Pontificia Universidad Católica del Ecuador | SEDE ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

CALIDAD DE SEDIMENTOS Y SU IMPLICANCIA AMBIENTAL EN EL RÍO BUNCHE, CANTÓN MUISNE, PROVINCIA DE ESMERALDAS

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTOR

Mario Kevin Taco Sánchez

ASESOR

MGT. EDUARDO REBOLLEDO MONSALVE

ESMERALDAS, NOVIEMBRE 2021

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

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

Presidente Tribunal de Graduación

PhD. Jon Molinero Ortíz

Lector 1

Mgt. Pedro Jiménez Prado

Lector 2

Mgt. Karla Solís Charcopa

Coordinadora de la Carrera de Gestión Ambiental

Mgt. Eduardo Rebolledo Monsalve

Director de Tesis

Esmeraldas …de … de 2021

AUTORÍA

Yo, MARIO KEVIN TACO SÁNCHEZ, declaro que la presente investigación titulada: **"Calidad De Sedimentos Y su Implicancia Ambiental En El Río Bunche, Cantón Muisne, Provincia De Esmeraldas"** es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCESE.

MARIO KEVIN TACO SÁNCHEZ

C.I. 0804137347

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado principalmente a Dios, que ha sido en mi vida el motor omnipotente y precursor de todos mis logros y victorias desde el momento que nací, dándome unos padres, una familia y amigos maravillosos. Los cuales me han acompañado en cada momento a lo largo de mi vida.

En segundo a mis padres los cuales me han apoyado siempre en cada decisión que he tomado, sea positiva o negativa, siempre han estado ahí para aconsejarme y guiarme hacia el camino del bien.

Y tercero le dedico a mi amada esposa e hijo los cuáles al igual han sido el motor y un motivo más para no desmayar nunca en cada momento de mi vida, ya que ellos son ahora mi responsabilidad y motivación.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por la vida y por permitirme culminar esta etapa académica importante mi vida.

A mis padres por ser mi soporte, mis guías, y mis primeros maestros en la vida, todos los logros que consiga serán para Dios y para ellos.

A mi abuelita que en paz descansa y que se enorgullecería de ver a su nieto graduado y convertido en un buen hombre y profesional.

A mi Esposa e hijo, los cuales han sido mi motor y apoyo en este momento importante de mi vida.

Agradezco también a mi tío y padrino Miguel Taco el cual me ha apoyado y ha estado esperando este momento desde el primer instante que entré a la universidad para ver como uno de sus sobrinos se convierte en un gran profesional.

A mi Asesor de Tesis la maravilla Mgtr. Eduardo Rebolledo el cual ha sido paciente y estado pendiente de que pueda realizar esta tesis de la mejor manera y con responsabilidad.

Y por último a amigos que me han acompañado a lo largo de esta vida universitaria, como mi pana Sergio Ferney, Eddy Espinoza, Frank Robles, Kevin Salazar, Gustavo Pavón y demás compañeros. Que de una u otra manera aportaron a este logro académico.

Gracias totales.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORÍA ..... **iii**

DEDICATORIA ..... **iv**

AGRADECIMIENTO ..... **v**

INTRODUCCIÓN **10**

Presentación del tema de investigación **10**

Planteamiento del problema **11**

Justificación **12**

Delimitación de objetivos **13**

Objetivo General 13

Objetivos Específicos 13

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO **14**

Bases teóricas-científicas **14**

Antecedentes **23**

Marco Legal **25**

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS **27**

Área de estudio **27**

Figura 1. Ubicación Puntos de Muestreo **29**

Figura 2. Área de estudio Río Bunche **30**

Actividades de muestreo **31**

Fase I- Campo **31**

Figura 3. Sacatestigo empleado para la toma de muestras. **32**

Figura 4. Sumergiendo el saca testigo en el punto 1. ..... **33**

Figura 5. Zonas con bombas de succión de granjas camaroneras. **34**

Figura 6. Obtención de la muestra B3 ..... **35**

Figura 7. Obtención de la muestra B4. ..... **36**

Figura 8. Obtención de muestra B5 ..... **37**

Fase II- Laboratorio **38**

Figura 9. Altura del testigo **38**

Figura 10. Medición de redox en muestra. Figura 11. Muestra antes de seccionar cada 2cm. **39**

Figura 12. Calibrando el sensor para la obtención de datos redox **40**

Figura 13. Muestras Hermetizadas y etiquetadas **41**

Figura 14. Hach estabilizado con respectiva medición en mV **42**

Fase III- Etapa en el laboratorio Materia Orgánica **43**

Figuera 15. Horno con 15 muestras ubicadas con una separación de 2 cm respectivamente **43**

Figura 16. Horno con muestras a temperatura de 60°C **44**

Figura 17. Muestras siendo molidas en mortero de porcelana para análisis de MOT 45

Figura 18. Crisol con muestra seca luego de ser molidas **46**

Figura 20. Muestras calcinadas por mufla. **47**

Figura 21. Muestras incineradas y reubicadas en el disecador 47

CAPITULO IV: RESULTADOS **49**

Potencial redox **50**

Figura 22. Comportamiento del potencial redox con los sitios **52**

Figura 23. Diagrama de dispersión entre profundidad y potencial redox. **53**

Materia orgánica **54**

Figura 24. Diagrama de cajas de materia orgánica con los sitios de muestreo **54**

Figura 25. Comportamiento de MOT y Profundidad. **55**

Figura 26. Relación entre MOT y Profundidad de los diferentes sitios. B1 (zona estuarina intersección), B2 (zona estuarina punto inicial de embarcación), B3 (desembocadura de camaronera1, B4 (Desembocadura de camaronera 2), B5 (desembocadura de camaronera 3). **56**

Figura 27. Diagrama de dispersión entre materia orgánica (MOT) y potencial redox **57**

Figura 28. Correlación entre materia orgánica y potencial redox de cada sitio. 58

Figura 29. Distribución de los sitios en función de datos de calidad de agua y de sedimentos superficiales mediante análisis multivariados de componentes. **61**

Figura 30. Distribución de componentes principales con los sitios **61**

CAPITULO V: DISCUCIÓN **62**

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **65**

Conclusiones **65**

Recomendaciones 66

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **67**

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Rango de potencial redox Eh (mV), para distintos procesos metabólicos 20

Tabla 2. Georreferenciación de los puntos de muestreos seleccionados para los análisis de sedimentos in situ. 49

Tabla 3. Superficie de territorio continental del Cantón Muisne bajo conservación 28

Tabla 4. Coordenadas Geográficas de los sitios de muestreo..... 31

Tabla 5. Descripción de cada sitio y su estado. 65

RESUMEN

En Ecuador uno de los ecosistemas mayormente utilizado corresponde al manglar, tanto para la provisión de materia prima y alimentos, como por la protección que brinda en las zonas costeras puesto que son reguladores de inundaciones, reducción de los efectos erosivos al almacenar sedimentos, retención de carbono, y además aportan con recursos culturales y turísticos.

Por esta razón la presente investigación analizó muestras de testigos sedimentarios adquiridos en 5 sitios a lo largo del Estuario del río Bunche del cantón Muisne en los que se registró el potencial Oxi-reducción y se determinó el contenido de materia orgánica, además de levantar datos de calidad de agua como Oxígeno disuelto, Saturación, Temperatura, y Salinida

El análisis de sedimentos comprendió el registro de REDOX y MOT seccionando el testigo cada dos centímetros de profundidad. El potencial redox en el sitio B1 Zona de intersección estuarina fue de 136,04 ± 86,37 mV, en B2 Zona estuarina urbana de 401,89 ± 33,45 mV, B3 Desembocadura de camaronera 1 de -46,98 ± 104,03 mV, B4 Desembocadura de camaronera 2 de -74,34 ± 102,81 mV, y B5 Zona cercana a camaronera aguas arriba de 115,83 ± 92,93. La materia orgánica también exhibió diferencias significativas con referente al sitio B1=2,44% ± 1,29%, B2=1,9% ± 1,78%, B3=8,57% ± 0,8%, B4= 11,49% ± 2,28%, y B5=7,20% ± 0,88%. La correlación redox - materia orgánica fue -0.748477 con porcentaje de confianza al 95%, donde el aumento de materia orgánica disminuye al potencial redox. Por otra parte se obtuvo que los sitios B3 y B4 son los puntos con peor calidad de sedimentos mientras que B1 y B2 tienen buena calidad y finalmente B5 calidad regular. La realización del análisis busca

contribuir al desarrollo de un marco legislativo para la gestión de calidad de sedimentos en el Ecuador.

Palabras claves: Potencial redox, materia orgánica, calidad de sedimentos, Río Bunche, camaroneras, análisis.

ABSTRACT

In Ecuador, one of the most widely used ecosystems is the mangrove, both for the provision of raw material and food, as well as for the protection it provides in coastal areas since they are flood regulators, reduction of erosive effects by storing sediments, carbon retention, and also provide cultural and tourism resources.

For this reason, the present investigation analyzed samples of sediment cores acquired in 5 sites along the Bunche River Estuary in the Muisne canton in which the Oxi-reduction potential was recorded and the organic matter content was determined, in addition to collecting water quality data such as dissolved oxygen, saturation, temperature, and salinity.

Sediment analysis included REDOX and MOT logging by sectioning the core every two centimeters of depth. The redox potential at site B1 Estuarine intersection zone was 136.04 ± 86.37 mV, at B2 Urban estuarine zone 401.89 ± 33.45 mV, B3 Shrimp farm mouth 1 -46.98 ± 104.03 mV, B4 Shrimp farm mouth 2 -74.34 ± 102.81 mV, and B5 Near shrimp farm upstream zone 115.83 ± 92.93. Organic matter also exhibited significant differences with respect to site B1=2.44% ± 1.29%, B2=1.9% ± 1.78%, B3=8.57% ± 0.8%, B4= 11.49% ± 2.28%, and B5=7.20% ± 0.88%. The redox - organic matter correlation was -0.748477 with 95% confidence percentage, where the increase in organic matter decreases the redox potential. On the other hand, it was found that sites B3 and B4 are the points with the worst sediment quality, while B1 and B2 have good quality and finally B5 has regular quality. This analysis aims to contribute to the development of a legislative framework for sediment quality management in Ecuador.

Key words: Redox potential, organic matter, sediment quality, Bunche River, shrimp farms, analysis.

INTRODUCCIÓN

Presentación del tema de investigación

Por muchos años los seres humanos hemos venido siendo factor principal de la contaminación en los diferentes tipos de ecosistemas que habitamos. Hasta el punto que no se pueda pasar por alto los efectos colaterales causados por el hombre al medio Ambiente. Afectando de esta manera los sistemas socioeconómicos, ambientales y culturales de diferentes poblaciones [(1)] .

Una de esas afectaciones es la causada a los ecosistemas de agua estuarinas. Donde estos además de ser uno de los ecosistemas naturales más utilizados y amenazados globalmente, son el hogar de una gran variedad de nichos ecológicos. Las principales afectaciones son al número de pesquerías viables, la provisión de hábitats coralinos, y servicios de filtrado proporcionados por vegetación sumergida, y humedales. Los principales servicios ambientales que nos brinda son: poveer materia prima y alimentos, protegen la zona costera ya que son reguladores de inundaciones, reducen los efectos de la erosión al almacenar sedimentos, retienen carbono, sustancias nutritivas y eliminan sustancias tóxicas, aportan con recursos culturales y turísticos [(2)].

De acuerdo con Fernández [(3)] América Latina como el Caribe son las regiones que cuentan con mayor disponibilidad de agua en el planeta Estimada en aproximadamente 24.400 metros cúbicos per cápita. Este resultado es, en cuanto al promedio general de todos los países, obviamente en cada país varía notablemente, e incluso en muchos de estos la escasez del agua se vuelve insostenible.

A nivel nacional treinta y uno son los Sistemas Hidrográficos, conformados por setenta y nueve cuencas. Estos sistemas correspondientes a dos vertientes hídricas que nacen de los Andes, las cuales drenan hacia el Océano Pacífico, 7 cuencas hidrográficas en la amazonia, y 72 en el pacífico. Convirtiendo a Ecuador en un país rico en cuanto a producción de fuentes hídricas se refiera [(4)] .

Se ha verificado en Ecuador que las cuencas al llegar al mar acumulan muchos sedimentos los cuales quedan entrampados en manglares donde estos podrían comunicar datos de la calidad del estuario, los índices de contaminación, el factor de enriquecimiento de materia orgánica y potencial redox. Estos índices nos permiten

conocer si existe un enriquecimiento o reducción de oxígeno en el fondo del río. En este sentido podemos vincular la magnitud de la influencia antrópica en la calidad de sedimentos [5] .

Por consiguiente, según el Plan de Ordenamiento Territorial de Esmeraldas [6]. Dentro de la provincia verde existen seis Sistemas Hidrográficos conformadas por diecinueve cuencas: Mira, Mataje, Cayapas, Estero Vainilla, Estero Lagarto, Río Ostiones, Río Mataje, Ríoverde, Río Colope, Estero Camarones, Río Esmeraldas, Río Atacames, Río Súa, Río Tonchigue, Estero Galera, Río San Francisco, Río Bunche, Río Muisne y Río Balzar. Las cuales abastecen de agua y recursos alimenticios a la población.

El río Bunche está ubicada al Sur de la provincia de Esmeraldas, limita al noroeste con la parroquia de San Francisco del Cabo y al Sur-Este con el cantón Muisne, está rodeado por varias piscinas camaroneras las cuales proveen a comerciantes locales y de afuera. Según Rodríguez [7]. Las camaroneras tienen la necesidad de ciertos periodos de tiempo realizar cambios de agua a sus piscinas, la cual poseen químicos conservantes y desechos de camarones. Esto conlleva a su vez que los ríos que bordean se vean perjudicados provocando acumulación de sedimentos y alteraciones ecosistémicas.

Planteamiento del problema

Los altos niveles de sedimentación en un río generan perturbación física de las características hidráulicas del cauce, esto puede generar terribles efectos en la navegación, ya que hay una disminución en la profundidad que contribuye a inundaciones debido a la reducción en la capacidad de flujo en la cuenca del drenaje [8] .

Gran parte del río Bunche está rodeado por camaroneras, palmicultoras y actividades agrícolas donde según moradores del recinto estos podrían alterar la calidad natural de los sedimentos. Actividades como la acuicultura y crianza del camarón contribuyen al deterioro de la calidad del agua estuarina, y por ende la calidad de los sedimentos del río [9] .

La escasa vegetación producto de la deforestación, la topografía extrema y la ganadería extensiva también son factores que contribuyen a la acumulación de grandes cantidades de sedimentos, sólidos suspendidos y la remoción de las cargas de sedimentos. Donde tienden a aumentar la acción erosiva aguas abajo, provocando deterioro del lecho [10] .

Así mismo podrían alterar la acumulación de sedimentos y de su contenido de materia orgánica.

Las camaroneras con frecuencia utilizan químicos y conservantes para el control y mantenimiento de sus cultivos, por lo cual al hacer el cambio del agua de sus piscinas al río, estas desembocan directamente a fuentes hídricas provocando acumulación de sedimentos como es el caso del río Bunche el cual colinda con varias camaroneras del sector [7].

Es por ello que el presente estudio busca determinar la calidad del sedimento y su consecuencia ambiental en el río Bunche del cantón Muisne para lo cual se formula la pregunta ¿Cuál es la calidad de sedimentos del río Bunche y qué implicación ambiental comunica para esta cuenca?

Justificación

La presente investigación se justifica por la ausencia de estudios sobre esta temática en el cantón Muisne, siendo por ende útil conocer la calidad de sus sedimentos y relacionar sus descriptivos con actividades realizadas en la cuenca media baja del río Bunche. La cual pretende servir para estudios futuros sobre materia orgánica y potencial redox en sedimentos de aguas estuarinas.

