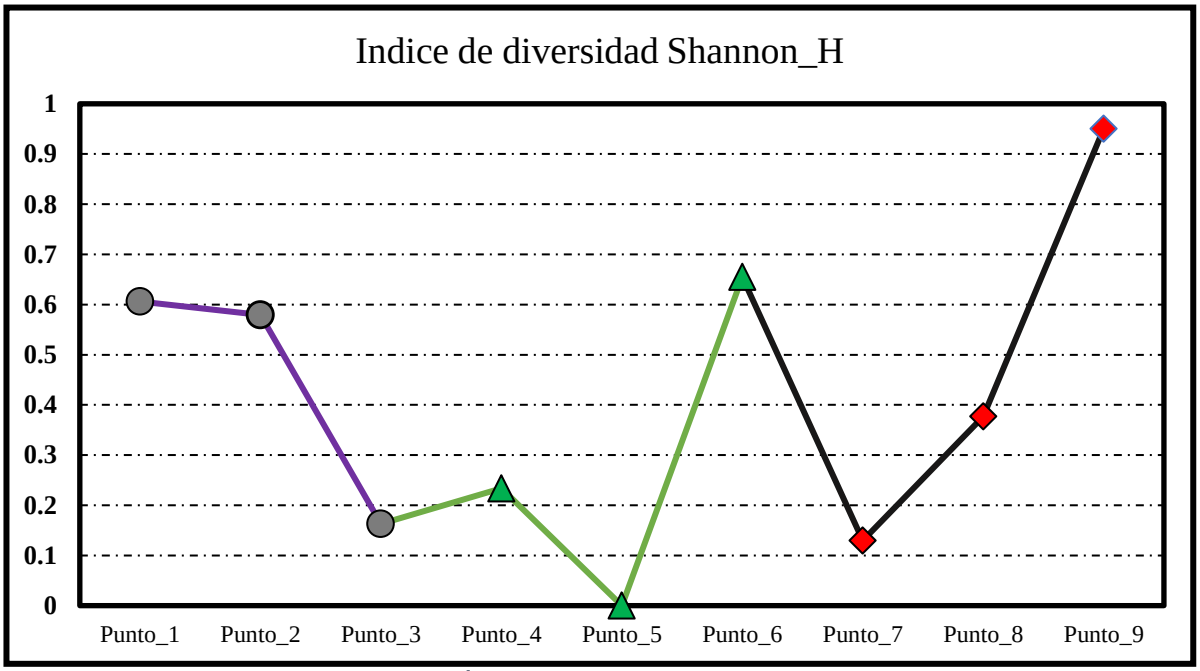


Figura 11. Índice de diversidad Shannon

Sitios	Lugar de muestreo
P1 – P3	Entrada de la Dársena
P4 - P6	Mitad de la Dársena
P7 – P9	Muelle Principal

Índice de diversidad de Margalef

En la figura 12 se observa el índice de diversidad de Margalef, pudiéndose notar que los tres primeros puntos que se encuentra en la entrada de la dársena se encuentran con valores por debajo de 1, en la mitad de la dársena los puntos 4,5 y 6 con valores por debajo de 0.8 notándose que el punto 5 esta con un valor de 0, eso quiere decir que en este punto no se reflejó diversidad de especie, en los puntos que se encuentran cerca al muelle indica que el punto nueve tiene un valor que supera al 1 siendo uno de los puntos con más diversidad de especie.

Teniendo en cuanta los valores que refleja el índice de Margalef en la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas, se encuentra con una biodiversidad baja. Es importante mencionar que el Índice de Margalef los valores son menores a 2 son considerados como un ecosistema con baja biodiversidad y si los valores son superiores a 5 la biodiversidad.

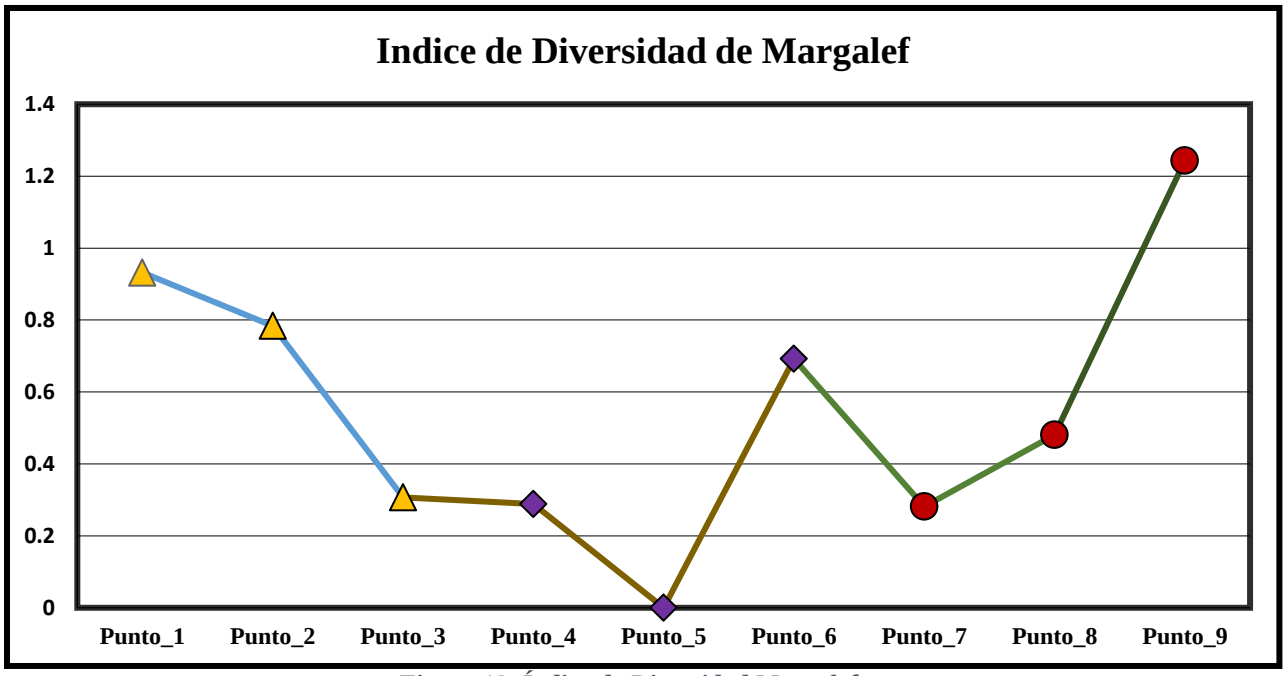


Figura 12. Índice de Diversidad Margalef

Sitios	Lugar de muestreo
P1 – P3	Entrada de la Dársena
P4 - P6	Mitad de la Dársena
P7 – P9	Muelle Principal

Abundancia de Individuos Bentónicos.

