



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

**“Efectos de la producción camaronera sobre la
calidad de sedimentos de estuarios con manglares en
la Provincia de Esmeraldas”**

AUTOR

Gustavo Adrián Pavón Klinger

ASESOR

Mgr. Eduardo Rebolledo

Esmeraldas – agosto, 2021

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

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

Presidente tribunal de Graduación.

Mgt. Pedro Jiménez Prado

Lector 1

Mgt. Rubén Vinueza Chérrez

Lector 2

Mgt. Karla Solís Charcopa

Coordinadora de la Carrera de Gestión Ambiental

Mgt. Eduardo Rebolledo Monsalve

Director de Tesis

Esmeraldas, 4 de octubre de 2021.

AUTORÍA

Yo, Gustavo Adrián Pavón Klinger, portador de la cedula de identidad 0803359298, con número de matrícula 10396, estudiante de la escuela de Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, autentica y personal.

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

Gustavo Adrián Pavón Klinger

C.I.: 0803359298

DEDICATORIA

Este arduo trabajo se lo dedico a mi Señor Jesús, que cada vez quise desistir de mi formación académica siempre me habló de 2 y 3 maneras para alentarme creyendo en mi muchas veces más que yo mismo.

A mis padres que han sido ejemplo de perseverancia y superación para mi desde antes que tuviera memoria, son guerreros auténticos.

A mi hermano, que me inspira siendo un joven noble de corazón con buenas notas académicas.

A mis amigos que en muchas ocasiones estuvieron para repartirse mis cargas, ayudarme y despejarme dudas.

Esto es por y para ustedes.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría, capacidad, sagacidad y los recursos para culminar esta etapa de mi formación académica, fortaleciéndome en el hombre interior y exterior. A mis padres y hermano que estuvieron desde el principio de mi etapa universitaria apoyándome y corrigiéndome en todo momento y de toda forma posible cuando muchas veces no sabía cómo superar cada reto académico y me frustraba, ellos me animaban. A mi familia de la fe que siempre tuvo una palabra de parte de Dios, un consejo y ánimos para alentarme a no desmayar muchas veces confiando en mis capacidades más que yo mismo.

Agradezco a mi asesor Mgtr. Eduardo Rebolledo que siempre estuvo dispuesto para corregirnos y apoyarnos con un regaño y un consejo profesional que nos motivaba a ser mejores con toda la paciencia disponible.

A mis amigos Erika M., Andrea R., Ferney O., José Bolívar R., Rafael M., Boris B., Vladimir Ob., Stefanía S., Yumaly S., Andrea L., Marco C., Simoné V., Geovanni Z., Jana J., Álvaro V. y demás, que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de mi etapa universitaria con su apoyo físico, moral, espiritual y emocional.

Gracias totales.

“No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia.” (Isaías 41:10 RVR60)

ÍNDICE DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	ii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE TABLAS	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	12
Planteamiento del problema	13
Justificación	14
Delimitación de objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	16
Bases teórico-científicas	16
Manglares.....	16
Importancia de manglares	16
Camaronicultura.....	17
Impactos ambientales de granjas camaroneras en sedimentos.....	17
Potencial Oxireduccion o redox	18
Ensamblés bentónicos	19
Antecedentes	19
Marco legal	22
Según el TULSMA (24).....	22
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	25
Áreas de estudio	25
Actividades de muestreo	32
Toma y procesamiento de muestras	32
Recolección y descripción de ensamblés bentónicos	35
Comparativa de resultados obtenidos frente a la normativa internacional	37
Materiales	38
Análisis de laboratorio	41
Análisis de datos	41

CAPÍTULO III: RESULTADOS	43
Datos de potencial REDOX	43
Contenido de metales	45
Contenido de nutrientes.....	47
Contenido de nitrógeno total.....	47
Contenido de nitrógeno por estuario.....	49
Contenido de amonio	49
Correlación entre el nitrógeno y la materia orgánica	50
Contenido de materia orgánica por sitio de muestreo	51
Contenido de materia orgánica por estuario	52
Correlación entre la materia orgánica y potencial redox	53
Correlación entre materia orgánica y redox por manglares y camaroneras.....	54
Potencial de hidrógeno.....	55
Conductividad eléctrica.....	56
Descripción de las variables físico-químicas analizadas	¡Error! Marcador no definido.
Descripción de ensambles bentónicos.....	58
Abundancia de seres bentónicos en grupos zoológicos.....	59
Diversidad de ensambles bentónicos (H')	60
Abundancia de individuos	64
Riqueza de especies por sitio de muestreo.....	66
Comparativa de pautas legales internacionales para la calidad de sedimentos	68
Análisis multivariado.....	72
CAPITULO IV: DISCUSIÓN	74
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
Conclusiones	80
Recomendaciones	80
BIBLIOGRAFÍA:	82
ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio Estero – Cojimíes	28
Figura 2. Área de estudio Muisne.....	29
Figura 3. Área de estudio Tambillo.....	30