La información permitirá obtener criterios para una posterior y adecuada gestión y planificación que genere mejoras en la búsqueda del manejo adecuado de recursos naturales que aún están presentes en el río Bunche, como es particularmente la biota acuática y a partir de estos contribuir al desarrollo sostenible local.

De este modo, es necesario medir los parámetros físico-químicos y ambientales que participan en el sistema de producción acuícola, definiendo consecuencias no detalladas en el escenario ecuatoriano.

Delimitación de objetivos

Objetivo General

Determinar la calidad de sedimentos y su relación con actividades observadas en el río Bunche del cantón Muisne.

Objetivos Específicos

OE1. Adquirir testigos de sedimentos superficiales en cinco sitios en la cuenca baja del río Bunche.

OE2. Determinar el potencial óxido-reducción (mV) y materia orgánica total (%) de testigos de sedimentos a distintas profundidades.

OE3. Establecer la correlación existente entre el contenido de material orgánica y el potencial redox en sedimentos analizados.

OE4. Relacionar la calidad de agua y sedimentos respecto de las principales actividades del entorno próximo del sitio de muestreo mediante análisis multivariado.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Bases teóricas-científicas

Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es el espacio de territorio delimitado por una línea divisoria de aguas, que está formado por un sistema hídrico encargado de conducir las aguas a un río principal, un río grande, un lago o un mar [(11)] .

Está formada por la parte alta (incluye la zona de las laderas y las montañas de donde nace el río principal de la cuenca), media (está formada por las tierras onduladas y valles, donde el río empieza a zigzaguear) y baja (donde están las tierras bajas y el río va perdiendo fuerza, los materiales sólidos se sedimentan formando las llanuras) [(11)] .

Erosión

Según la FAO [(12)] , describe la erosión del suelo como la remoción del suelo a la superficie de la tierra por el agua, viento o labranza. La erosión hídrica ocurre principalmente cuando el flujo superficial transporta partículas del suelo desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia o la escorrentía superficial, a menudo dando lugar a canales claramente definidos, tales como surcos o cárcavas. La erosión eólica ocurre cuando el suelo seco, suelto, sin cobertura es sometido a fuertes vientos y las partículas de suelo se desprenden de la superficie del suelo y son transportadas a otro lugar. La erosión por labranza es el movimiento directo del suelo pendiente abajo por los implementos de labranza y resulta en la redistribución del suelo dentro de un campo. La erosión es un proceso natural pero la tasa de erosión es típicamente incrementada (o acelerada) por la actividad humana.

Por otra parte, los sedimentos albergan muchas formas de vida, las cuales se alimentan y se reproducen en gran número. Además es el lugar donde se acumulan contaminantes, los cuales pueden ser removidos o solubilizarse nuevamente al cambiar las condiciones del medio (cambios en el ph, fuertes corrientes, procesos de dragado, potencial redox, etc). Pero cuando estas se retienen en gran cantidad pueden afectar a toda una cadena trófica, hasta llegar al hombre [(13)] .

Manglares

Son formaciones leñosas, frecuentemente arboles de 2 a 25 metros de altura las cuales se desarrollan en zonas costeras de regiones tropicales y subtropicales. Las especies que las componen son de hoja perenne, las cuales se caracterizan por tener algunas de sus especies, raíces zancas y neumatóforos, que cumplen la función de sostén en el fondo lodoso. Los manglares por lo general son inundados por las mareas con aguas estuarinas, por lo que su hábitat se restringe a las orillas de suelos arenosos o limo-arcillosos, lagunas costeras, canales de mareas, desembocaduras de ríos, bajos y barras de arena o lodo y marismas. Su distribución depende en gran medida del intervalo de las mareas, del declive topográfico y de la salinidad del agua y suelo [(14)] .

Importancia de los manglares

Los manglares son recursos costeros extremadamente importantes y vitales para el desarrollo socio económico. Su importancia radica en los servicios ecológicos que brinda para proteger los sistemas costeros, ya sea de la radiación solar UV-B, los efectos invernaderos y la furia de los ciclones. Además son amortiguadores de inundaciones, aumento del nivel del mar, acción de las olas y erosión del suelo. Estos a su vez contribuyen significativamente al ciclo global del carbono y son grandes productores y transformadores de materia orgánica, vitales para la creación de complejas redes tróficas que habitan en este ecosistema [(15)] .

Sedimentos

Los sedimentos son el conjunto de partículas sólidas en una superficie terrestre (litósfera) que son transportadas por cualquier agente natural (aire, agua, gravedad) en condiciones normales, las cuales van quedando depositadas según sus condiciones de origen, físicas y químicas presente en la transición suelo-atmósfera y suelo-agua [(16)] . Los sedimentos pueden quedarse por largos periodos de millones de años estables hasta lograr en convertirse y consolidarse en rocas.

En los estudios de monitoreo, los sedimentos se clasifican en suspendido o depositado: los sedimentos depositados son aquellos que se encuentran en el lecho de un río, mientras que los sedimentos suspendidos son transportados a lo largo del flujo de agua, se conocen como sedimentos en suspensión o sólidos suspendidos [(9)] .

Sedimentos en manglares

En los manglares los sedimentos pueden permanecer en suspensión durante las corrientes mareales, debido a micro-turbulencias potenciada por la vegetación. Los sedimentos en suspensión se depositan durante marea baja. La capacidad de captura de sedimentos por los manglares depende de una variedad de mecanismos biofísicos y de retroalimentación forzada. La concentración de sedimentos en suspensión cerca de los manglares es un factor importante en la acumulación de sedimentos de los manglares [17]

Los ríos como fuente de sedimentos

En los estuarios la mayor parte de los sedimentos son derivados de fuentes fluviales, siendo la cantidad de descarga por un río dependiente de factores como la variación temporal del flujo y el tipo de suelo de la cuenca de drenaje. Los ríos mueven sedimentos con amplio rango en tamaño, desde arcillas y gravas en suspensión [18] .

Sedimentos y su relación con la calidad del río

Los elementos de descarga fluvial, son esencialmente el resultado de procesos naturales geofísicos acontecidos en el ambiente, tales como: precipitación de lluvias, erosión natural, lavado de suelos, entre otros. También son derivados de actividades antrópicas industriales, urbanas y agrícolas, en terrenos colindantes, suceso que revela el estado y calidad del recurso hídrico de una región [19] .

En este escenario, los sedimentos acumulan principalmente partículas de materia orgánica y metales pesados que originados de fuentes antropogénicas establecen un peligro para la biota acuática, el hombre y el ambiente en general. Por lo tanto, las concentraciones de metales pesados guardan una íntima relación con el tamaño de partículas que forman el sedimento (limo, arcilla y arena) y con la cantidad de materia orgánica sedimentaria lo cual altera el equilibrio biológico, geoquímico y ecológico del ecosistema acuático [20] .

De esta forma los sedimentos se transforman en grandes reservorios de información de la calidad del recurso hídrico y una fuente importante de materiales orgánicos e

inorgánicos, que pueden ser intercambiados con la columna de agua en la interfase agua sedimentos, dependiendo del pH del agua y de las condiciones redox. Además, al actuar en conjunto, los sedimentos y los sólidos suspendidos disminuyen la movilidad y benefician la acumulación de algunos compuestos orgánicos persistentes en el fondo del ecosistema acuático [19] .

Composición de los sedimentos

Las partículas de sedimentos están compuestas por minerales y materia orgánica, las partículas que se componen de minerales provienen por lo general de procesos de erosión, los más comunes son: minerales de arcilla, aluminosilicatos, cuarzo, carbonato cálcico y minerales de hierro. Mientras que las partículas que están compuestas de materia orgánica provienen de materiales en estado de descomposición como hojas, ácido húmico y fúlvico, pigmentos de clorofila, microorganismos, entre otros [21] .

Entre los componentes de los sedimentos se encuentran: los de origen detrítico (formado por fragmentos provenientes de los procesos de meteorización de rocas y mineral), biogénicos (provenientes de tejidos orgánicos y esqueletos) y endogámicos (originados por la precipitación del agua y sedimentación de partículas) [21] .

Importancia de los sedimentos

Los sedimentos están compuestos por cuatro elementos: el agua intersticial (que llena los espacios entre las partículas sólidas de la matriz y puede ser mayor al 50% en sedimentos superficiales), componentes inorgánicos (lo componen fragmentos de rocas y minerales producto de la erosión de materiales terrestres), materia orgánica (que ocupa una pequeña fracción en relación a la composición de los sedimentos) y materiales derivados antropogénicamente (que incluyen toda clase de material acumulado en el fondo de los cuerpos de agua). Por tales motivos los sedimentos pueden o no acumular cantidades significativas de materiales peligrosos y en caso de ser así genera contaminación [22] . Además, estos pueden ser removidos, por causas naturales como corrientes de agua, ya sea después de la lluvia, o por el curso natural del agua. Este movimiento de sedimentos es más conocido como erosión [23] .

Contaminación en sedimentos

La erosión y sedimentación antropogénica son un problema global que suele estar íntimamente vinculado con la producción acuícola, pecuaria y agrícola, siendo esta ultima la principal causante de gran parte del aporte mundial de sedimentos a los cuerpos de agua [24].

Dimensión física

Comprende la pérdida de la capa arable del suelo y la degradación de la tierra como producto de erosión laminar y cárcavas que aumentan los niveles de turbidez en los cuerpos de agua, provocando repercusiones ecológicas y físicas en lugares alejados, los lechos del río y lagos, en donde se generó la contaminación por sedimentos [8].

Los sedimentos en cuanto a contaminantes físicos en los recursos hídricos ocasionan cambios, tales como altos niveles de turbidez restringiendo la penetración de la luz solar en los cuerpos de agua, lo que impide el crecimiento de la flora acuática. Asimismo, en los ríos, los lechos de grava están cubiertos por sedimentos que complican el desove de los peces, por lo tanto se genera un cambio en el ecosistema acuático a causa de la destrucción del hábitat [24].

Por consiguiente, los altos niveles de sedimentación en los ríos dan origen a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce, ocasionando la reducción de la profundidad y aumentando las inundaciones, a causa de la reducción de la capacidad del flujo de agua en la cuenca de drenaje [24].

Métodos para el análisis de sedimentos

Para conocer la calidad de sedimentos en los ríos es necesario analizar los diferentes tipos de componentes que lo forman, para lo cual hay métodos de análisis de sedimentos como:

Potencial Redox

Uno de los estudios mayormente utilizados para los análisis de sedimentos es del potencial redox conocido como óxido-reducción [25] , el cual pretende conocer los indicadores de calidad de agua-sedimentos en el río [26] .

Se denomina potencial redox de un sedimento a su capacidad reductora u oxidativa, el cual se encuentra vinculada estrechamente con partículas que emanan los sistemas edáficos, así como con el pH. Además, es definido como el nivel de oxidación o reducción de un sistema reversible. Considerado como un indicador del contenido de materia orgánica y su estado de oxidación. Siendo una consecuencia del tipo o intensidad de los procesos bacterianos que están metabolizando diferentes tipos de oxidantes, resultando un indicador directo de las condiciones óxido-reductoras de un determinado medio. Por lo tanto, es posible utilizarlo para determinar estas condiciones en la columna de agua o en sedimentos. Su unidad de medición son milivoltios (mV) y representados en una escala de potencial (Eh) la cual fluctúa entre valores positivos (ambiente oxidante) y valores negativos (ambiente reductor) por la formación de sedimentos anaeróbicos como consecuencia de la descomposición de restos de alimento, heces y otros desechos en la zona de influencia [27] .

El potencial redox es un indicador de la transferencia de electrones. En la medida que el oxígeno deja de ser el elemento dador de electrones por procesos de reducción, el valor Eh toma hacia valores decrecientes. En sedimentos reducidos, es usual encontrar valores Eh menores a 0 mV. En estos sedimentos se utilizan por lo general sulfatos y materiales orgánicos como dadores de oxígeno, lo que genera gases tóxicos y acidez en el medio. Es por ello que el pH de los sedimentos con bajo Eh también presenta una acidez creciente. Además de ser adecuados indicadores de las condiciones de los sedimentos bajo sistemas de acuicultura para determinar enriquecimiento orgánico y condiciones de oxigenación. Es por ello que se considera 0 mV (Eh) y 6,8 (pH) como valores críticos. Valores inferiores a estos, indican con un alto grado de certeza que en los sedimentos se presentan condiciones anaeróbicas [5] .

La determinación de potencial redox (Eh) es importante para este estudio porque ayudará a determinar el grado de deficiencia de oxígeno y el grado de enriquecimiento orgánico de los sedimentos, así mismo servirá como un indicador en la transferencia de electrones en el río, por cuanto la formación de sedimentos en algunas ocasiones se

lleva a cabo como consecuencia de la descomposición de materia orgánica y otros desechos en la zona de influencia del área de estudio. Si los sedimentos son menores a 0 mV (milivoltios), habrá un alto grado de acidez en los sedimentos que sean recolectados, pero si el valor se encuentra entre 300 a 400 mV se considera que los sedimentos no están perturbados o alterados. Para determinar el potencial redox se utilizará un medidor multiparamétrico HQ40D previamente calibrado, el cual presenta características de medición y cuantificación [28] .

También la relación óxido-reducción regula el comportamiento de algunos compuestos químicos presentes en cuerpos de aguas naturales como el Fe, S, N, C, P, etc. Todos estos elementos son afectados de alguna u otra manera por los cambios en potencial redox (Véase Tabla 1), así mismo a la distribución y la actividad metabólica de micro organismos [5] .

Procesos	Aceptor de electrones	Productos	Rango de Eh (mV)
Aeróbico	O2	CO2, Agua	-
Respiración	-	Biomasa	+100 - +400
Reducción de nitratos	NO3	NO2	0 - +100
Reducción de sulfato	SO4	SH, acetato	-200 - 0
Metanogénesis	CO2	CH4	-300 - -200

Tabla 1. Rango de potencial redox Eh (mV), para distintos procesos metabólicos [5] .

Parámetros para medir niveles de calidad de agua y sedimentos

Se utilizan varios parámetros físicos, químicos y bilógicos, a continuación, se mencionan los siguientes:

Conductividad eléctrica

Se la define como la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, dicha propiedad depende de la estructura atómica y molecular del material, la presencia de iones, movilidad, temperatura, entre otros. Para la

determinación de la conductividad en el laboratorio es la resistencia en ohmios o megaohmios, siendo la conductividad el inverso de la resistencia específica y se manifiesta en microsiemens/cm [29] .

Potencial de Hidrógeno (pH)

Es una medida para especificar el grado de alcalinidad o acidez de una solución. Normalmente se lo mide en una escala de 1 a 14. Por lo tanto, el valor de 7 es neutro, valores menores a 7 son ácido y valores mayores a 7 es alcalino o básico [30] .

El oxígeno disuelto (OD)

Se lo considera como la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua y es esencial para todo organismo de un medio acuático, debido a esto, el oxígeno disuelto es considerado como un importante indicador de la contaminación del agua. El valor máximo de OD está relacionado con los parámetros de temperatura del agua y disminuye con ella [31] . Se expresa como miligramo /litro (mg/L) de oxígeno disuelto en la muestra de agua. La concentración máxima de OD en el intervalo normal de temperaturas es de aproximadamente 9 mg/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L, el agua no es apta para desarrollar vida en su seno.

Materia orgánica Total en sedimentos (MOT)

La determinación de la materia orgánica total mediante la técnica de peso por ignición [32] ; en sedimentos ha sido un procedimiento que se ha utilizado por muchos años para los estudios biológicos y geológicos. Donde los resultados se expresan en (%) de materia orgánica total.