En la figura 13 muestra la abundancia bentónica en la dársena del Puerto Comercial, con 45 individuos el punto 2 siendo uno de los puntos más alto en abundancia de todos los puntos muestreados con las clases Polychaeta, Bivalvia y Gasterópoda, seguido del punto 7 que tiene un total de 35 individuos que están conformados por las clases Polychaeta y Bivalvia y los puntos 8 con 8 individuos y el punto 9 con 5 individuos siendo los puntos que menos abundancia de individuos reflejan en la dársena del puesto comercial .

Los valores que refleja la figura 13 los primeros puntos poseen un alto valor abundante de seres bentónicos y a medida que se acerca al muelle principal indica cómo se disminuye el porcentaje de especies encontradas.

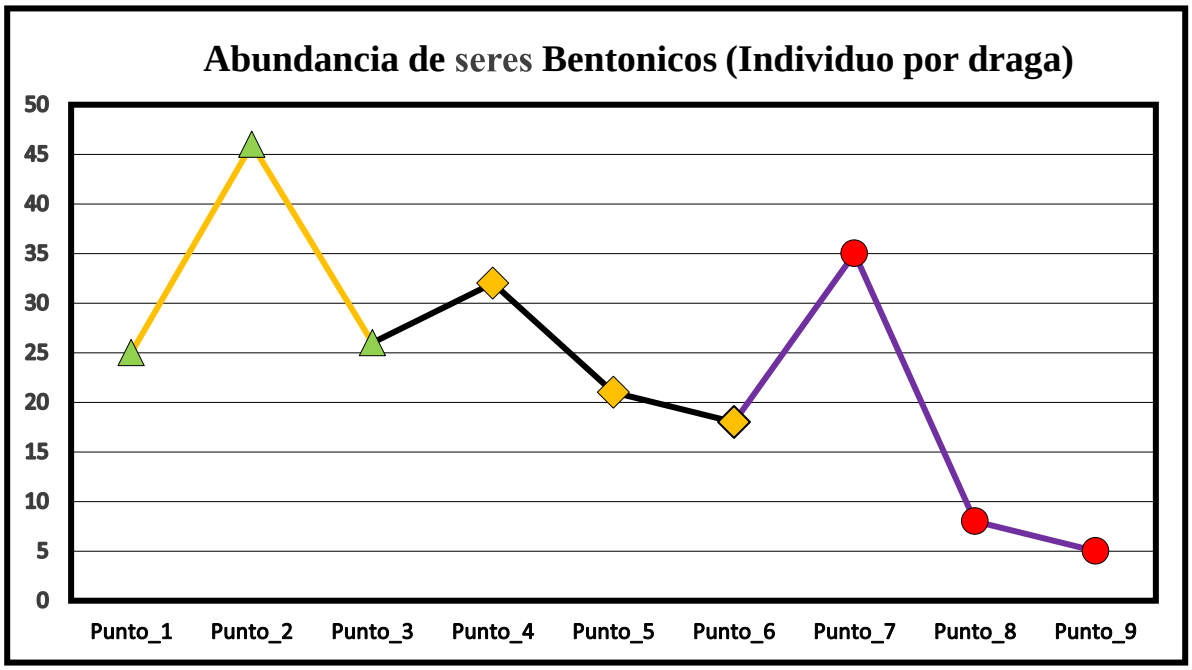


Figura 13. Abundancia de Individuos Bentónicos en la Dársena del puerto comercial

Sitios	Lugar de muestreo
P1 – P3	Entrada de la Dársena
P4 - P6	Mitad de la Dársena
P7 – P9	Muelle Principal

Abundancia relativa de seres Bentónicos en el área

En la figura 14 se observar la abundancia relativa de todos los seres Bentónicos en el área de estudio, donde la familia *Exogonoidea sp* es la más abundante con 95 individuos cubriendo así un 45% de todas las especies encontradas seguida de la familia Capitelidae con 24 individuos cubriendo así un 11%. Las familias menos abundantes son Epitoniidae, Priapulus y Pinnotheridae con 1 individuo de cada una de las especies cubriendo así un 0% en la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas.