Camaronicultura

Es una técnica de la acuicultura que consiste en el cultivo y producción de camarones para el consumo humano. En Ecuador la actividad camaronera inicio en la década de los 70, alcanzando en 1998 las cifras más altas de exportación correspondiente a 11400 t. Sin embargo, en el año 2000 esta industria fue golpeada por el virus de la mancha blanca, iniciando en la provincia de Esmeraldas y expandiéndose hacia las provincias El Oro y Guayas, ocasionando una disminución en su producción. A pesar de esta

afectación, hoy en día la industria camaronera se sigue desarrollando, aumentando las plazas de trabajo y exportando grandes toneladas hacia los países de Estados Unidos, Japón y Europa principalmente [33] .

Impactos ambientales de la camaronicultura en sedimentos

El impacto ambiental es la alteración del ambiente, causada directamente o indirectamente por un proyecto, obra o actividad en un espacio determinado, es decir, es considerada como la modificación del entorno ocasionada por actividades antrópicas o propias de la naturaleza [34] .

Un impacto ambiental de los sedientos implica la presencia de una gran cantidad de nutrientes, constituidos por materia orgánica, sulfatos, nitratos, fosforo y otros compuestos que son generados por las descargas residuales sin ningún tipo de tratamiento durante los procesos de funcionamiento de distintas industrias, como es en el caso de la producción acuícola [35] .

Los niveles de nutrientes en los cuerpos hídricos pueden ocasionar la eutrofización, definida como el enriquecimiento de nutrientes en los sistemas acuáticos, lo cual provoca un deterioro en la calidad de sedimentos y agua, estimulando una serie de cambios que se evidencian mediante un aumento en la producción primaria y de florecimiento de algas como lo son las cianobacterias [36] .

El florecimiento de las cianobacterias por las altas concentraciones de materia orgánica en los sedimentos representa pérdidas económicas para la producción acuícola y pesquera, debido a que la presencia de metales pesados como N y P desencadenan una serie de cambios que dificultan la supervivencia de las especies, puesto que en cantidades altas se disminuye la luz solar en el agua por la alta demanda dl mismo para su degradabilidad [26] .

Se ha verificado que la eutrofización tiene consecuencias severas para la biota acuática vinculada con una alta mortalidad de la diversidad bilógica como resultado de la disminución de oxígeno. Asimismo, las altas concentraciones de nitrógeno ocasionan variaciones del pH tornando el agua ácida e incrementa la concentración de otros metales como es el Pb y Cd, lo que provoca toxicidad en la fauna acuática alterando las

tasas de crecimiento y reproducción; todos estos impactos contribuyen a la degradación de ecosistemas acuáticos y dificultan su restauración [36] .

Antecedentes

En el Estudio de Hargrave [5], sobre la clasificación del enriquecimiento en sedimentos marinos basado por indicadores biogeoquímicos. Habla de los procesos para identificar el enriquecimiento orgánico en sedimentos marinos mediante el pH, potencial redox (Eh) y las medidas de sulfuro disuelto (H^2S + HS + S^2). Esto a su vez detalló los cambios en la estructura de comunidades macrobéntica asociadas con altos niveles de suministros de materia orgánica como resultado del estrés debido a la deficiencia del oxígeno (hipoxia y anoxia).

Según Varol Memet [37], se desarrolló una investigación sobre la evaluación de la contaminación por metales pesados en sedimentos estuarinos, mediante índices de contaminación y técnicas estadísticas multivariadas, en su estudio afirma que la acumulación de sedimentos en gran proporción se debe generalmente a causas antropogénicas, por aguas residuales de la agricultura, y ganadería, e incluso muchas veces se debe al exceso de acumulación de metales por acción minera y acumulación de los desechos sólidos.

En un estudio efectuado por Aveiga Ana, Noles Patricio, De la Cruz Aida, Peñarrieta Fabián & Alcantara Francisco [38], se determinó las variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal, Manabí-Ecuador en 21 estaciones de muestreo, en donde se siguió un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial, se calculó el índice de calidad denominado índice de dureza pudiendo relacionar el potencial de óxido-reducción, alcalinidad, conductividad, etc.. De acuerdo a este índice se observó que la concentración de sulfatos, calcio y otros minerales aumento en conjunto con la manifestación de sólidos, así como el potencial oxido-reducción y la conductividad eléctrica. Por lo tanto, se concluye que esta relación entre variables físico-químicas es posiblemente relacionada por actividades antropogénicas.

En la investigación publicada por Pavón Gustavo [26], acerca de los efectos de la producción camaronera sobre la calidad de sedimentos de estuarios con manglares en la

provincia de Esmeraldas-Ecuador, examinaron variables sedimentarias en 4 estuarios con manglares en los que se detalló el potencial oxido-reducción, contenido de nutrientes, materia orgánica, entre otros, en donde se pudo determinar que existen diferencias significativas en el contenido de nitrógeno de sedimentos de la zona sur (Cojimíes= 699,85 ± 280,20 y Muisne= 530,80 ± 366,86) mg/kg, afirmándose una gran presencia de acuicultura de camarón y bajas lecturas de nitrógeno a diferencia de la zona norte que presentó altas concentraciones de nitrógeno y bajas actividades camaroneras, con respecto a la materia orgánica mostró también diferencias significativas, en donde sobresalió la zona norte (0,18% ± 0,01% y 0,16% ± 0,10%) con una menor concentración en la zona sur; asimismo se halló una correlación fuerte entre el contenido de nitrógeno y materia orgánica con un coeficiente de 0,65 y una correlación débil con el potencial óxido-reducción y la materia orgánica con un coeficiente de -0,36, lo que indica que el potencial óxido-reducción es mayor cuando es menor la materia orgánica o viceversa. Por lo que se pudo concluir que el desarrollo de actividades acuícolas en las zonas estudiadas influye en la calidad de sedimentos del estuario a través de la reducción de los niveles de materia orgánica, nitrógeno y aumento de otros metales.

En relación a la problemática expuesta, en otra investigación realizada por Papuccio [39], se afirma que en el cantón Muisne la expansión descontrolada del área acuícola para la producción camaronera de exportación, acompañada con ausencia de regularización estatal y prácticas pocos sostenibles, causa la alteración de la calidad de sedimentos, que se traduce a contaminación del agua y pérdida de biodiversidad acuática; además de deforestación del manglar y salinización del suelo, lo cual impide alcanzar en este sitio un desarrollo sostenible.

Marco Legal

Según el Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental del Libro VI del TULSMA [40]

PARAGRAFO III DE LOS SEDIMENTOS

Art. 215.- Calidad de los Sedimentos.- *Los sedimentos pueden ser de origen natural, tales como los existentes en el mar, los lechos de lagos y lagunas, ríos, quebradas y demás cuerpos hídricos, ya sean éstos de caudales permanentes o temporales; y los de origen industrial, como aquellos provenientes de plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento u otros. Para realizar la evaluación de la calidad ambiental mediante análisis de sedimentos se deberá aplicar muéstreos y monitoreos de las áreas directamente influenciadas por la actividad regulada, siguiendo los protocolos que normen la Autoridad Ambiental Nacional y en el caso de no existir, siguiendo protocolos aceptados internacionalmente.*

El presente artículo reconoce el origen de los sedimentos que pueden esar situados en el en el fondo del agua, además de explicar que para las evaluaciones de calidad ambiental deberán ser realizadas por muestreos y monitoreos de las áreas permitidas por la autoridad nacional ambiental competente, y en caso de no existir siguiendo protocolos internacionales.

Art. 216.- Normas técnicas*.- La Autoridad Ambiental Nacional o las entidades del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, en el marco de sus competencias, expedirán normas técnicas de calidad de sedimentos, mediante la figura legal correspondiente.*

Según el Art. 216 de la autoridad ambiental nacional o los gobiernos provinciales tienen la competencia de expedir normas y técnicas de calidad de sedimentos, siguiendo las normas legales, lo cual no existe específicamente ya que no hay una directriz clara y concisa en cuanto a sedimentos.

Art. 217.- 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.*

En el Art. 217 de evaluación, seguimiento y control da a tratar que la autoridad ambiental nacional, en este caso el Ministerio del ambiente del Ecuador es el encargado de controlar mediante análisis y estudios de la calidad de sedimentos, pero la realidad es que no existe un marco regulatorio y sujetos de control que hagan los seguimientos pertinentes.

CAPÍTULO XV DE LAS NORMAS TÉCNICAS AMBIENTALES

Art. 328 De las normas técnicas especiales. - *De considerarlo necesario, la Autoridad Ambiental Nacional expedirá normas técnicas ambientales de calidad para: agua, aire, suelo, ruido, sedimentos y vibraciones, en áreas naturales, protegidas o no, que por su fragilidad y exposición a contaminantes de cualquier tipo requieran de protección especial.*

Con respecto a este artículo, se detalla que la Autoridad Ambiental Nacional remitirá normas técnicas ambientales para sedimentos, suelo, agua, ruido y vibraciones, situados en espacios naturales que estén o no protegidos y con riesgo de cualquier tipo de contaminación.

SECCIÓN III

CALIDAD DE COMPONENTES ABIÓTICOS

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.*

De acuerdo a este artículo, se explica lo que constituye un componente abiótico dentro del ambiente, siendo aquellos factores que no tienen vida pero que influyen directamente con el entorno, los mismos que pueden presentar cambios por los efectos de las actividades del hombre.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los muestreos se realizaron en la zona sur de la provincia Esmeraldas (Véase Figura 1), en el río Bunche, ubicado exactamente en el cantón Muiste (Véase Figura 2). El cantón Muisne presenta coordenadas geográficas que van desde los 80°1'60" en longitud oeste y de 0°39'0" en latitud norte, además posee una temperatura promedio de 24.7 °C, pero puede variar entre los 17°C a los 27°C [(41)].

Este cantón cubre una extensión de 1265 km^2, su clima es tropical cálido húmedo con frecuentes precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 500 y 1000 mm por año. De acuerdo a sus límites geográficos al norte y este delimita con el Océano Pacífico, al sur con la provincia de Manabí y al oeste con la provincia de Esmeraldas [(42)].

Con respecto a su división política, está constituido por 9 parroquias: Galera, El Cabo de San Francisco, Bolívar, Sálima, Quingue, San Gregorio, Daule, San José de Chamanga y Muiste. Además, cuenta con un total de 28474 habitantes, hallándose más hombres que mujeres, correspondiente a 15344 habitantes masculinos [(42)].

Por consiguiente, en el cantón Muisne se encuentran varias áreas protegidas, siendo éstas la Reserva Marina Galera San Francisco, Reserva Ecológica Mache Chindul (REMACH), Refugio de Vida Silvestre del Ecosistema Manglar del Estuario Muisne, Cojimíes, Estuario Río Muisne y Área de Conservación Privada (Véase tabla 2), las mismas que poseen alta y media prioridad de conservación [(42)].

Tabla 3. Superficie de territorio continental del Cantón Muisne bajo conservación

Nombre del área protegida	*Proporción de superficie con cobertura natural (km2)*	*Prioridad de Conservación*
Reserva Marina Galera San Francisco	54,04	Alta
Reserva Ecológica Mache Chindul	119,72	
Refugio de Vida Silvestre del Ecosistema Manglar del Estuario Muisne, Cojimíes	3,17	
Estuario Río Muisne	3,17	
Área de Conservación Privada	11,12	Media

Fuente: PDOT (42)

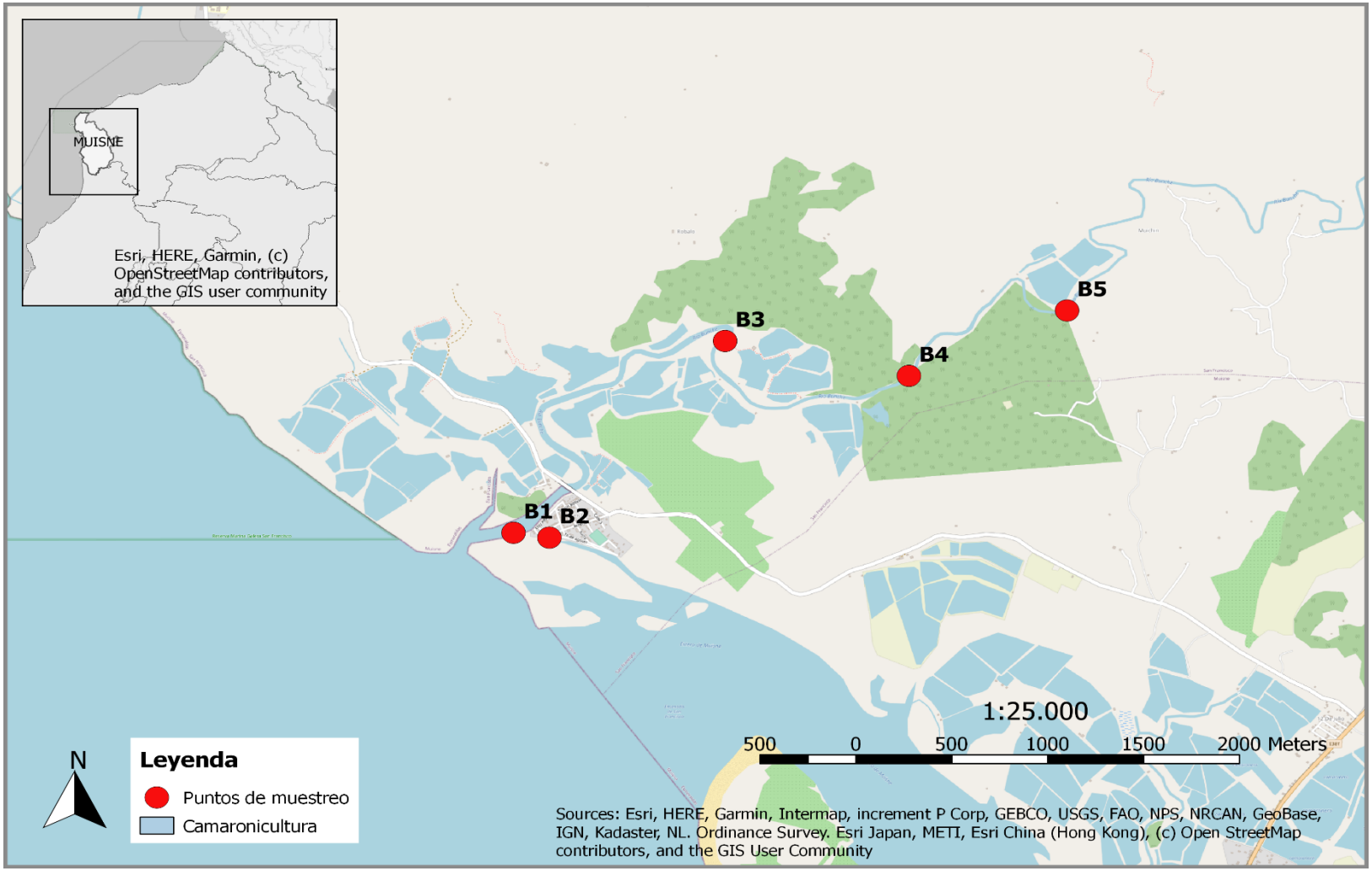


Figura 1. Ubicación Puntos de Muestreo

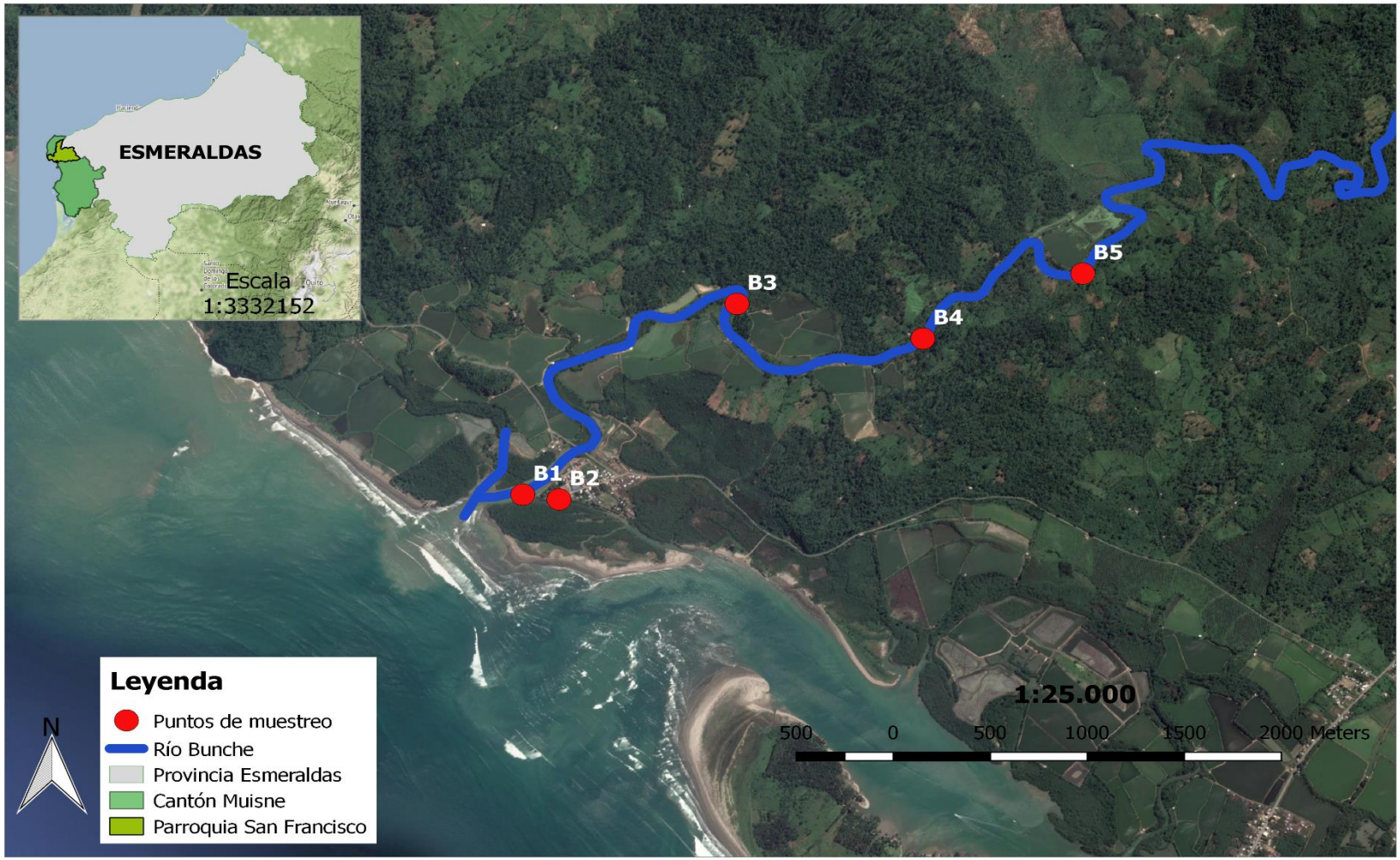


Figura 2. Área de estudio Río Bunche

Actividades de muestreo

Fase I- Campo

OE1. *Adquirir testigos de sedimentos superficiales en cinco sitios en la cuenca baja del río Bunche.*

La zona escogida para la recolección de muestras inició desde la zona poblada a 250 m de la desembocadura hasta, cerca de cinco kilómetros aguas arriba a lo largo del río Bunche. Se tomaron muestras en cinco puntos diferentes, espaciados en sitios donde hay impactos por actividades antrópicas, los puntos de muestreos se los denominó como, B1, B2, B3, B4, y B5, observándose sus respectivas coordenadas de ubicación (Véase Tabla 2 y Figura 1).

Tabla 4. Coordenadas Geográficas de los sitios de muestreo

Estación	*Coordenadas Geográficas*	
(B1) Desembocadura	17N 0606116	UTM 0070405
(B2) Zona Poblada	17N 0606303	UTM 0070377
(B3) Zona adyacente a varias piscinas camaroneras	17N 0607219	UTM 0071510
(B4) Zona adyacente a pocas piscinas camaroneras	17N 0608177	UTM 0071309
(B5) Zona adyacente a escazas piscinas camaroneras	17N 0609002	UTM 0071686

Para la obtención de las muestras se utilizó un sacatestigos de 55 mm de diámetro interno Con una altura de 60 cm (Véase Figura 3). Los sacatestigos poseen un cuerpo principal Core construido de acero y la forma de una flecha con aletas soldadas para el control de estabilidad vertical durante caída libre, pesan aproximadamente 10 kg. El tubo central puede recuperar hasta 60 cm de sedimentos [(27)] .



Figura 3. Sacatestigo empleado para la toma de muestras.

Materiales

Los materiales utilizados durante el muestreo fueron: un cooler de 80 litros, con la finalidad de conservar las muestras físico-químicas y biológicas, saca testigos de policarbonato transparentes, fundas con hielo, etiquetas, lápiz de grafito, cinta de embalaje transparente, cabo, recipientes para muestras, brújula manual, además uno de los principales equipos usados fue un GPS de la marca ETREX GARMIN, el cual fue útil para tomar coordenadas de los sitios a muestrear, además se utilizó el equipo Hach que sirvió para la medición del redox in situ.

Recolección de muestras

La recolección de muestras se pudo hacer a través métodos simples de muestreos para examinar la calidad de sedimentos obtenidos desde el fondo del río como fue el empleo de sacatestigos.

En este sentido la obtención de las dos primeras muestras, fueron tomadas en la zona poblacional del recinto Bunche. La primera fue tomada en el cruce que conecta un estuario del río Muisne con la bocana del río Bunche a dos metros de la orilla del río. Se procedió a sumergir el sacatestigos a unos 50 cm de profundidad (Véase Figura 4), obteniendo así la primera muestra denominada B1, y posteriormente almacenada en un cooler con hielo suficiente, para mantenerlas frescas hasta llegar al punto de almacenamiento de las muestras, ubicada en el laboratorio de pesca de la PUCESE.



Figura 4. Sumergiendo el saca testigo en el punto 1.

La segunda muestra fue tomada cerca de una casa con desagüe directo al río, siendo este, el punto de partida con la embarcación. En este punto cabe mencionar que resulto algo complicado la obtención de la muestra, por lo compacto del lecho del río, debiendo ejercer un gran esfuerzo con todo el cuerpo sobre el sacatestigos para obtener una mayor fuerza de empuje hacia el fondo, y poder sumergirla hasta el punto deseado, obteniendo de esta manera la muestra denominada B2.

Los otros tres puntos fueron tomados en zonas con presencia de bombas de succión para granjas camaroneras, donde se percibía el mal olor que emanaban estos lugares (Véase Figura 5).



Figura 5. Zonas con bombas de succión de granjas camaroneras.

Siguiendo la ruta, río arriba a unos 2.3 km desde el punto de partida llegamos al punto tres en el cual estacionamos la embarcación en un lugar estable, cerca de una zona de drenaje de camaronera para poder obtener la tercera muestra denominada B3 (Véase Figura 6).



Figura 6. Obtención de la muestra B3

El cuarto punto lo obtuvimos a 4km río arriba del punto de partida, cerca de una zona de drenaje. Una vez anclados procedimos a sumergir el sacatestigos sin necesidad de arrojarnos al río para obtener así la muestra B4 (Véase Figura 7).



Figura 7. Obtención de la muestra B4.

Para la obtención de la última muestra recorrimos cerca de 5km desde punto de inicio, así mismo cerca de una camaronera, donde existía una entrada a una de ella. Para finalizar con la obtención de la muestra B5, se procedió a arrojarse de la embarcación para tomar la muestra con mayor efectividad (Véase Figura 8).



Figura 8. Obtención de muestra B5

Luego de adquirir todas las muestras se procedió a guardarlas en un cooler con hielo para mantener las muestras en perfectas condiciones y así evitar su descomposición. Una vez culminada la fase del muestreo se procedió a llevar las muestras al laboratorio

de Pesca de la PUCESE sector Santa Cruz, donde inmediatamente se reubicaron las muestras en un el congelador a una temperatura estable por debajo de 6°C con escasa luz para evitar la multiplicación de algún microorganismo que pueda invalidar las muestras.

Fase II- Laboratorio

OE2. *Determinar el potencial óxido-reducción (Eh) y el contenido de materia orgánica total en testigos de sedimentos a distintas profundidades.*

Potencial redox

Para la obtención de las muestras se utilizó un sacatestigos de 55 mm de diámetro interno con una altura de 55 cm (Véase Figura 9). Luego se procedió a sumergir esta herramienta a 5 cm de profundidad en cada una de las cinco estaciones muestreadas, en donde se hizo presión con este instrumento alrededor de unos 5 minutos aproximadamente en cada uno de los muestreos hasta obtener de esta forma el sedimento desde el fondo del río Bunche.



Figura 9. Altura del testigo

Días posteriores se procedió al análisis de las primeras muestras de sedimentos siguiendo los siguientes protocolos.

Se realizó la apertura del primer testigo con sedimentos evitando cualquier deformación de la secuencia de deposición. Una vez equilibrado el testigo además de incrustarle en la parte inferior un tubo roscable de hierro de una pulgada, adaptado con un tubo de cera altamente resistente de menos de dos pulgadas y media (Véase Figura 10). Para que la muestra de sedimento al hacerle algo de fuerza al tubo hacia abajo, este pueda ascender. Posteriormente calibrado el Hach, se procedió a obtención de los primeros datos de potencial redox. Donde cada medición se tomaba a 2cm de profundidad (Véase Figura 11) para poder incrustar el sensor de manera correcta y proceder a la medición (Véase Figura 12).



Figura 10. Medición de redox en muestra.



Figura 11. Muestra antes de seccionar cada 2cm.



Figura 12. Calibrando el sensor para la obtención de datos redox

A medida que se tomaban los datos se procedió a seccionar las muestras para ser guardadas en fundas Ziploc con sus etiquetas correspondientes a cada punto (Véase Figura 13), para así tenerlas hermetizadas y guardadas en el congelador hasta el momento de su posterior secado.



Figura 13. Muestras Hermetizadas y etiquetadas

Una vez obtenido los datos de un tubo, se procedió a dejar limpio el laboratorio de trabajo, para así el siguiente día continuar con la posterior muestra, ya que cada sección tardó aproximadamente de 15 a 25 minutos para estabilizar el Hach y obtener las respectivas medición (Véase Figura 14).



Figura 14. Hach estabilizado con respectiva medición en mV.

La obtención de todos los datos de los puntos de muestreo fue culminada en el plazo de cinco días laborales.

Fase III- Etapa en el laboratorio Materia Orgánica

OE3). *Establecer la correlación existente entre el contenido de material orgánica y el potencial redox en sedimentos analizados.*

Una vez obtenidas las muestras de los cinco testigos, y de haber etiquetado las cajas Petri de vidrio de 100mm por 15mm. Se procedió a la colocación de las 15 primeras muestras en las respectivas cajas Petri para ser ubicadas en el horno y proceder a su respectivo secado (Véase Figura 15).



Figuera 15. Horno con 15 muestras ubicadas con una separación de 2 cm respectivamente

El secado de las muestras fue realizado en un horno de marca BIOBASE modelo BOV-V65F, con una fuente de alimentación de 220V 60HZ, con fecha de elaboración 12/2017 procedente de China (Véase Figura 16). A una temperatura de 60°C.



Figura 16. Horno con muestras a temperatura de 60°C

El secado de las muestra se realizó en un periodo de 2 horas, una vez seca las muestras, se procedió a molerlas en un mortero de porcelana (Véase Figura 17). Para posteriormente almacenar cada muestra ya molida respectivamente en un tubo eppendorf previamente etiquetadas con cada punto y sección.



Figura 17. Muestras siendo molidas en mortero de porcelana para análisis de MOT

Una vez puestas las muestras en los tubos eppendorf, se procedió a ubicarlas en un desecador por 30 min para proteger las muestras de la humedad (43). Luego se inició con pesar los crisoles y continuamente, estos con una muestra seca de los eppenderf (Véase Figura 18) donde a medida que se pesaban se ubicaban uno por uno en la Mufla de marca Thermo scientific modelo FB1410M, para una vez dentro 24 muestras

comenzar con el proceso de incineración a una temperatura 550°C en un periodo de 5h (Véase Figura 19 y 20).

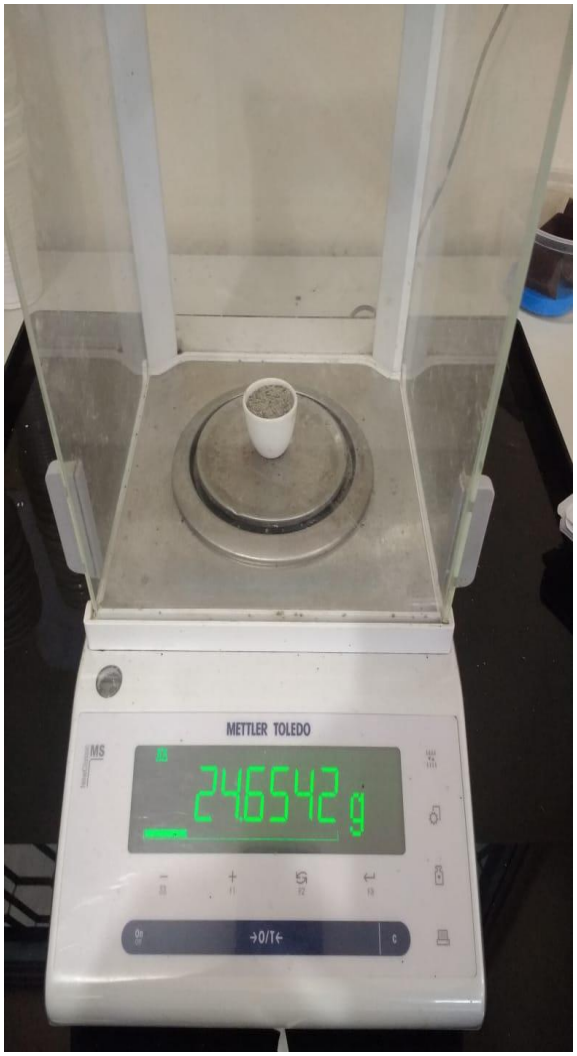


Figura 18. Crisol con muestra seca luego de ser molidas



Figura 19. Mufla con muestras



Figura 20. Muestras calcinadas por mufla.

Una vez calcinadas las muestras se procedió a ubicarlas en el desecador para que no le entre humedad, y pesarlas inmediatamente (Véase Figura 21). Para así calcular la perdida de materia orgánica total (MOT).



Figura 21. Muestras incineradas y reubicadas en el disecador

Fase IV- Análisis de datos

OE3) *Establecer la correlación existente entre el contenido de materia orgánica y el Potencial Redox en sedimentos analizados.*

Obtenidos los datos de cada sitio, tanto para el potencial redox, como para materia orgánica se realizó una tabla de datos en Excel, luego se procedió a importar al software libre de lenguaje estadístico R, el cual atribuye al nombre de sus creadores Ross Ihaka y Robert Gentleman en 1992 en Nueva Zelanda [(44)] .

Este software ayudó en la creación de diagramas de cajas y bigotes (Bloxplot), además de elaboración de gráficos de dispersión de los datos tanto de potencial redox, como de materia orgánica y su correlación con respecto a la media y mediana [(45)] .

Para el análisis de datos de correlación entre redox y mot, una vez ingresados los datos a una tabla y posteriormente al programa R se procedió a realizar la prueba de normalidad mediante el test de Shapiro, y posterior mente el test de correlación de Pearson [(46)] .