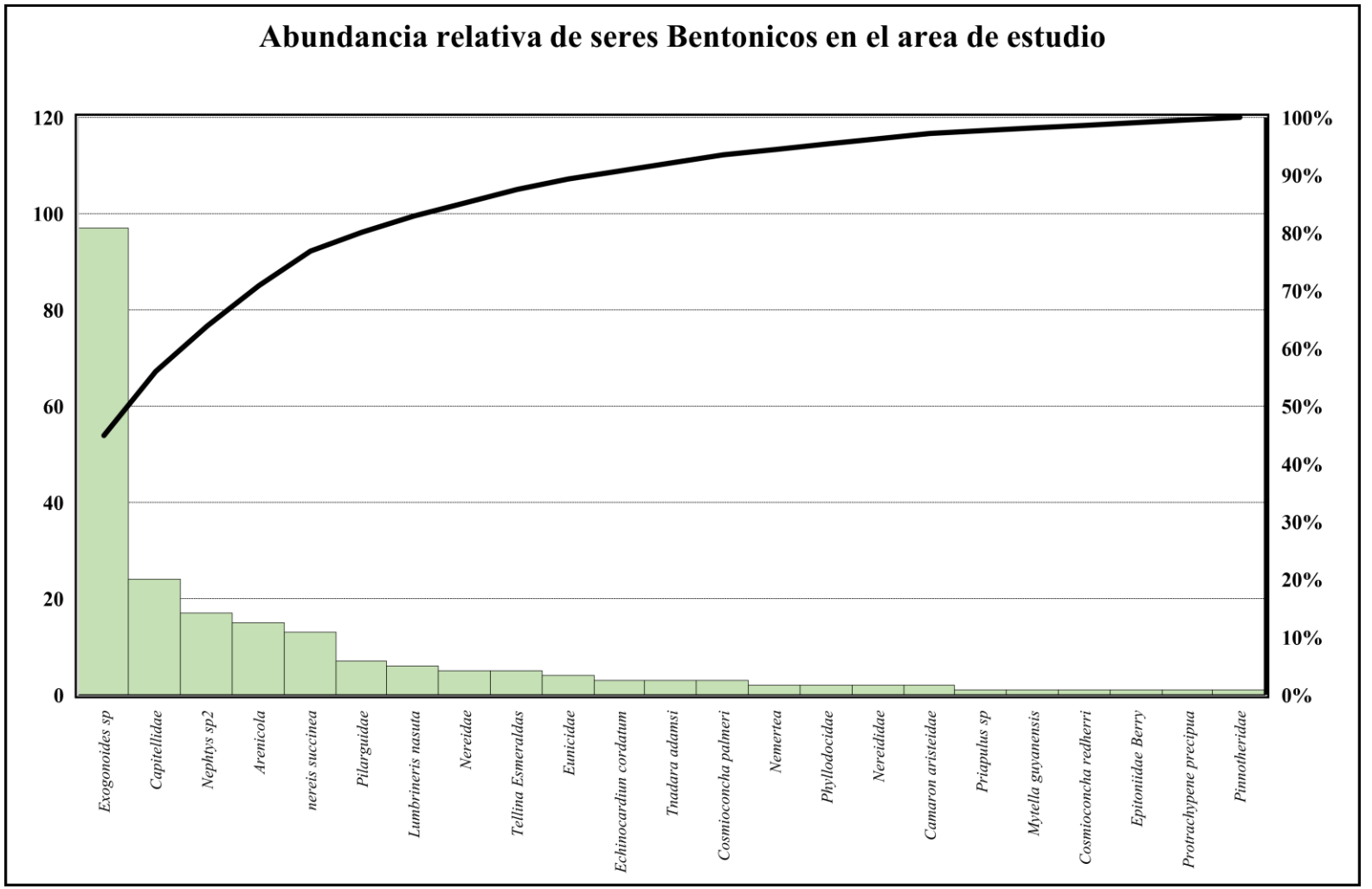


Figura 14. Abundancia porcentual relativa de seres Bentónicos en el área de estudio

Análisis M- AMBI

El software M-AMBI fue utilizado para determinar en qué estado de perturbación se encuentran los seres Macroinvertebrados bentónicos que habitan en los nueve puntos muestreados en la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas.

En la figura 15 y 16 se observa mediante histograma las diferentes perturbaciones obtenidas en los nueve puntos muestreados, clasificándolos en los 5 grupos ecológicos.

Los valores registrados se alinean en los grupos II donde está considerado como un nivel de perturbación (No perturbado), seguido del grupo III (Ligeramente perturbado) que fue el grupo que predomino en la mayoría de los puntos muestreados.

A pesar de tener la mayoría de los valores reflejados al grupo III, el software AMBI determina que la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas se encuentra ligeramente perturbado.

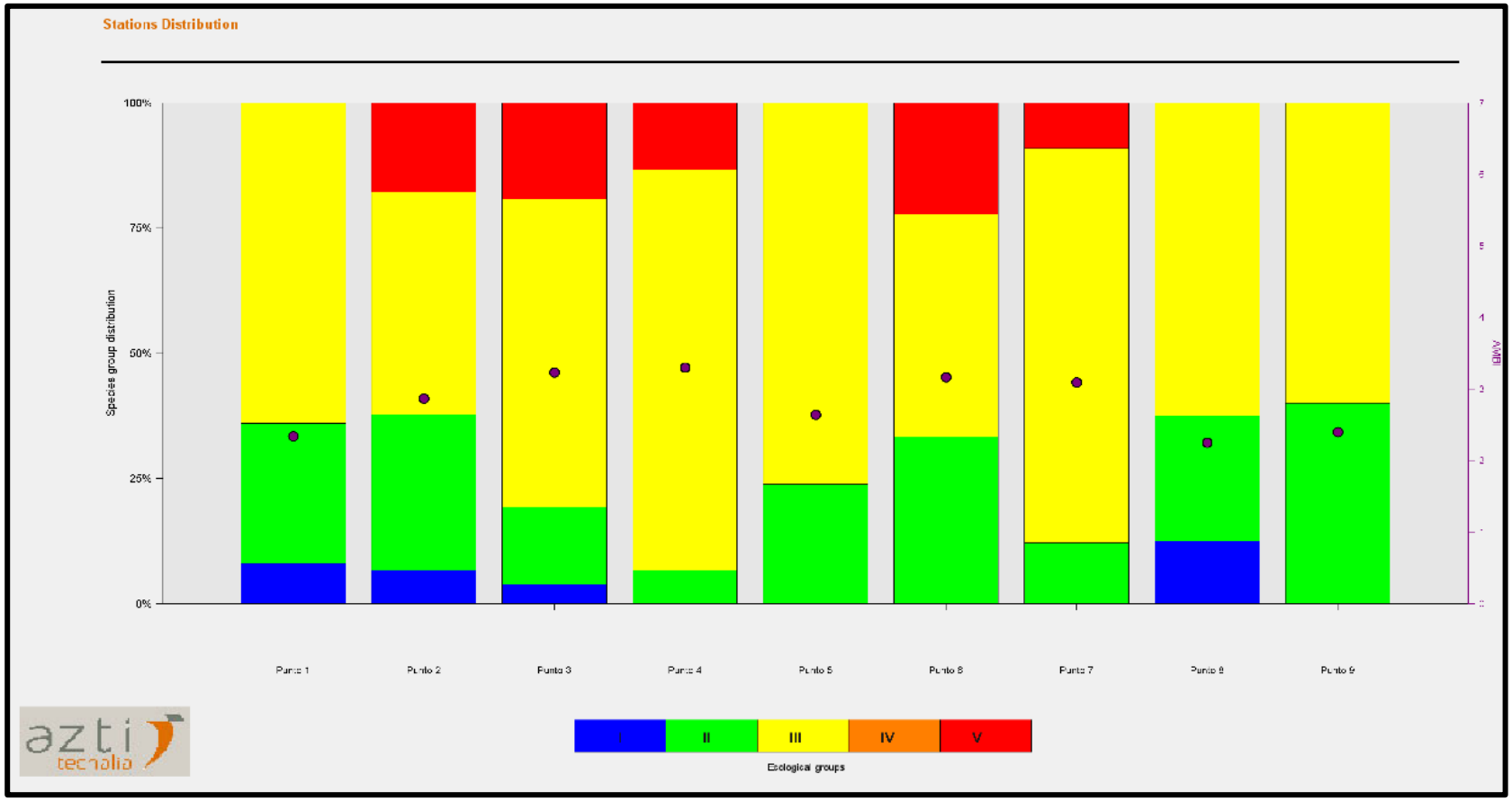


Figura 15. Histograma de Grupo de especies de distribución en la Dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas

.