OE4. *Relacionar la calidad de agua y sedimentos respecto de las principales actividades del entorno próximo del sitio de muestreo mediante análisis multivariado.*

Los datos levantados en cada sitio tanto de parámetros fisicoquímicos del agua, así como de los valores redox contenido de materia orgánica total se ingresaron a una plantilla de calculo que fue exportada hacia software de uso libre PAST3X practicándose un análisis de componentes principales para observar la distribución de sitios en función de la varianza acumulada total.

CAPITULO IV: RESULTADOS

Parámetros de calidad de agua in situ

A continuación se observan los parámetros de calidad de agua durante el muestreo practicado para cada sitio donde se obtuvieron los testigos sedimentos superficiales del río Bunche (Véase Tabla 2).

Tabla 2. Georreferenciación de los puntos de muestreos seleccionados para los análisis de sedimentos in situ.

Sitios	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Saturación de Oxigeno (%)	Conductividad electrica (mS/Cm)	Temperatura (°C)	Salinidad (ppt)	Redox in situ (mV)
Punto 1	7,78	98	20	27.1	34	88,2
Punto 2	7,77	99	24,2	27,7	30	76,7
Punto 3	7,9	100,5	38,5	27,6	23,5	61,4
Punto 4	6,92	88	24,2	27,2	14,05	82,4
Punto 5	7,42	93,1	10,18	27,3	5,58	65,9

Potencial redox

Los datos obtenidos en potencial redox, y materia orgánica con relación a la profundidad y sitios fueron los siguientes (Véase Tabla 3).

Tabla 3. Datos obtenidos en los cinco sitios a diferentes profundidades (se añadió el signo negativo para mejor apreciación de gráficos)

Sitio	Muestras	MOT (%)	Redox (mV)	Profundidad -(Cm)
B1	B1-1	2%	303	-2
B1	B1-2	2%	242,05	-4
B1	B1-3	5%	144,25	-6
B1	B1-4	5%	18	-8
B1	B1-5	5%	-48,25	-10
B1	B1-6	3%	77,7	-12
B1	B1-7	3%	183,65	-14
B1	B1-8	2%	86,3	-16
B1	B1-9	1%	166,8	-18
B1	B1-10	1%	141,2	-20
B1	B1-11	2%	193,2	-22
B1	B1-12	1%	121,6	-24
B2	B2-1	2%	331,4	-2
B2	B2-2	1%	329	-4
B2	B2-3	1%	363,7	-6
B2	B2-4	1%	394,4	-8
B2	B2-5	1%	401,8	-10
B2	B2-6	1%	415	-12
B2	B2-7	1%	418,5	-14
B2	B2-8	1%	417	-16
B2	B2-9	1%	418,9	-18
B2	B2-10	2%	417,8	-20
B2	B2-11	2%	425,8	-22
B2	B2-12	2%	419,5	-24
B2	B2-13	2%	425,7	-26
B2	B2-14	2%	420,1	-28
B2	B2-15	8%	429,7	-30
B3	B3-1	9%	197,7	-2
B3	B3-2	10%	189,8	-4
B3	B3-3	9%	45,7	-6
B3	B3-4	8%	-55,2	-8
B3	B3-5	10%	77,6	-10
B3	B3-6	9%	-72,3	-12

B3	B3-7	8%	-123	-14
B3	B3-8	10%	-144,8	-16
B3	B3-9	8%	-162,9	-18
B3	B3-10	8%	-76,9	-20
B3	B3-11	8%	-55,6	-22
B3	B3-12	8%	-56,3	-24
B3	B3-13	8%	-64	-26
B3	B3-14	7%	-83,4	-28
B3	B3-15	7%	-151,5	-30
B3	B3-16	9%	-84,1	-32
B4	B4-1	9%	144,25	-2
B4	B4-2	9%	-197	-4
B4	B4-3	9%	-54,5	-6
B4	B4-4	10%	9,2	-8
B4	B4-5	11%	-25,4	-9
B4	B4-6	11%	-44,7	-10
B4	B4-7	11%	12,8	-12
B4	B4-8	13%	-191,6	-14
B4	B4-9	11%	-188,6	-16
B4	B4-10	12%	-78,8	-18
B4	B4-11	15%	-144	-20
B4	B4-12	16%	-133,7	-22
B5	B5-1	8%	334,9	-2
B5	B5-2	8%	184,6	-4
B5	B5-3	7%	29,2	-6
B5	B5-4	7%	91,1	-8
B5	B5-5	7%	41,5	-10
B5	B5-6	8%	170,4	-12
B5	B5-7	7%	24,9	-14
B5	B5-8	8%	40	-16
B5	B5-9	8%	153,7	-18
B5	B5-10	5%	126,2	-20
B5	B5-11	6%	77,7	-22

Comportamiento del redox en los sítio.

En el presente gráficos de cajas (Boxplot), se utilizó ANOVA no paramétrica el test de Fligner Killeen con un p-value de 0.03463 al 95% de confianza, cual indica las diferencias de las medianas y medias del potencial redox con los sitios muestreados (Véase figura 22), siendo B2 (A) el sitio con mayor oxidación y el que difiere del resto, B1 (B) y B5 (B) no difieren entre ellos con un factor de 0.9842107 mientras que B3 (C) y B4 (C) tampoco difieren con un factor de 0.8407596, siendo estos los puntos con mayor oxi-reducción.

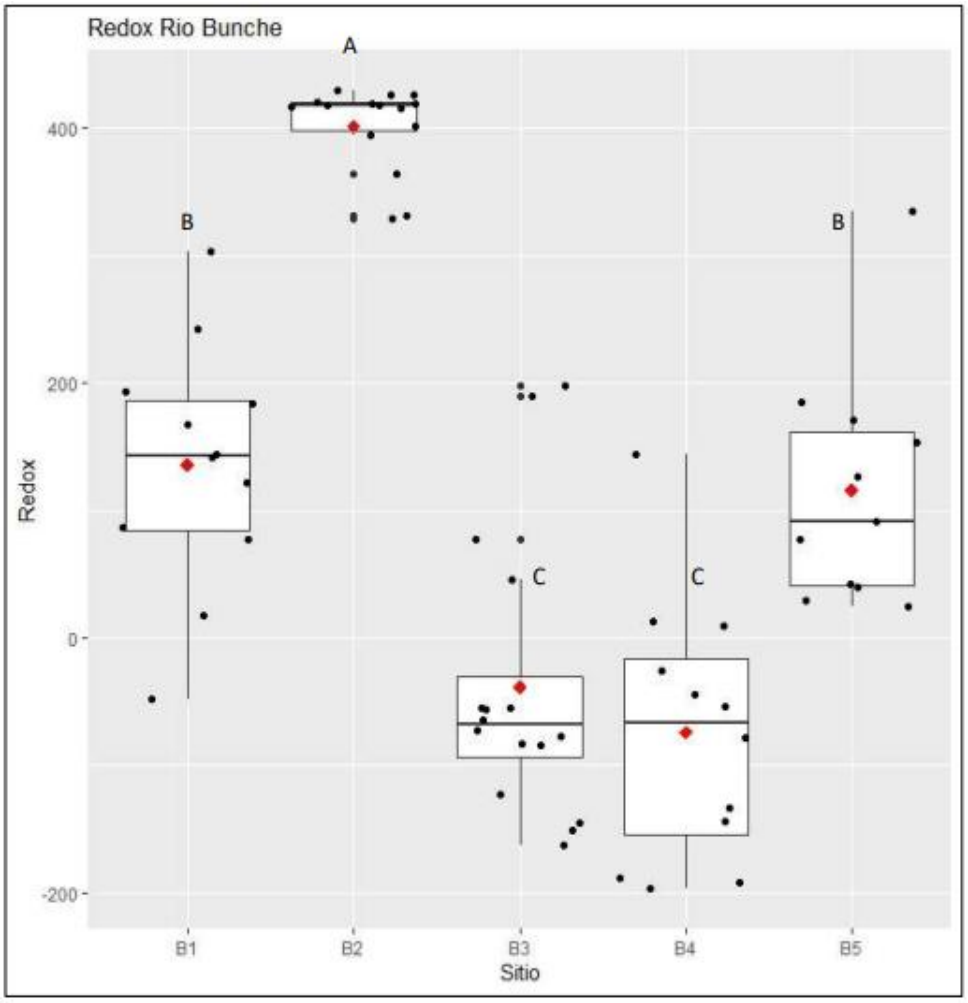


Figura 22. Comportamiento del potencial redox con los sitios

Relación potencial Redox y profundidad

La Figura 23; Muestra un diagrama de dispersión donde la profundidad con el potencial redox no guarda correlación alguna, con una estimación de -0.09448036. Donde además resalta el aumento del redox con la profundidad para las muestras del sitio B5.

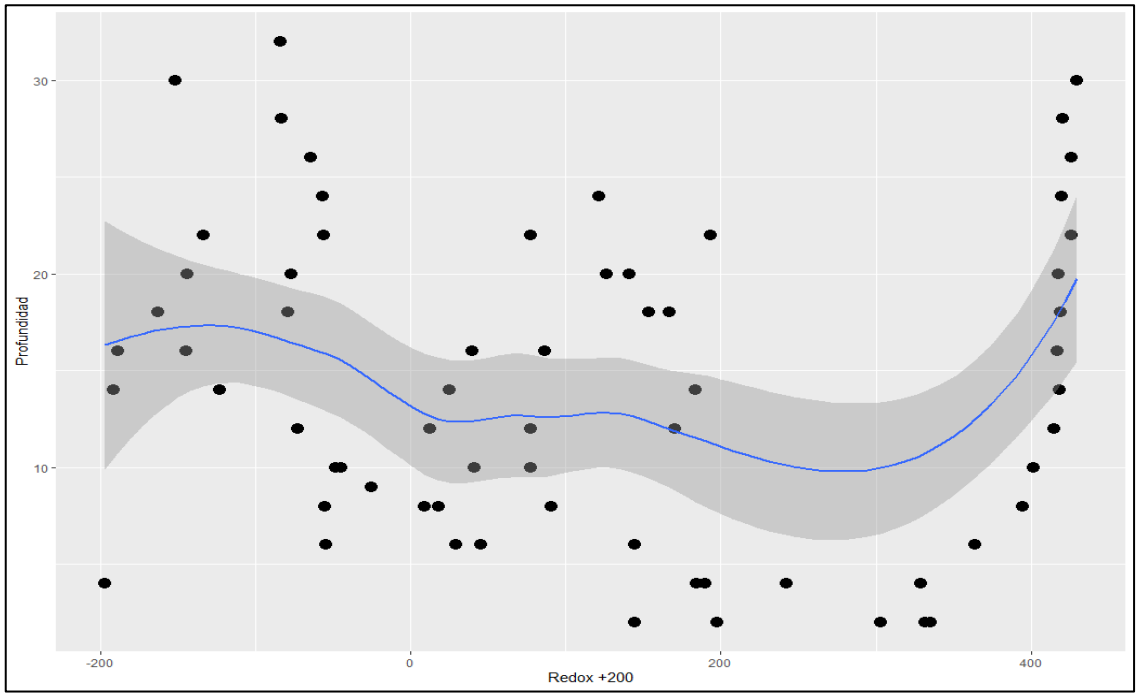


Figura 23. Diagrama de dispersión entre profundidad y potencial redox.

Materia orgánica

El diagrama de cajas (Fig. 24)**.** Indica indica el sitio B4 (a), posee mayor cantidad de materia orgánica, B3 (b) y B5 (b) se asemejan en cuanto a MOT, mientras que B1 (c) y B2 (c) son los sitio que obtuvieron los más bajos niveles de materia orgánica en relación con los otros sitios, con una media inferior al 4% de materia orgánica.

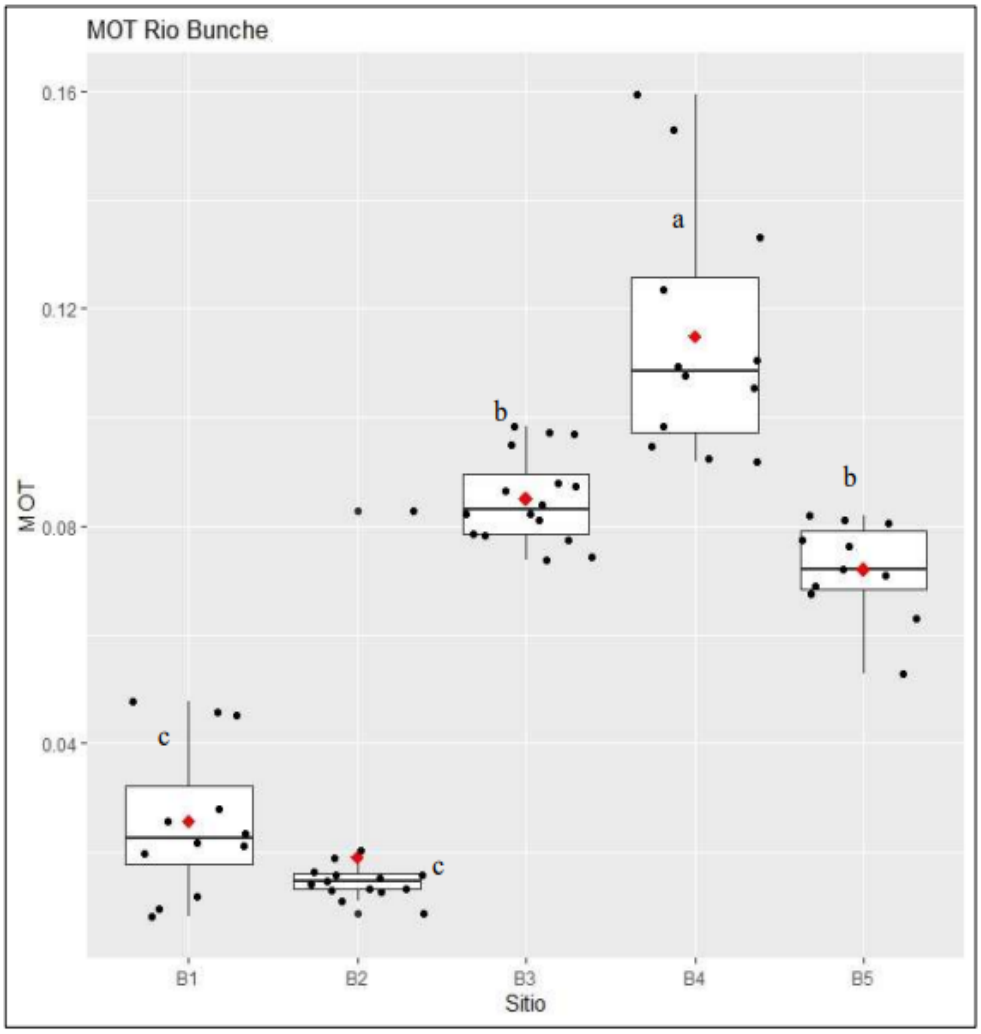


Figura 24. Diagrama de cajas de materia orgánica con los sitios de muestreo

Por otro lado, la Figura 25; Muestra el comportamiento entre materia orgánica con la profundidad. Donde utilizando el test de Fligner Killeen nos muestra una mediana entre las muestras de 0.05225. Estando la mayor cantidad de muestras cercanas al 8% de MOT con respecto a la profundidad.

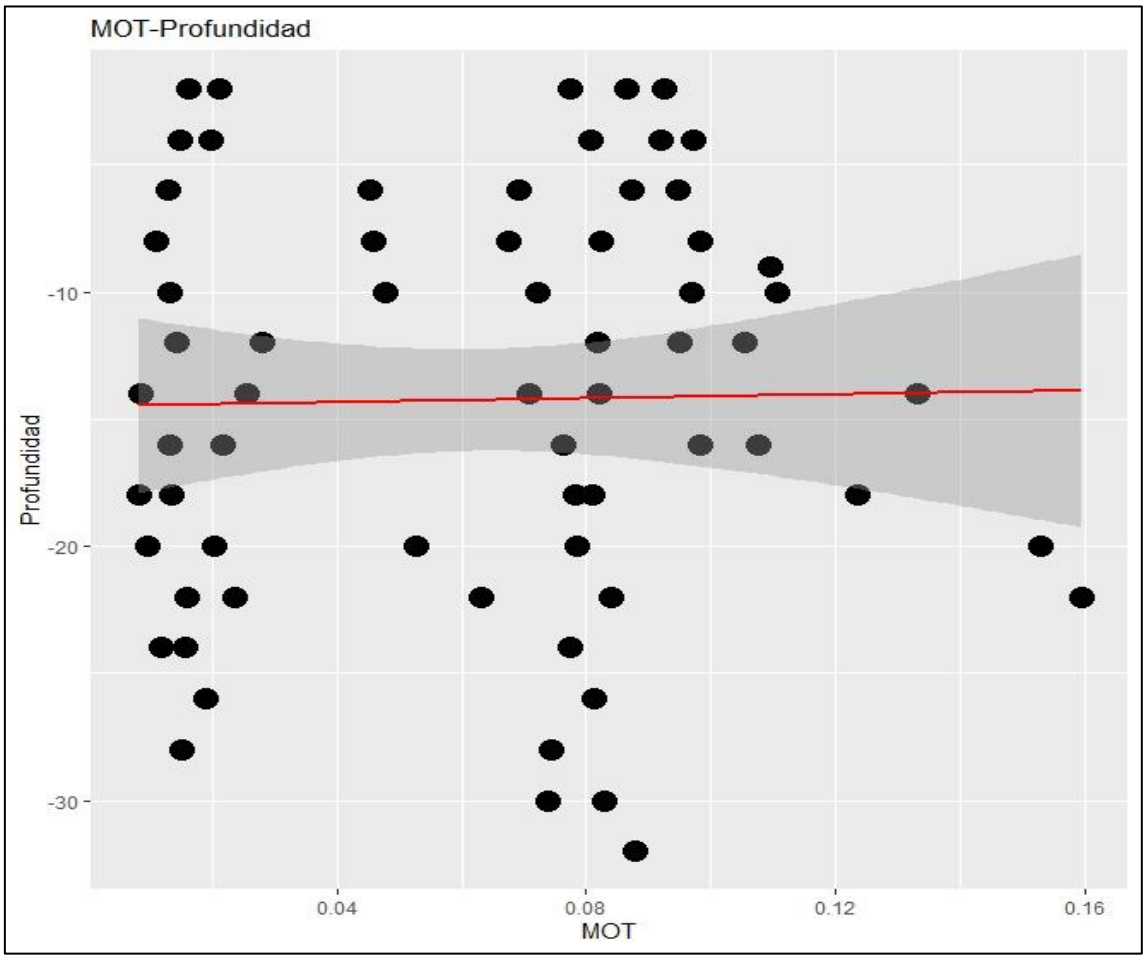


Figura 25. Comportamiento de MOT y Profundidad.

La figura 26 muestra la diferencia ilustrada con colores respectivos de cada punto muestreado con datos dispersos del MOT en relación de su profundidad. Donde en el punto B2 el cual es el punto de partida de la embarcación no varía su profundidad con la materia orgánica manteniéndose con MOT cercano al 2%, B1 aumentó brevemente su MOT del 2 % hasta cerca de 5 % con la profundidad, B3 y B5 disminuyeron levemente su MOT con respecto a la profundidad. Finalmente B4 obtuvo un aumento de materia orgánica notable del 16% en su máxima profundidad cercana a 20 cm.

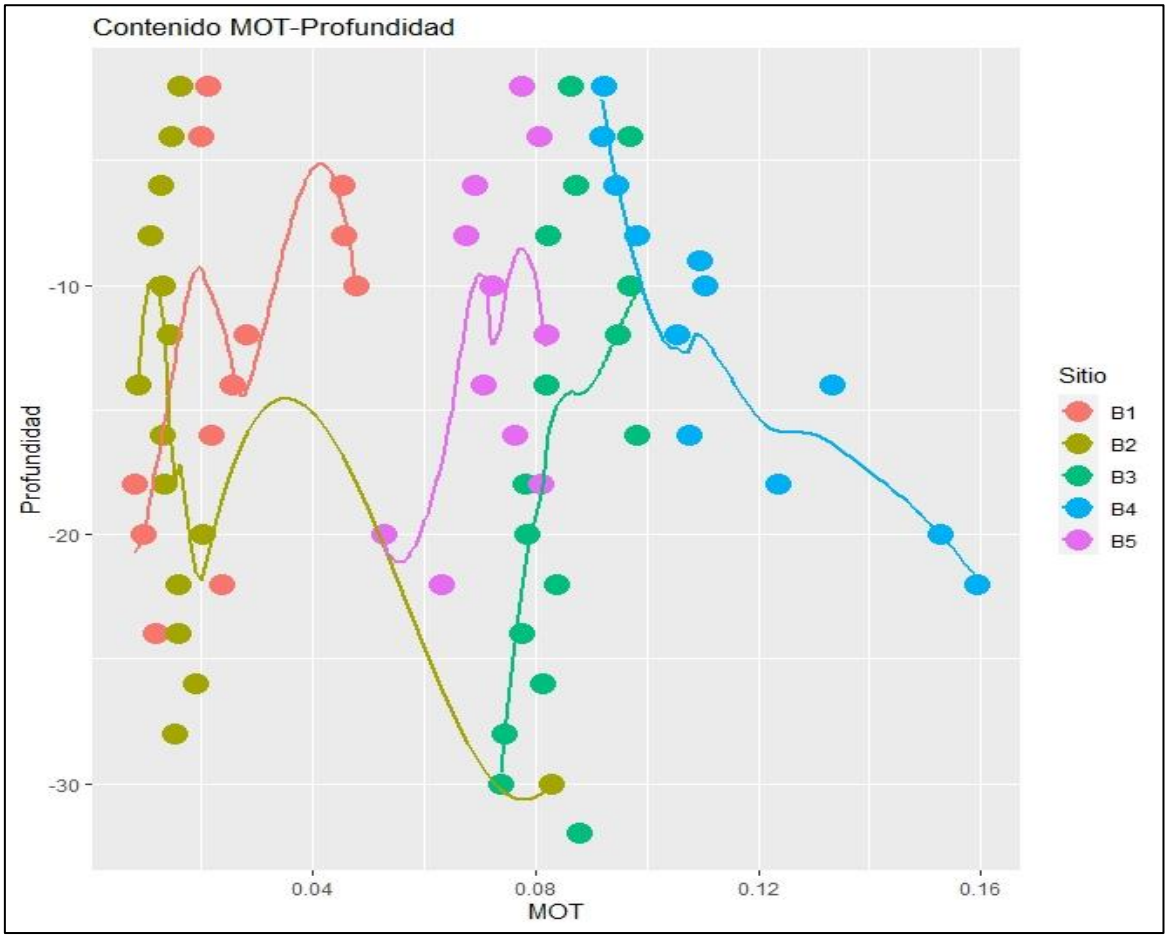


Figura 26. Relación entre MOT y Profundidad de los diferentes sitios. B1 (zona estuarina intersección), B2 (zona estuarina punto inicial de embarcación), B3 (desembocadura de camaronera1, B4 (Desembocadura de camaronera 2), B5 (desembocadura de camaronera 3).

Correlación entre la materia orgánica y el potencial redox.

Al integrar los valores obtenidos de lecturas redox y el contenido de materia orgánica en una correlación de Pearson se tuvo un coeficiente de correlación de -0.748477 con inter valos de confianza al 95% de -0.8385936 -0.6184868 obteniendo una correlación negati va significativa alta (fig. 27). Además muestra la dispersión de muestras entre el potenci al redox y la materia orgánica total (MOT) de los cinco sitios, donde a 300mV de redox la MOT es baja, y en los sitios con -200mv el MOT aumenta hasta el 16% aproximadam ente.

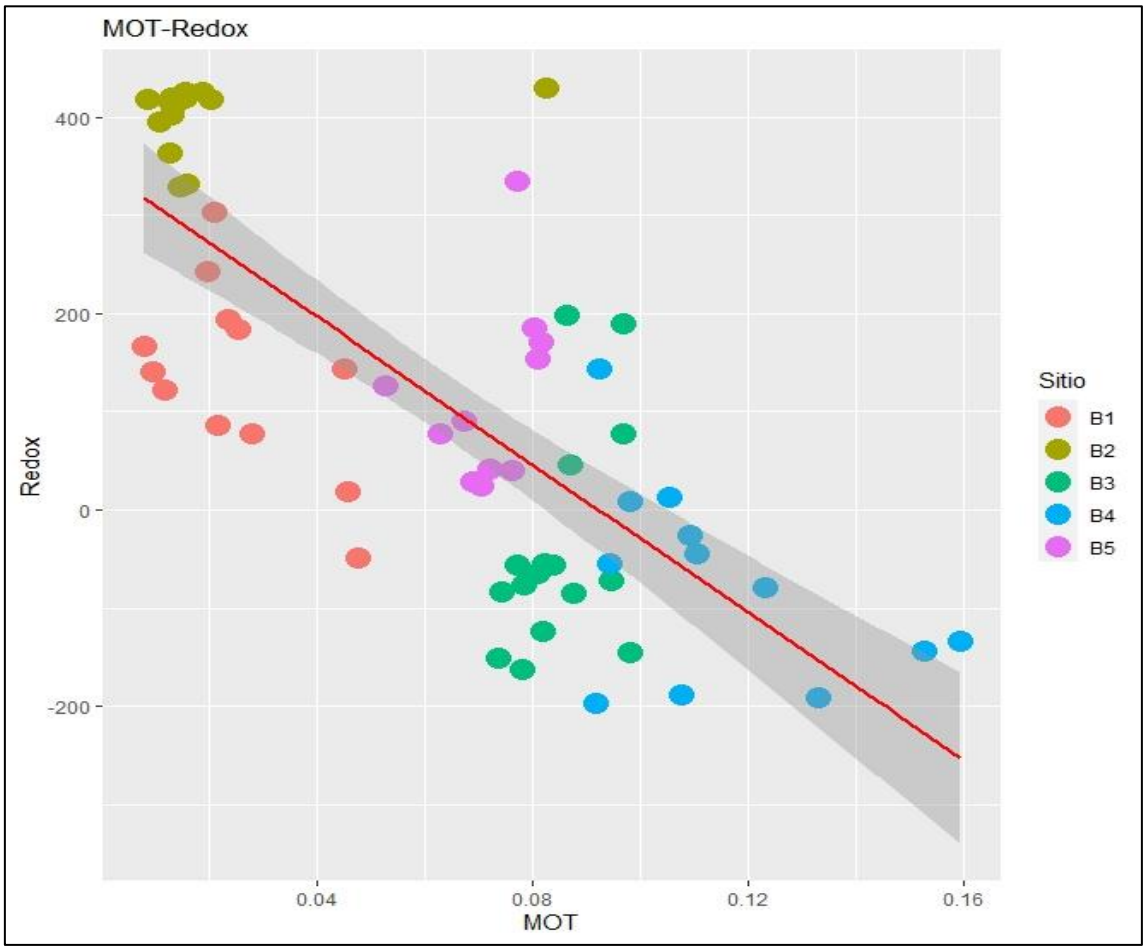


Figura 27. Diagrama de dispersión entre materia orgánica (MOT) y potencial redox

El siguiente gráfico muestra las tendencias de cada punto de muestreo, entre materia orgánica y potencial redox, donde claramente se observa que el punto B2 es el que difiere del resto, al aumenta el redox con 400 mV, el porcentaje de materia orgánica aumentó levemente un 4%, B1 disminuyó el redox y aumentó el MOT, B3 disminuyó redox, luego aumenta y con ello el MOT al 8%, B4 claramente disminuye el redox y aumenta el MOT hasta un 16%, finalmente B5 al aumentar el redox aumentó de manera leve el MOT (Véase figura 28).

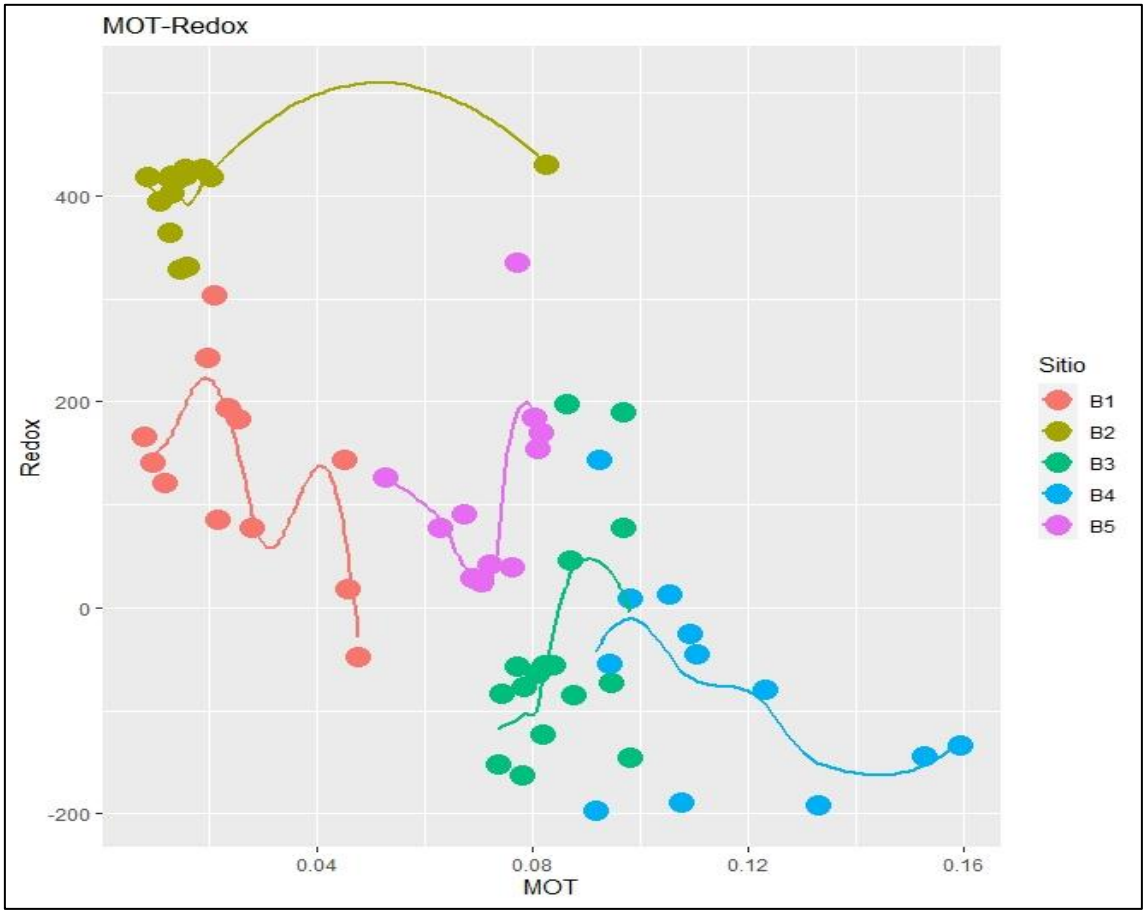


Figura 28. Correlación entre materia orgánica y potencial redox de cada sitio.