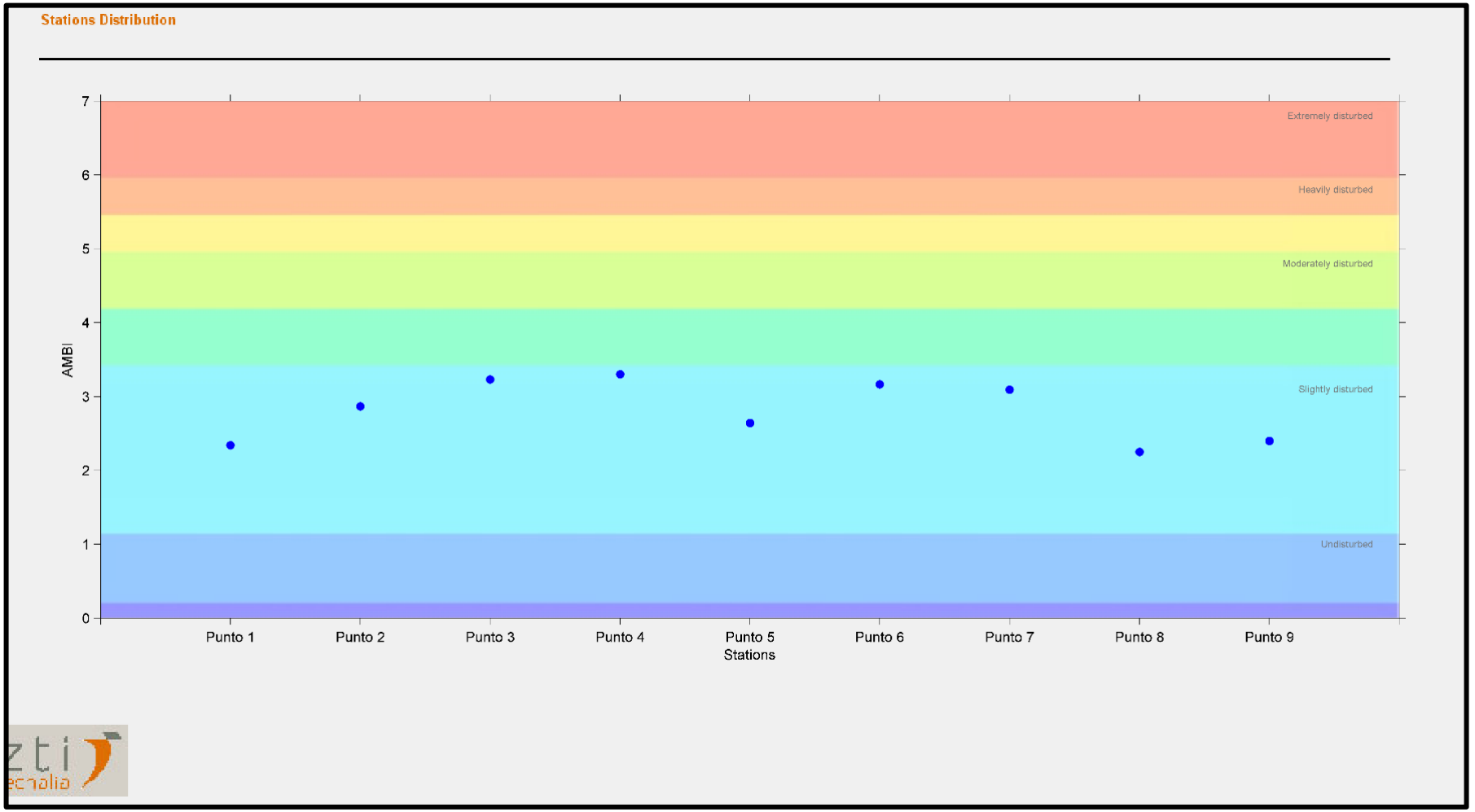


Figura 16. Resultados de las localidades de muestreos, donde los puntos representan el valor medio del índice AMBI

CAPITULO IV: DISCUSION

El Petcoke como residuo sólido derivado del proceso de refinación del petróleo, es importado por la cementera UNACEM Ecuador hasta el Puerto Comercial de Esmeraldas, para la fabricación del cemento Selva Alegre, este subproducto se lo viene importando desde el año 2003 hasta la actualidad, un promedio anual mente alrededor de 42.500 TM , con ciertas variaciones cada año, según datos estadísticos del Puerto Comercial de Esmeraldas desde el año 2003 hasta el año 2021 se han importado 765.000 TM de Petcoke.

La Unidad de Ambiente del Departamento Seguridad Integral del Puerto Comercial de Esmeraldas, para evitar la expansión de las partículas del Petcoke en las comunidades aledañas al Puerto en el año 2017 implementaron en el patio de almacenamiento G7, cortinas rompe vientos de malla geotextil con la finalidad de minimizar los efectos contaminantes que genera este subproducto; no cuenta con cubierta, que evite la contaminación al medio ambiente, producto de aquello las alcantarillas de aguas lluvia y los patios se encuentran cubiertos de este producto químico, cuando se termina el proceso de descarga del petcoke el personal operativo lava el muelle con agua a presión, en temporada invernal este subproducto va directo a la dársena(59).

En los actuales momentos si existiese una normativa que se aplique en los Puertos Comerciales en cuanto a la carga y descarga del petcoke, y otros productos contaminantes, el Puerto Comercial de Esmeraldas al no realizar el correcto proceso de descarga y no poseer una licencia ambiental el puerto no tendría una certificación de gestión ambiental en cuanto al manejo del petcoke

La terminal Portuaria de Esmeradas no cuenta con tecnología y estructura en comparación con otros puertos comerciales de Latino América. Esta comparación permite tener de referencia el desarrollo de las operaciones de carga y descarga del petcoke en puertos como el Coatzacoalcos en México, las operaciones se realizan aprovechando la misma estructura de los barcos, con la única diferencia que la terminal portuaria de México, utiliza un sistema mecanizado de bandas permitiendo que sus operaciones sean eficientes mediante la

optimización de tiempo y un proceso adecuado de carga y descarga del petcoke para a su vez reducir el impacto ambiental que afecten el ecosistema marino.

En párrafos anteriores se manifiesta que el Puerto Comercial de Esmeraldas no cuenta con una estructura y tecnología para el adecuado manejo del Petcoke, investigaciones realizadas en otros Puertos Comerciales en diferentes países se evidencia que existen Domos de almacenamientos para el Petcoke, países como Taiwán, Túnez, Indonesia, Florida en Estados Unidos, México utilizan este tipo de estructura geométricas que protegen el medio ambiente(60).

Según los datos proporcionados en la tabla 4 del análisis químico a los sedimentos, se obtuvo como resultado al Plomo, Cobre, Zinc, Azufre, Vanadio, Níquel, metales pesados que son característicos por actividades industriales o petroleras contrastando con normas internacionales tales como la resolución CONAMA n 344/ 2004 Brasil(55) y la patente de Long et al., 1995 para Estados Unidos (54) y las directrices Australiana & Nueva Zelanda para la calidad de sedimentos de agua dulce y marina(57), y la norma Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (58), Cu en los tres puntos de muestreo según el análisis químico sobrepaso los niveles de efectos bajo (ERL) y los efectos moderados (ERM) de la norma Brasileña y la patente Long et al., 1995, a su vez tomando como referencia el punto de muestreo el muelle principal sobrepaso el nivel bajo (ISQG-L) de la norma Australiana y Nueva Zelanda.

El análisis químico realizado en el muelle principal el Cu supero los niveles de efecto umbral (TEL) de la norma canadienses. Valdez et al., (2010)(61) Indican que las concentraciones de Cu pueden relacionadas a las actividades periódicas del dragado realizadas en los sitios de atraques de las embarcaciones.

De acuerdo a los análisis químicos que se realizó en esta investigación el Vanadio en los tres puntos de muestreo dio un promedio de 36.6 mg/kg, el Azufre reflejo valores muy elevados en los tres puntos de muestreos con un promedio de 6349mg/kg, que equivale a un porcentaje de 63,49 mg/kg. Dado que estos metales no son regulados por las normas internacionales debido a que estos tienden a ser muy amplios en el ecosistema marino.

Jake,A.et al., (2016) (32) en su artículo científico manifiestan que las composiciones del petcoke están denominados por metales como C, S, SI, AL, V, Ni.

LenneR. F, et al., (2011) (31) en su investigación sobre el Petroleum coke y los sedimentos de releave blandos en humedales artificiales indican que el petcoke contiene concentraciones elevadas de Azufre, Vanadio y Níquel, por lo tanto se puede concluir que los metales identificados en el análisis químicos de esta investigación podrían ser productos del petcoke derramado en la dársena

Para determinar el estado ecológico en que se encuentra la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas los ensambles bentónicos son útiles porque a través de ellos se puede evaluar en qué estado se encuentra el cuerpo de agua, debiéndose profundizar el conocimiento de estos seres.

Las especies de macro invertebrado bentónicos que se encontraron en el área de estudio pertenecen a 6 phyllum y 7 clases; los 9 sitios de muestreo de la dársena del Puerto Comercial Esmeraldas fueron agrupados en 3 “bandas” a diferentes distancias del muelle principal, asociadas a estaciones principales que fueron canal de acceso, el sector medio y el muelle principal como se observa en la figura 1.

En el canal de acceso la clase Polychaeta es la especie más abundante y diversa alrededor de un 75%, seguida de la clase Gasterópoda y Echinidae y Bivalvia, en el sector medio de la dársena la clase Polychaeta en el punto 5 domino alrededor de un 100% como se puede apreciar en la figura 13, seguido de la clase Bivalva, en los 3 puntos que está conformado por el muelle principal la clase Malacostraca y Bivalvia dominada alrededor de un 10% seguida de la clase Polychaeta con un 90%.

En el año 2015 un equipo de investigación liderado por Fernando Rodriguez (62) concluyó que los gusanos de la clase Polychaeta serian excelentes indicadores de perturbación ambiental, siendo esta clase la más abundante en el presente estudio debido a que los sedimentos almacenan contaminantes temporalmente y estos organismos debido a la contaminación que se produce por los metales pesados que son suspendidos en la dársena de una manera resiste a las perturbaciones ambientales como aumento de materia orgánica o disminución de oxígeno disuelto.

Los poliquetos fueron mayoritarios en todoslos sitios muestreados. Los poliquetos tienden a demostrar tendencias paralelas a lo largo de gradientes de oxígeno y materia orgánica, siendo así las especie más abundantes fueron *Exogonoides, Capitelidae y Arenícola* que son muy buenos indicadores de contaminación de materia orgánica. (63)

La utilización de las comunidades bentónicas es esencial debido a que a través de ellos se han determinado tres tipos de variables de índices ecológicos que son muy importantes para saber el estado ambiental que se encuentra la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas. Este estudio utilizo los índices de Margalef, Simpson y Shannon Weaver donde los resultados obtenidos presenta unos valores que se encuentran por debajo de los parámetros establecidos catalogando la dársena del puerto comercial como un área sumamente perturbada a diferencia del software M- AMBI dio como resultado que la dársena del Puerto Comercial de Esmeraldas estaría ligeramente perturbada , esto se debe a que el AMBI al ser un índice que opera de manera específica, en las estaciones que se esperaba que se encuentren desequilibradas coloco especies en el grupo II donde está considerado como (no perturbado) y las demás estaciones fueron asignadas a los grupo III lo cual está considerado como (ligeramente perturbado). Al usar este índice no se hallaron diferencias significativas entre sectores como en el estudio de Angulo L. en el 2017 (64).

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El análisis de las muestras del Puerto Comercial de Esmeraldas arroja que el petcoke no afecta significativamente la calidad de los fondos blandos de la dársena.

- El índice M AMBI determino que la Dársena del Puerto comercial de Esmeraldas se encuentra ligeramente perturbada.

- El manejo del Petcoke del Puerto Comercial de Esmeraldas requiere de mejoras que garanticen la seguridad de la población colindante, y operarios del puerto.

Recomendaciones

- Se sugiere la realización de otros estudios complementarios sobre la calidad de fondos blandos, como el incremento de muestras para analizar el contenido de metales y de existir recursos la aplicación del ensayo Microtox.

- Se sugiere replicar la toma de muestras bentónicas entre distintas estaciones y aumentar la precisión sistemática de poliquetos.

- El Puerto Comercial de Esmeraldas debe realizar una inversión en cuanto a maquinarias e infraestructuras que garanticen un correcto manejo de descarga de Petcoke, así mismo una adecuada estructura de almacenamiento y evitar una contaminación ambiental. que principalmente afectaría a personas que se expongan a respirar partículas de este compuesto.

Bibliografía

1. Santos AR, Silva RJ. Análisis del Consumo de Coque de Petróleo en Algunos Sectores Industriales. Inf tecnológica [Internet]. 2008 [cited 2020 Jul 15];19(2):93–101. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642008000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

2. Ortega García JA, Ferrís I Tortajada J, López Andreu JA, García I Castell J, Cánovas Conesa A, Tornero B, et al. P U E S T A A L D Í A [Internet]. Vol. 57, Rev Esp Pediatr. 2001 [cited 2021 Dec 15]. Available from: http://www.pehsu.org/az/pdf/incineracion.pdf

3. Basanta G. Usos Del Coque De Petróleo En Los Procesos Productivos Del Sector Siderurgico. ResearchGate [Internet]. 2011 [cited 2021 Dec 15];(July):9. Available from: https://www.researchgate.net/publication/320880257_USOS_DEL_COQUE_DE_PETROLEO_EN_LOS_PROCESOS_PRODUCTIVOS_DEL_SECTOR_SIDERURGICO

4. OEC WORLD. Ácido sulfúrico (SA: 2807) Comercio de productos, exportadores e importadores | OEC - El Observatorio de la Complejidad Económica. 2021 [cited 2022 Jan 4]. Available from: https://oec.world/en/profile/hs92/petroleum-coke

5. Ferreira Armando, José Ysmael Da Silva MB. COQUE DE PETRÓLEO COMO ENERGÍA PRIMARIA PARA UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD. 2004 [cited 2022 Jan 6]. Available from: http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/CISEMALIE2005/cimaie/Venezuela/VE - DA SILVA - INELECTRA Coque de Petr%F3leo como Energ%EDa Pr.pdf

6. Basanta G. Usos Del Coque De Petróleo En Los Procesos Productivos Del Sector Siderurgico. ResearchGate . 2011 [cited 2021 Dec 27];(July):9. Available from: https://www.researchgate.net/publication/320880257_USOS_DEL_COQUE_DE_P

ETROLEO_EN_LOS_PROCESOS_PRODUCTIVOS_DEL_SECTOR_SIDERURGICO

7. Mora A, Jumbo-Flores D, González-Merizalde M, Bermeo-Flores SA. Niveles de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río puyango, Ecuador. Rev Int Contam Ambient. 2016;32(4):385–97.