En consecuencia tenemos que mientras aumenta el potencial redox disminuye la materia orgánica, en cuanto al porcentaje de MOT tenemos que B4) difiere con valores de 11,49 ± 2,28 siendo el sitio con mayor porcentaje de materia orgánica total. En cuanto al redox el punto B2) obtuvo valores de 401,89 ± 33,45 siendo el sitio con la tasas más elevadas en redox mientras que los puntos B3) y B4) obtuvieron valores de -46,98 ± 104,03 y -74,34 ± 102,81 respectivamente, siendo los sitios con mayor negatividad en cuanto a redox (Véase tabla 4).

Tabla 4**.** Relación entre medias del redox y MOT.

VARIABLES	B1	B2	B3	B4	B5
MOT (%)	2,44 ± 1,29 **(c)**	1,9 ± 1,78 **(c)**	8,57 ± 0,8 **(a,b)**	11,49 ± 2,28 **(a)**	7,20 ± 0,88 **(b)**
REDOX (mV)	136,04 ± 86,37 **(b)**	401,89 ± 33,45 **(a)**	-46,98 ± 104,03 **(b,c)**	-74,34 ± 102,81 **(c)**	115,83 ± 92,93 **(b)**

Relación la calidad de agua y sedimentos respecto de las principales actividades del entorno.

Al ingresar todas las variables de calidad de agua y de sedimentos y relacionarlos con los cinco sitios mediante un análisis multivariado de componentes principales se obtuvo las componentes uno y dos de 45,54 y 30,261 respectivamente en cuanto a la correlación del porcentaje de varianzas. Donde la variación total explicada acumuladas de las dos componentes al sumarse es de 75,801 de variación existente en la matriz de datos. Por otro lado también nos muestra los puntos B1 y B2 son los más cercanos entre sí, ya que estos se asemejan en cuanto a salinidad, Redox, Oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, salinidad y saturación de oxígeno, B3 y B4 difieren de los demás sitios por tener mayor porcentaje en cuanto a materia orgánica y escaso redox, B5 con valores altos en redox y escasa materia orgánica (Véase figura 29).

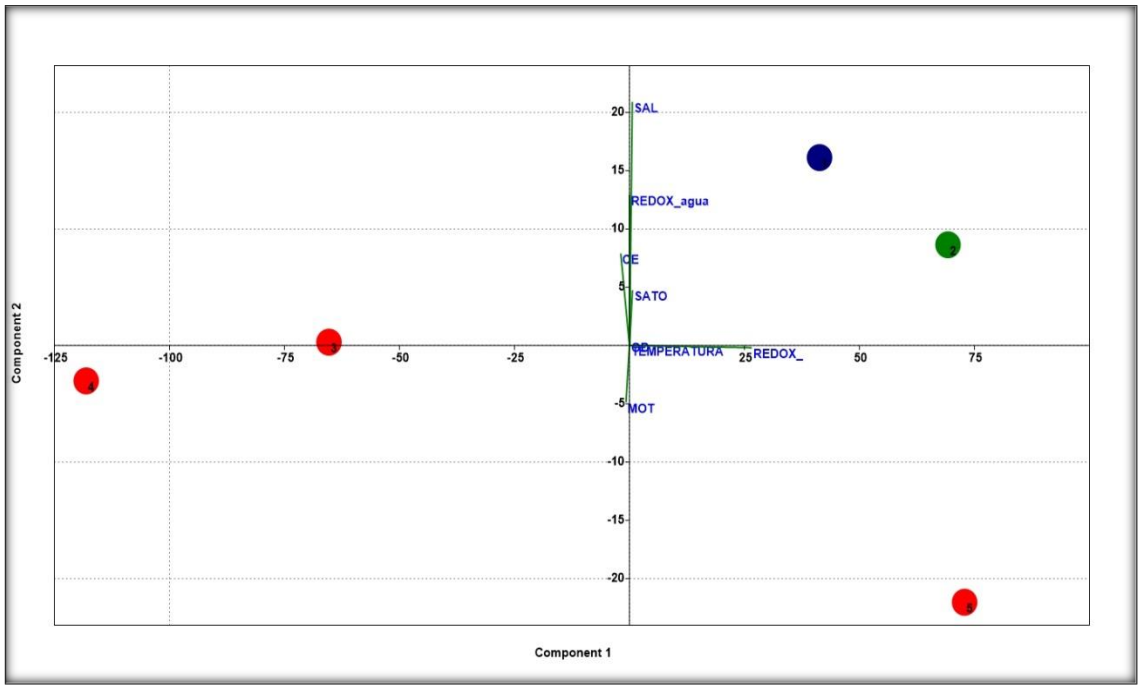


Figura 29. Distribución de los sitios en función de datos de calidad de agua y de sedimentos superficiales mediante análisis multivariados de componentes.

En la figura 30 se aprecian los componentes principales, con mayor inclinación a los sitios, donde se apreció claramente la inclinación del MOT hacia B4 y B3, los sitios B1 y B2 tienen mayor inclinación hacia el redox y sal. Los otros elementos conductividad eléctrica, temperatura, oxigeno disuelto, saturación, se inclinan por los sitios B3 y B2.

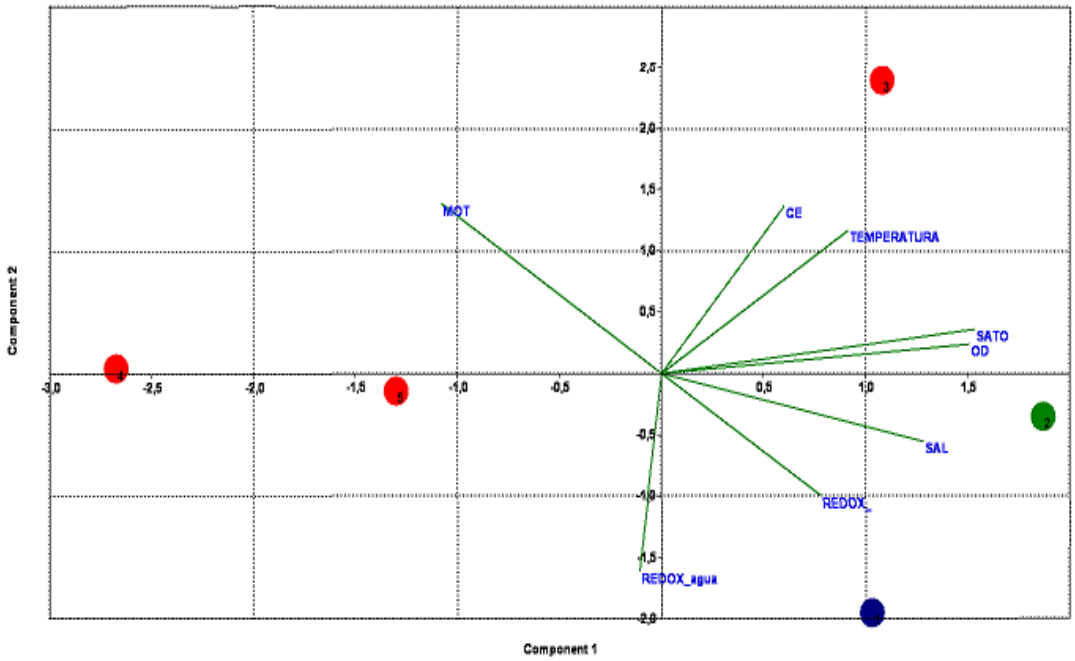


Figura 30. Distribución de componentes principales con los sitios

CAPITULO V: DISCUCIÓN

La realización del presente estudio tuvo como finalidad conocer diferencias entre sedimentos de los cincos diferentes sitios a lo alto y bajo del río Bunche, donde estas se ven relacionadas con diferentes actividades que realizan los moradores al borde del río afectando de manera directa e indirectamente a la calidad de sedimentos.

En cuanto al potencial redox de los Boxplots o gráficos de cajas, en el punto B2 muestra valores mayores a 200 mV siendo completamente óxicos. Lo que coincide con el estudio de Hargrave et al[5] donde indica que valores de concentración de sedimentos marinos costeros mayores a 100mV de Eh se encuentra en una zona de enriquecimiento denominada óxicas .

Esto es relacionado con el sitio ya que el punto B2 se caracterizó por ser una zona cercana al mar, manglares, además de sectores con pequeñas áreas coralinas. El sitio del punto B1 se caracterizó por ser una zona intermedia entre el estuario del sitio B2 y la bocana del río Bunche inicio del estuario del río Bunche; los sitios B3 y B4 se caracterizaron por ser zonas camaroneras, cercanas a sus desembocaduras mientras que B5 se caracterizó por ser una zona no tan cercana a camaronera más bien cerca de manglares intervenidos.

Cabe recalcar que los puntos B1 y B2, al obtener las columnas de sedimentos a cierta profundidad las muestras en especial B2 presentaron contextura arenosa y con pequeñas gravas, dejando espacios porosos con aire ambiente, lo cual se relaciona con el trabajo realizado por Otero et al[47] donde compara muestras de suelos y sedimentos de diferentes ambientes intermareales, siendo la arena fina-gruesa las que mantuvieron mayor nivel de elementos primarios en procesos geoquímicos de ambientes marinos como materia orgánica, Hierro (Fe) total, Manganeso (Mn), azufre (S) y valores mayores de 200mV de potencial redox; En el presente análisis las muestras cercanas a zonas marinas resultaron tener mayor valor de oxidación, como en el caso del sitio B1 y en especial B2, donde este comienza con valor de 331,4 mV y a medida que aumenta la profundidad hasta llegar a -28 cm obtiene un valor redox de 429,7 mV por lo cual los sustratos arenosos acumulan poca materia orgánica a medida que aumenta la

profundidad, estos pueden servir como agentes filtrador de materia orgánica según García et al [48].

Según Hargrave [5] establece criterios, donde se puede ver la calidad de agua en función de los análisis de procesos bioquímicos y biológicos de los sedimentos, donde indica que cuando el potencial redox disminuye se torna negativo, lo cual obtiene retención de oxígeno que pasando de -200mV entra a una fase anóxica, donde ya no hay oxígeno y la vida queda prácticamente delimitada; Este criterio también fue tomados por Espinosa et al [49]; en un estuario de manglares de Colombia, donde comparables con el río Bunche. En los sitios B3 y B4 sufre una disminución del redox con una correlación de -0.748477 y medias de -46.97895 y -74.33750 respectivamente, lo cual al disminuir la cantidad de potencial redox, y al no llegar a valores superiores de -200mV, este tendría que estar en un estado hipóxico resultando tener menor cantidad de vida según la (Tabla.1) de Rangos de potencial redox para distintos procesos metabólicos.

Como se observa en los resultados del gráfico de cajas de materia orgánica (Grafico 27) el sitio B2 es el que tiene menor porcentaje de materia orgánica, lo cual se podría relacionar con la calidad de los sedimentos, y la cantidad de gravas o arena, a diferencia de los puntos B3 y B4 que son los sitios con mayor contenido de materia orgánica, y podría estar relacionadas con su cercanía a camaroneras y destrucción antropogénica de los manglares destruidos según Pérez et al[50]. Por otra parte al relacionar los sitios de muestreos con la calidad de sedimentos según el FIPA (Tabla 4) se califica los sitios B1=1 y B2=1 en estado excelente, B3= 3 regular B4= 3 y 4 en estado regular a malo y B5= 3 en estado regular.

En un estudio realizado por Brettar et al[51] habla de la correlación entre potencial redox, y materia orgánica, donde indica muestras de potenciales redox más bajas para muestras con mayor contenido de materia orgánica, al igual que Hargrave [5]**.** Donde al comprar con los resultados obtenidos nos muestra una correlación diferente de cero, con intervalos de confianza al 95% donde al aumentar el potencial redox, disminuye la materia orgánica.

Uno de los datos en la correlación del redox y la materia orgánica, marca diferencias entre las demás muestra, la del sitio B2, donde indica un mayor aumento de potencial redox y materia orgánica, existiendo una alteración, lo cual se compara con la investigación realizada por Fernandez et al[52]. Donde dice que las reacciones redox son

sensibles al oxígeno y propensos a errores. Por lo que el sitio B2 se encuentra en una zona con mayor presencia de arena gruesa y sustrato, lo cual pudo a ver influido en el aumento de potencial redox y la materia orgánica, coincidiendo con los trabajos realizados por Marchand et al[53] y Galloway Jason et al[54] .

Por consiguiente al relacionar la calidad del agua y los datos de sedimentos superficiales respecto a las principales actividades del entorno de los cinco sitios, los puntos B1 y B2 se asemejan al tener la mayor cantidad de componentes en buen estado, lo cual se puede relacionar con su cercanía al mar, y la buena calidad de sus manglares mientras que los sitios B3 y B4 difieren de los demás sitios ya que al estar en una zona camaronera en la parte alta del estuario de Bunche y escasa calidad de los manglares podría a ver sido afectado sus principales componentes en especial el redox dando valores negativos y aumento de la materia orgánica. Lo cual se relaciona con la investigación realizada por R. Ray et al[55], donde compara el entorno de los manglares y concluye que existe un fuerte vínculo entre los bosques de manglares y estuarios en término de exportación, intercambio y transformación de carbono y sedimentos lo cual a su vez abarca varios componentes como materia orgánica, oxígeno disuelto, salinidad, conductividad eléctrica y otros organismos. Por lo que al estar más cerca del mar y de manglares mejor es la calidad de sus elementos. Esto contrarresta con el sitio B5 donde al estar en la zona alta del estuario del río Bunche posee una calidad de redox buena pero un alto porcentaje de materia orgánica total, lo cual pudo a ver estado influido por la cantidad de escombros por parte del manglar destruido para instalación de camaroneras.

Algunos enfoques internacionales a tomar en cuenta para la calidad de sedimentos son los realizados en aguas costeras de Florida, Estados Unidos [56], la resolución CONAMA n° 344/2004 de Brasil [57], y criterios del informe FIP del 2006 para la clasificación de sedimentos según el contenido de materia orgánica [58], y potencial redox [25] por lo que el punto B4 sería el punto en estado más negativo, con reducción de sulfatos cercana a la metanogénesis (producción de metano) y calidad de sedimento regular cercana a malas, lo que podría provocar escases de oxígeno y por ende pérdida de biodiversidad en este sitio.

Tabla 5. Descripción de cada sitio y su estado.

SITIOS	DESCRIPCIÓN DE SITIO	PROCESOS	DESCRIPCIÓN DE CLASIFICACIÓN
B1	Zona estuarina intersección	Respiración	Excelente
B2	Zona estuarina punto inicial de embarcación	Respiración	Excelente
B3	Desembocadura de camaronera 1	Reducción de sulfato	Regular
B4	Desembocadura de camaronera 2	Reducción de sulfato	Regular
B5	Zona cercana a camaronera	Reducción de nitratos	Regular

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En vista a los resultados y discusión obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que al adquirir los testigos de sedimentos en las cinco estaciones de la cuenca baja del río Bunche, el potencial Redox en los puntos B1 y B2 resultó ser los que tienen mayor valor, lo que evidencia una buena calidad de oxígeno en sus sedimentos, mientras que los otros puntos en especial B4, obtuvieron valores negativos, existiendo pérdidas significativas de sulfatos. Siendo B4 el que contiene la peor calidad de sedimentos mientras que el punto B2 la mejor.
- Por consiguiente la correlación entre materia orgánica y potencial redox, se obtuvo una correlación significativa negativa, donde al disminuir el potencial redox, aumentó la materia orgánica, y mientras que al aumentaba el redox disminuyó el porcentaje de materia orgánica, dando relaciones entre los sitios B3 y B4 por ser zonas cercanas a desembocaduras de camaroneras, B1 y B2 se relacionan por estar al inicio del estuario y B5 se diferencia del resto por estar en zona cercana a camaronera y presentar una regular calidad en sus sedimentos.
- La correlación de la materia orgánica y el redox podrían ser indicadores claros en algunos sitios del río Bunche, en especial en las zonas cercanas a cultivo de

camarones. Lo cual es necesario conocer que microorganismos habitan en cada sitio, además de otros componentes físico, químicos, se podría dar un juicio mayormente argumentado para conocer exactamente la calidad de estos.