8. Santos AR, Silva RJ. Consumption Analysis of Petroleum Coke in Some Industrial Segments. Inf Tecnológica. 2008;19(2):93–101.

9. Marina Soto L, Lafuente W, Domínguez-Granda L, López C. Efectos de un derrame de petróleo crudo en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un río amazónico ecuatoriano. Rev Ciencias Ambient [Internet]. 2018 Dec 12 [cited 2022 Jan 6];53(1):1. Available from: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-38962019000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=es

10. Janet Gil M, María Soto A, Iván Usma J, Darío Gutiérrez O. Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments Contaminantes emergentes em águas, efeitos e possíveis tratamentos. 2012;7(2):52–73. Available from: http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf

11. Rodolfo E, Monsalve R, Rubio D, Salinas E. Characterization of a sedimentary - exhalative ore deposit View project Monitoring of environmental assestments of the ilegal gold mining activity in the north of Esmeraldas, Ecuador View project. Artic Cient [Internet]. 2015 [cited 2020 Jul 11];2:13. Available from: https://www.researchgate.net/publication/284720507

12. Carmona-Jiménez J, Caro-Borrero A. Los últimos ríos periurbanos de la cuenca de México: establecimiento de las condiciones de referencia potenciales a través de su calidad ecológica e indicadores biológicos. Rev Mex Biodivers [Internet]. 2017 Jun 1 [cited 2020 Jul 9];88(2):425–36. Available from: http://revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/1699

13. Munguía RP, López RP. Integridad biótica de ambientes acuáticos. 1999;71–111.

14. Acosta, Vanessa;Lodeiros, Cesar;Senior, William;Martinez G. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de venezuela. Interciencia. 2002 [cited 2020 Jul 10];27. Available from: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002001200007

15. Petroleum Coke CAD Revised 8-22-2008 Consortium Registration #1100997 ii Contents. [cited 2022 Jan 6]. Available from: http://www.epa.gov/hpvis/index.html

16. Liu H, Xu H, Hua M, Chen L, Wei Y, Wang C, et al. Extraction combined catalytic oxidation desulfurization of petcoke in ionic liquid under mild conditions. Fuel. 2020 Jan 15 [cited 2020 Jul 16];260:116200. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016236119315546

17. Ruiz López JA. Caracterización de la MacroInfauna Bentónica Asociada A Fondos Blandos Del PNN Gorgona-Pacífico Colombiano- Y Su Variación Espacio-temporal Entre Enero Y Junio De 1999. 2000 [cited 2021 Dec 19]. Available from: http://cinto.invemar.org.co/share/proxy/alfresco/api/node/content/workspace/SpacesStore/509e3bb6-3ff2-4d20-9756-5d1fb327359f/TesisGorgona1.pdf

18. Rubio Polanía JC, Trujillo Arcila CA. Características granulométricas de los fondos blandos en un área de la bahía de Taganga (Colombia) influenciada por la instalación de refugios bentónicos. Rev UDCA Actual Divulg Científica. 2013 Jun 30;16(1).

19. Bastidas, Ricardo; Zamponi M. (1) (PDF) Las comunidades bentónicas. 7AD [cited 2022 Jan 6]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/272566390_Las_comunidades_bentonicas

20. De Estudios F, Zaragoza S. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO B I O L O G A PAULINA VALERIA GUARNEROS NARVÁEZ. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO; 2014 [cited 2020 Jul 17]. Available from: https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_guarneros_narvaez.pdf

21. Lavrado HP, Disaró ST, Esteves AM, da Fonsêca-Genevois V, de Mello e Sousa SH, Omena EP, et al. Comunidades bentônicas dos substratos inconsolidados da plataforma e talude continental da Bacia de Campos: uma visão integrada entre seus componentes e suas relações com o ambiente. In: Ambiente Bentônico, Vol 3. Campus; 2017. p. 307–52.

22. Sanz C. REVISTA EUBACTERIA LA MACROFAUNA DEL FONDO MARINO. 2011.

23. Barraza D. Calidad ambiental marina costera de la bahia de Cartagena asociada con elementos traza en sedimentos. 2019 [cited 2021 Dec 27];66. Available from: https://repositorio.unicartagena.edu.co/flip/index.jsp?pdf=/bitstream/handle/11227/11804/2019_DIANA ROSARIO BARRAZA QUIROZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

24. Usero JA. Estudio de la calidad ambiental de los sedimentos de las Bahía de Cádiz y Algeciras mediante un método integrado. 2015 [cited 2021 Dec 27];124. Available from: https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/90197/fichero/TFG++J.+A.+Usero.pdf

25. Alvarez, Rafael; Espino, Guadalupe; Contreras A. Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca | Lector mejorado de Elsevier [Internet]. Revista Mexicana de Biodiversidad. 2012 [cited 2021 Dec 27]. Available from: https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1870345313728550?token=F43B97CC9D72679183E9FFEB3E1BAC83BF437054A2A7B830368F23A874E5939BC21A603809B81E1D32DFEA4912E07DE9&originRegion=us-east-1&originCreation=20211228045447

26. Gamboa M, Reyes R, Arrivillaga J. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. Boletín Malariol y Salud Ambient [Internet]. 2008 [cited 2021 Dec 28];48(2):109–20. Available from:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es

27. Quipuzcoa, Luis; Aramayo, Victor; Velez, Ximena; Vildoso, Bruno; Valdez B. (PDF) Guía y criterios de aplicación del índice biótico marino AZTI (AMBI) y AMBI multivariado (M-AMBI) en ambientes marinos someros de la costa central y sur de Perú | Guidelines and application criteria of the AZTI biotic marine index (AMBI) and multiva [Internet]. 2019 [cited 2020 Jul 17]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/335704253_Guia_y_criterios_de_aplicacion_del_indice_biotico_marino_AZTI_AMBI_y_AMBI_multivariado_M-AMBI_en_ambientes_marinos_someros_de_la_costa_central_y_sur_de_Peru_Guidelines_and_application_criteria_of_the_

28. Pino L, Marín SL, Núñez R. Biotic indicators and their relationship to the lower limit of the definition of the macrofauna. Lat Am J Aquat Res. 2015;43(2):329–36.

29. Laura P. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. Interciencia. 2006;31(8):583–90.

30. Ramírez Sarmiento Angélica. Escuela de gestión ambiental. Trab Grado Pontif Univ Católica del Ecuador sede Esmeraldas [Internet]. 2017 [cited 2021 Nov 8];1–42. Available from: https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1477/1/FARÍAS INTRIAGO RAIXA ANNABELLA.pdf

31. Baker LF, Ciborowski JJH, MacKinnon MD. Petroleum coke and soft tailings sediment in constructed wetlands may contribute to the uptake of trace metals by algae and aquatic invertebrates. Sci Total Environ [Internet]. 2012;414:177–86. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.10.011

32. Nesbitt JA, Lindsay MBJ, Chen N. Geochemical characteristics of oil sands fluid petroleum coke. Appl Geochemistry [Internet]. 2017;76:148–58. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2016.11.023

33. Vera A. ESTADO ECOLÓGICO DE FONDOS MARINOS BLANDOS EN LAS INMEDIACIONES DE ESMERALDAS,. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE ESMERALDAS; 2016. Available from: https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/898/1/HIDALGO VERA ANGEL KLEVER.pdf

34. Zambrano M. Estado ecológico del área de influencia de la desembocadura de los Ríos Súa Y Atacames utilizando como indicadores, comunidades planctónicas y bentónicas. 2017 [cited 2021 Nov 30];100. Available from: https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1448/1/ZAMBRANO DELGADO MARÍA JOSÉ.pdf

35. Acuerdo No 061. Reforma del libro VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA. 2015;1–80. Available from: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf

36. Ecured. Esmeraldas (Ecuador) - EcuRed. [cited 2022 Jan 6]. Available from: https://www.ecured.cu/Esmeraldas_(Ecuador)

37. Autoridad Portuaria de Guayaquil – APG. Autoridad Portuaria de Guayaquil - APG - Autoridades Portuarias - Puertos - Camae [Internet]. 2020 [cited 2020 Aug 18]. Available from: http://www.camae.org/puerto/autoridad-portuaria-de-esmeraldas-ape/

38. Valdes J, Castillo A. Evaluacion de la calidad ambiental de los sedimentos marinos en el sistema de bahias de Caldera (27 S), Chile. Lat Am J Aquat Res. 2014;42(3):497–513.

39. Mexicana N. SECRETARÍA DE ECONOMÍA Análisis de Agua y Sedimentos-Evaluación de Toxicidad Aguda con Vibrio fischeri-Método de Prueba (Cancela a la NMX-AA-112-1995-SCFI). Water and Sediment Analysis-Acute Toxicity Evaluation with Vibrio fischeri-Test Method.

40. Ammann AA. Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP MS): A versatile

tool. J Mass Spectrom. 2007 Apr;42(4):419–27.

41. De Ultra M, Densidad B, De Baja Y, Densidad A. colección GUÍAS Y MANUALES GLORIA PRIETO RINCÓN ÁLVARO ESPINOSA GONZÁLEZ MANUAL DE GEOQUÍMICA INGEOMINAS INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA República de Colombia.

42. Kristensen E, Andersen F. Determination of organic carbon in marine sediments: a comparison of two CHN-analyzer methods. J Exp Mar Bio Ecol. 1987 Jul 7;109(1):15–23.

43. Quiroga E. Escuela de Ciencias del Mar- PUCV. 2018;(1):6–8.

44. Martínez-Sanz C, Puente-García SM, Rebolledo ER, Jiménez-Prado P. Macroinvertebrate richness importance in coastal tropical streams of esmeraldas (Ecuador) and its use and implications in environmental management procedures. Int J Ecol. 2014;2014.

45. Keen AM (Angeline M, McLean JH. Sea shells of tropical west America : marine mollusks from Baja California to Peru. 1971;1064.

46. González J. Anélidos Marinos de México y América tropical. In: JESÚS ANGEL DE LEÓN-GONZÁLEZ, JOSÉ ROLANDO BASTIDA-ZAVALA, LUIS F. CARRERA-PARRA, MARÍA ELENA GARCÍA-GARZA, SERGIO I. SALAZAR-VALLEJO, VIVIANNE SOLÍS-WEISS, et al., editors. Primera Ed. Antonio Ramos Revilla; 2021 [cited 2022 Jan 8]. p. 422. Available from: http://eprints.uanl.mx/22161/19/22161-1.pdf

47. WoRMS. WoRMS - Registro mundial de especies marinas - Isopoda [Internet]. Ultima colsulta 27 de enero del 2021. 2021 [cited 2022 Jan 8]. Available from: https://www.marinespecies.org/

48. COL | El catálogo de la vida [Internet]. [cited 2022 Jan 8]. Available from: https://www.catalogueoflife.org/

49. Aponte H. DIVERSIDAD BETA EN LOS HUMEDALES COSTEROS DE LIMA, PERÚ: ESTIMACIÓN CON ÍNDICES DE PRESENCIA/AUSENCIA Y SUS IMPLICANCIAS EN CONSERVACIÓN. Biol 2017 Jun 12 [cited 2022 Jan 2];15(1):9–14. Available from: https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/134

50. Chévez V. Universidad técnica estatal de quevedo facultad de ciencias pecuarias. ScieloSldCu. 2019;2020(1715958359):2751430.

51. Valdez M. CG, Guzmán L. MA, Valdés G. A, Forougbakhch P. R, Alvarado V. MA, Rocha E. A. Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. Rev Biol Trop. 2018 [cited 2021 Sep 17];66(4):1674–82. Available from: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000401674

52. Pino L, Marín SL, Núñez R. Indicadores bióticos y fracción de tamaños en la definición de la macrofauna. Lat Am J Aquat Res. 2015;43(2):329–36.

53. Marín S. Levantamiento de Información de las comunidades bentónicas submareales de fondos blandos y caracterización de su condicion ambiental usando indices biológicos (AMBI) y variables físicas y qumicas en la zona sur. Vol. 2, U. Austral de Chile. 2018 [cited 2020 Aug 18]. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2014.06.009%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.169%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1176%0Ahttp://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.683.7048&rep=rep1&type=pdf%0Ahttps://doi.org/10.1016/

54. Persaud D, Jaagumagi R, Hayton A. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic Sediment Quality. 1996.

55. 606 RESOLUÇÕES DO CONAMA.

56. Hyland JL, Balthis WL, Hackney CT, Posey & M. Sediment quality of North Carolina estuaries: an integrative assessment of sediment contamination, toxicity,

and condition of benthic fauna. Vol. 8, Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery. 2000.