- Al relacionar la calidad de agua y sedimentos superficiales respecto a las principales actividades de cada sitio se concluye que a en las zonas cercanas al mar y a bosques de manglar la calidad de sus componentes se encuentra en buenas condiciones ya que las corrientes se encarga de exportar e importar los sedimentos y otros elementos mediante ciclos naturales de remediación.

Recomendaciones

Para un mejor análisis se recomienda tomar las muestras de los mismos puntos en diferentes estaciones del año; invierno, entre invierno y verano, y finalmente verano así como aumentar el número de sitios a ser analizados, para ver la diferencias estratificas de los sedimentos en distintas estaciones.

Se recomienda además de los análisis de redox y materia orgánica, realizar análisis adicionales como pH, tipo de sedimentos, microorganismos, además de otros componentes Físicos y químico, para mejorar la calidad del estudio.

Si bien las leyes Ecuatorianas no tienen artículos específicos que regulen la calidad de sedimentos con límites máximos permisibles en zonas de alto grado de explotación de estuarios, es recomendable hacer controles por lo menos una vez al año, por parte de las instituciones reguladoras competentes como el Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica (MAATE) y la Prefectura de Esmeraldas ya que los sedimentos son bio-indicadores en estuarios con manglar y aportan una gran riqueza estratifica de los impactos que han tenido con el pasar del tiempo.

Además se recomienda hacer monitoreos cada cierto periodo de tiempo ya sea una vez años o pasando uno, sobre la correlación entre la materia orgánica, potencial redox y otros estudios como los ensambles biológicos de cada punto donde se observa a simple vista mayor explotación de los recursos estuarinos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Naeem S, Costanza R, Ehrlich P, Golley F, Hooper D, Lawton JH, et al. Tópicos en Ecología. 2003;10. Available from: https://www.esa.org/wp-content/uploads/2013/03/numero10.pdf

2. Barbier E, Hacker S, Kennedy C, Koch E, Stier A, Silliman B. The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecological monographs. 2011;81(2):169–93.

3. Fernández G. La crisis del agua en América latina. Revista Estudios Culturales. 2009;2:80–96.

4. Galárraga R. Informe nacional sobre la gestión del agua en el Ecuador [Internet]. Gestion. 2000. Available from: https://www.cepal.org/DRNI/proyectos/samtac/InEc00100.pdf%0A%0A

5. Hargrave BT, Holmer M, Newcombe CP. Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. Mar Pollut Bull. 2008;56(5):810–24.

6. Esmeraldas P de. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del G.A.D.P.E [Internet]. Esmeraldas; 2011. Available from: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDT_PROVINCIAL/INFORMACION_GAD/01 GOBIERNO PROVINCIAL DE ESMERALDAS/PDOT GADPEsmeraldas/PDOT final GADPEsmeraldas sin editar.pdf

7. Rodriguez G, Chiriboga C, Lojan C. Las camaroneras ecuatorianas: una polémica medioambiental. Revista Científica Universidad y Sociedad [Internet]. 2016;8:151–6. Available from: http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n3/rus20316.pdf

8. FAO. Capítulo 2 - contaminación provocada por los sedimentos [Internet]. 2012 [cited 2020 Nov 1]. p. 1–20. Available from: http://www.fao.org/3/W2598S/w2598s04.htm

9. CINM S.A. Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento Territorial - PDyOT del GAD parrioquial rural del Cabo San Francisco. 2014.

10. OAS. Capítulo 5. Impacto ambiental en el área del estudio [Internet]. [cited 2020 Nov 1]. Available from: https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea69s/ch010.htm

11. World Vision. Manual de manejo de cuenca [Internet]. 2020 [cited 2020 Nov 19]. Available from: https://www.hidrosm.com/2018/05/manual-de-manejo-de-cuencas-world-vision.html

12. FAO. Estado mundial del recurso del suelo [Internet]. 2016. Available from: http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf

13. Usero Fernández JA. Estudio de la calidad ambiental de los sedimentos de las bahía de cádiz y algeciras mediante un método integrado [Internet]. 2015. Available from: file:///C:/Users/Paco Sanchez/Desktop/niki/TESIS/Bibliografia de tesis/Marco Teórico/2. TFG J. A. Usero.pdf%0D

14. Díaz Gaxiola JM. Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. Ra Ximhai. 2011;7:355–70.

15. Kathiresan K. Importance of mongrove ecosystem. Int J Mar Sci. 2012;2(10):70–89.

16. Pérez, Alberto; Márquez A. Sedimentologia [Internet]. Encyclopedia of Earth Sciences Series. 2017. Available from: file:///C:/Users/Paco Sanchez/Desktop/niki/TESIS/Bibliografia de tesis/Marco Teórico/1. SEDIMENTOL.pdf%0D

17. Willemsen PWJM, Horstman EM, Borsje BW, Friess DA, Dohmen-Janssen CM. Sensitivity of the sediment trapping capacity of an estuarine mangrove forest. Geomorphology [Internet]. 2016;273:189–201. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.07.038

18. Cabrera-Muro H. Origen y transporte de sedimentos en Estuarios. Ciencias Mar. 1975;2(1):106–14.

19. Ortiz L, Delgado J, Pardo D, Murillo E, Guio J. Determinación de metales pesados e indices de calidad en aguas y sedimentos del río Magdalena – Tramo Tolima, Colombia. Tumbaga [Internet]. 2015;2(10):43–60. Available from: http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/1092/856

20. Rebolledo E, Salinas E, Rubio D. Revista científica interdisciplinaria investigación y Saberes 2015 32 análisis. 2015;4(November):32–43. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Rodolfo-Rebolledo-Monsalve/publication/284720507_Revista_Cientifica_Interdisciplinaria_Investigacion_y_Saberes_2015_32_ANALISIS/links/5657260008aeafc2aac0c025/Revista-Cientifica-Interdisciplinaria-Investigacion

21. Donis J. Importancia de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable del municipio de nueva santa rosa. 2008.

22. Peluso L, Ronco A, Salibián A. Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Exactas Evaluación de efectos biológicos y biodisponibilidad de contaminantes en sedimentos del Río de la Plata y afluentes TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR. 2011.

23. (IAEA). IAEA. Fluvial Sediment Transport: Analytical Techniques for Measuring Sediment Load [Internet]. Vol. 1461, IAEA TECDOC Series. 2005. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1461_web.pdf

24. Bravo F, Piedra G, Piedra L. Evaluación físico-química de los sedimentos en el estero Tamarindo y sus tributarios, Guanacaste, Costa Rica. Uniciencia [Internet]. 2012;26(2):41–50. Available from: https://www.redalyc.org/pdf/4759/475947764005.pdf

25. Hargrave BT. Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. Aquac Environ Interact. 2010;1(1):33–46.

26. Pavón G. Efectos de la producción camaronera sobre la calidad de sedimentos de estuarios con manglares en la provincia de Esmeraldas [Internet]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas; 2021. Available from: https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2710/1/Pavón Klinger

Gustavo Adrián.pdf

27. Quiroga E. Manual de terreno y laboratorio de bentos. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2018.

28. Ambiente. C nacional del medio. Desarrollo de implementación de un modelo de vigilancia ambiental para el SERNAPESCA, tendiente a una certificación ambiental de zonas marinas acuícolas. 2008.

29. Suarez D. Conductividad eléctrica del agua por el método electrométrico. Ideam [Internet]. 2006;2:1–7. Available from: http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+Eléctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4

30. Chávez J. El Análisis del pH, su Importancia, Interpretación en la Calidad del Agua. [Internet]. 2013. Available from: https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2016/12/II-CURSO-DE-AGUAS-3-NATAL-2013-1.pdf

31. Antonio A. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Gest Ambient 2000 [Internet]. 2000;2(23):12–9. Available from: http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf

32. Byers SC, Mills EL, Stewart PL. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. Hydrobiologia. 1978;58(1):43–7.

33. FAO. Visión general del sector acuícola nacional - Ecuador [Internet]. 2021 [cited 2021 Nov 20]. Available from: https://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es#tcN70099

34. Carranza C, Maldonado D, Romero C. Impacto Ambiental en sedimentos marinos superficiales por residuos líquidos industriales y urbanos. Rev del Inst Investig la Fac Ing Geológica, Minera, Metal y Geográfica [Internet]. 2004;7(14):15–22. Available from: file:///C:/Users/HP/Downloads/document (4).pdf

35. Solórzano H. Proyecto investigación 2009 - descripción y análisis de impactos ambientales típicos relacionados a la actividad de producción acuícola en el Ecuador [Internet]. 2009 [cited 2021 Nov 22]. Available from: http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6180

36. Murueta L. Efecto de la carga orgánica y de nutrientes y su biorremediación en sedimentos de ecosistemas acuáticos con distintas características ecológicas [Internet]. Universidad de Valencia; 2014. Available from: https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/33660/Tesis_Nayeli_Roderic.pdf?seq

37. Varol M. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. J Hazard Mater. 2011;195(November 2011):355–64.

38. Ortiz A, Noles P, De la Cruz A, Peñarrieta F, Alcantara F. Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. Enfoque UTE [Internet]. 2019;10(3):30–41. Available from: http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v10n3/1390-6542-enfoqueute-10-03-00030.pdf

39. Papuccio S. Acceso a los alimentos, crisis ambiental y relaciones de género un análisis de los impactos de la actividad camaronera en Muisne, Esmeraldas, Ecuador [Internet]. Vol. XXIV, Íconos - Revista de Ciencias Sociales. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede Ecuador; 2004. Available from: https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/63/17/TFLACSO-03-2004SPV.pdf

40. TULSMA. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Regist Of Edición Espec 2 31-mar-2003. 2003;(3399):1–578.

41. INAMHI. Anuario Meteorológico Nro 51-2011 [Internet]. Vol. 51, Dirección de Gestión Meteorológica. 2014. Available from: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am 2011.pdf

42. GADM Muisne. Actualizacion Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento

Territorial Del Cantón Ibarra [Internet]. GADM de Ibarra. 2021. Available from: https://gadmuisne.gob.ec/web/wp-content/uploads/2021/06/PDOT1.pdf

43. Nguyen V, Yang R. Effect of humidity and pressure on the triboelectric nanogenerator. Nano Energy [Internet]. 2013;2(5):604–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.nanoen.2013.07.012

44. Ihaka R. R: Past and Future History. Proc 30th Symp Interface [Internet]. 1998;392–396. Available from: http://cran.r-project.org/doc/html/interface98-paper/paper.html

45. Santana JS, Farfán EM. El arte de programar en R. Inst Mex Tecnol del Agua [Internet]. 2014;182. Available from: https://cran.r-project.org/doc/contrib/Santana_El_arte_de_programar_en_R.pdf

46. McCrum-Gardner E. Which is the correct statistical test to use? Br J Oral Maxillofac Surg. 2008;46(1):38–41.

47. Otero XL, Huerta-Díaz MA, De La Peña S, Ferreira TO. Sand as a relevant fraction in geochemical studies in intertidal environments. Environ Monit Assess. 2013;185(10):7945–59.

48. Garcia AM, Oliveira MCLM, Odebrecht C, Colling JLA, Vieira JP, Rodrigues FL, et al. Allochthonous versus autochthonous organic matter sustaining macroconsumers in a subtropical sandy beach revealed by stable isotopes. Mar Biol Res [Internet]. 2019;15(3):241–58. Available from: https://doi.org/10.1080/17451000.2019.1627559

49. Espinosa LF, Parra JP, Villamil C. Determinación del contenido de metales pesados en las fracciones geoquímicas del sedimento superficial asociado a los manglares de la ciénaga grande de Santa Marta, Colombia. Bol Investig Mar y Costeras. 2011;40(1):7–23.

50. Pérez A, Machado W, Gutiérrez D, Saldarriaga MS, Sanders CJ. Shrimp farming influence on carbon and nutrient accumulation within Peruvian mangroves sediments. Estuar Coast Shelf Sci [Internet]. 2020;106879. Available from: https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106879

51. Brettar I, Sánchez J, Tremoliéres M. Close correlation between the nitrate elimination rate by denitrification and the organic matter content in hardwood forest soils of the upper rhine floodplain (France). Wetlands. 2002;22(2):11–21.

52. Fernandez PM, Bloem E, Binley A, Philippe RSBA, French HK. Monitoring redox sensitive conditions at the groundwater interface using electrical resistivity and self-potential. J Contam Hydrol [Internet]. 2019;226(May 2018):103517. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2019.103517

53. Marchand C, Baltzer F, Lallier-Vergès E, Albéric P. Pore-water chemistry in mangrove sediments: Relationship with species composition and developmental stages (French Guiana). Mar Geol. 2004;208(2–4):361–81.

54. Jason G, Aryeh F, Le J, Arnon S. The effect of unsteady streamflow and stream-groundwater interactions on oxygen consumption in a sandy streambed. 2019.

55. Ray R, Michaud E, Aller RC, Vantrepotte V, Gleixner G, Walcker R, et al. The sources and distribution of carbon (DOC, POC, DIC) in a mangrove dominated estuary (French Guiana, South America). Biogeochemistry [Internet]. 2018;138(3):297–321. Available from: https://doi.org/10.1007/s10533-018-0447-9

56. Macdonald DD. Approach to the assessment of sediment quality in florida coastal waters. Vol. 1, Assessment. 1994.

57. Conselho nacional do meio Ambiente- CONAMA. Resolução CONAMA N°344 [Internet]. Vol. 111, Diário Oficial da União. 2004. Available from: http://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/resolucao/ResoluÃ§Ã£o_CONAMA_344_2004.pdf

58. Instituto de Fomento Pesquero. Evaluacion de las metodologias y variables consideradas en la resolucion de SUBPESCA N 404/03 y propuestas de cambio - Informe Final. 2003; Available from: http://www.subpesca.cl/fipa/613/w3-article-89027.html

ANEXOS



Figura 15. Muestras hermetizadas y etiquetadas del punto B1.



Figura 16. Hach estabilizado con respectiva medición en mV.



Figuera 17. Horno con 15 muestras ubicadas con una separación de 2 cm respectivamente.



Figura 18. Moliendo muestras con mortero de porcelana.



Figura 19. Tubos eppendorf Etiquetados y con muestras.

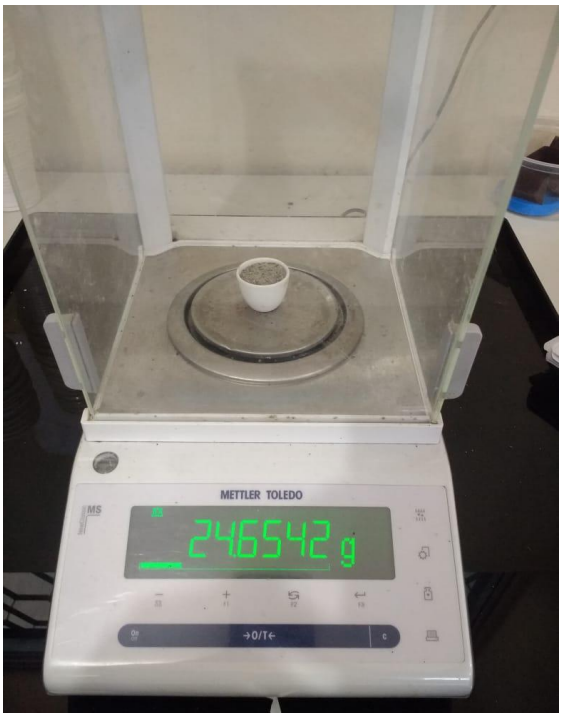


Figura 20. Crisol con muestra seca luego de ser pesado.



Figura 21. Muestras incineradas por la mufla