57. Anzecc, Armcanz. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality The Guidelines Australian and New Zealand Environment and Conservation Council Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. 2000;

58. Directrices canadienses sobre la calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática. [cited 2022 Jan 4]. Available from: https://www.pla.co.uk/Environment/Canadian-Sediment-Quality-Guidelines-for-the-Protection-of-Aquatic-Life

59. Seguridad Portuaria de Esmeraldas. SEGURIDAD. [cited 2022 Jan 6]. Available from: http://www.puertoesmeraldas.gob.ec/index.php/servicios/seguridad

60. Carbón y Coque — Geometrica. [cited 2022 Jan 4]. Available from: https://www.geometrica.com/es/coalandpetcoke

61. Pino L, Marín SL, Núñez R. Indicadores bióticos y fracción de tamaños en la definición de la macrofauna. Lat Am J Aquat Res. 2015;43(2):329–36.

62. Fernández Rodríguez VLM. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. Gestión y Ambient. 2015 Jun 1 [cited 2021 Nov 25];18:189–204. Available from: https://www.redalyc.org/pdf/1694/169439782012.pdf

63. Nuria M. (2014). Biodiversidad y comunidadeS del talud continental del Pacífico mexicano. 2014 [cited 2021 Nov 25]; Available from: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/690/poliquetos.pdf

64. Angulo L.K. (2017). ACL. Estado ecologico de los fondos marinos de Esmerladas. 2017 [cited 2021 Nov 25];1–42. Available from: https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1443/1/ANGULO CEVALLOS LUZ KATHERINE.pdf

ANEXO

ANEXO 1. Análisis de muestra de sedimentos en el Puerto comercial de Esmeraldas.

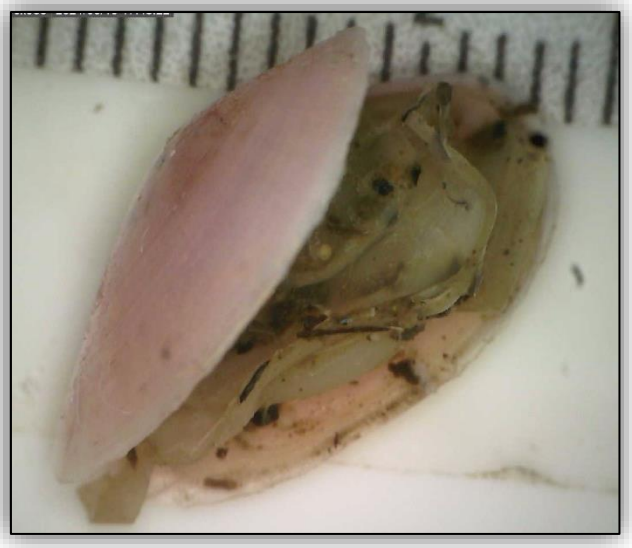
Muestra	Profundidad	Peso quemado	REDOX	Muestra	Profundidad	Peso quemado	Redox
P1	2	0.129429539	-186.2	P2	2	0.144013547	-135.4
P1	4	0.079665183	-155.4	P2	4	0.147761585	-175.9
P1	6	0.133577151	-138.2	P2	6	0.13508474	-323.5
P1	8	0.123882388	-181.4	P2	8	0.138251256	-335
P1	10	0.112452931	-198.9	P2	10	0.14383633	-318.4
P1	12	0.137752046	-223.8	P2	12	0.135636794	-332.1
P1	14	0.125985739	-231.8	P2	14	0.117455276	-319.6
P1	16	0.106511432	-233.6	P2	16	0.13490737	-299.6
P1	18	0.00542226	-281.1	P2	18	0.14683014	-289.6
P1	20	0.136405268	-287.7	P2	20	0.117256488	-320.2
P1	22	0.108760943	-237.1	P2	22	0.129944152	-323.4
P1	24	0.103983964	-266.4	P2	24	0.137332847	-329.3
P1	26	0.096569236	-295.8	P2	26	0.124023494	-312.4



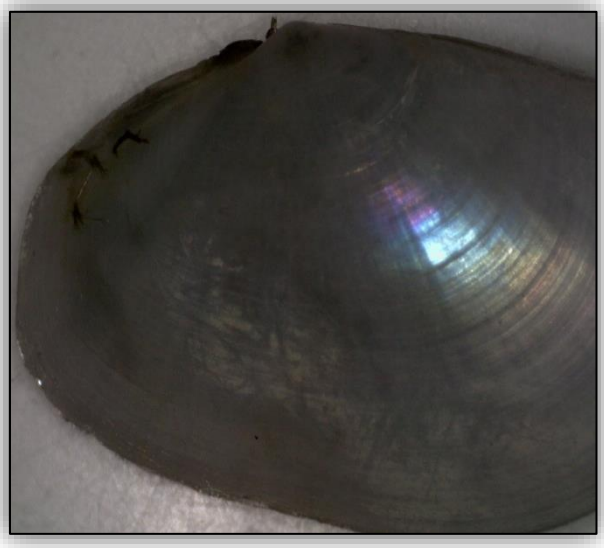
ANEXO 2Realizando el muestreo.

1. MOLLUSCA, BIVALVIA

Tellina esmeralda



Mytella guayanensis



Anadara adamsi



2. MOLLYSCA GASTROPODA

Cosmioconcha palmeri



Cosmioconcha redherri



Epitoniidae



3. ANELLIDA, POLYCHAETA

Exogonoides sp



Nephtys sp2



Nereis succinea



Eunicidae



Nemertea



Capitelidae



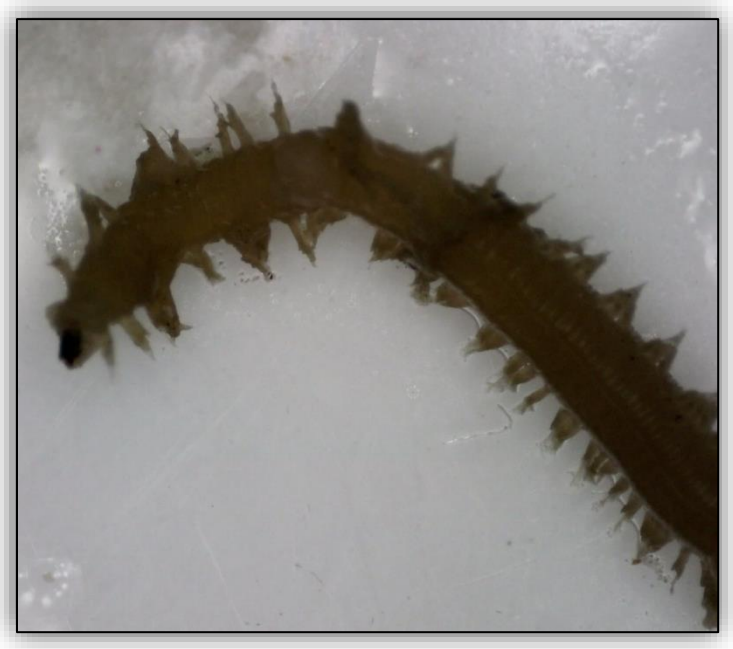
Arenicola



Pilarguidae



Phyllodocidae



4. ECHINODERMATA, ECHINIDAE

Echinocardiun cordatum