Figura 4. Área de estudio Palma Real.....	31
Figura 5. Muestra de dragado	33
Figura 6. Retiro de la draga	33
Figura 7. Toma de muestras de sedimentos.....	34
Figura 8. Depósito de la muestra	35
Figura 9. Lavado de la muestra	36
Figura 10. Búsqueda y limpieza de muestras de seres bentónicos.....	36
Figura 11. Almacenamiento de especímenes bentónicos	37
Figura 12. Dino-Lite Digital Microscope	39
Figura 13. Sacatestigos o gravity Core.....	39
Figura 14. Malla de Nylon 500 um. Para filtrado	40
Figura 15. Draga Van Veen.....	40
Figura 16. Lecturas de Redox por sitio de muestreo.	44
Figura 17. Comportamiento de REDOX por estuario.....	45
Figura 18. Contenido de metales en sedimentos.....	46
Figura 19. Comportamiento de nutrientes en Sedimentos.....	48
Figura 20. Nitrógeno Total en sedimentos.....	49
Figura 21. Comportamiento de datos en nitrógeno por estuario.	49
Figura 22. Comportamiento de datos de amonio por estuario.	50
Figura 23. Correlación entre el nitrógeno y materia orgánica por estuario, CAM= Drenaje camaronero, MG=Drenaje de manglar no transformado.....	51
Figura 24. Materia Orgánica Total en sedimentos	52
Figura 25. Contenido de Materia orgánica en sedimentos de estuarios analizados.	53
Figura 26. Correlación entre MOT y REDOX por estuario	54
Figura 27. Correlación entre MOT y REDOX con respecto a manglares y camaronas	55
Figura 28. Comportamiento de datos en PH	56
Figura 29. Conductividad eléctrica	57
Figura 30. Diversidad de ensambles bentónicos (H').....	61
Figura 31. Diversidad de ensambles bentónicos (I)	63
Figura 32. Abundancia de seres bentónicos en los estuarios analizados.....	65
Figura 33. Conteo de taxones bentónicos en los estuarios analizados.....	67
Figura 34. Dispersión de la varianza por grupos de las variables.....	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Componentes biofísicos de las áreas de estudio.	26
Tabla 2.	: Variables fisicoquímicas analizadas.	58
Tabla 3.	Datos biológicos analizados por estuario.	59
Tabla 4.	Abundancia de seres bentónicos categorizados por grupos zoológicos principales.	60
Tabla 5.	Tabla comparativa de pautas legales internacionales para la calidad de sedimentos(51).	71

RESUMEN

En el Ecuador la actividad camaronera ha perjudicado los bosques de manglar y sus ecosistemas desde la década de los 70, afectando varios servicios ecosistémicos consigo que se vinculan con la calidad de sus sedimentos.

Por esta razón la presente investigación analizó variables sedimentarias en 4 estuarios con manglares de la provincia de Esmeraldas en los que se registró: Potencial oxi-reducción, contenido de metales, nutrientes, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y se describieron ensambles bentónicos de fondos blandos.

Se hallaron diferencias significativas en el contenido de nitrógeno de sedimentos de manglares de la zona sur (Cojimíes= 699,85 mg/kg \pm 280,20 mg/kg y Muisne= 530,80 mg/kg \pm 366,86 mg/kg) con una gran actividad camaronera y lecturas más bajas con respecto a los manglares de la zona norte (Tambillo= 2012 mg/kg \pm 1192, 69 mg/kg y Palma Real= 3139,92 mg/kg \pm 828,91 mg/kg) con una menor actividad camaronera, los cuales presentaron lecturas más elevadas de este nutriente; existiendo también diferencias significativas en el contenido de Amonio, que hacen diferenciarse a Cojimíes de los otros 3 estuarios por presentar la lectura más elevada de este nutriente (24 mg/kg). La materia orgánica también mostró diferencias significativas, sobresaliendo Palma real y Tambillo (0,18% \pm 0,01% y 0,16% \pm 0,10%) de Muisne y Cojimíes (0,09% \pm 0,01% y 0,11% \pm 0,03%). Se halló una correlación fuerte entre el contenido de nitrógeno y la materia orgánica con un coeficiente de 0,65 y una correlación débil entre el redox y la materia orgánica con un coeficiente de -0,36 (fig. 27), que indica mayor redox cuando es menor la materia orgánica y viceversa. Por otra parte, el bentos analizado no fue consistente con lo esperado en las áreas con concurrencia de camaroneras ya que poliquetos de la familia Capitellidae se adaptan y multiplican fácilmente en este tipo de ambientes con stress ambiental al ser tolerantes a estas condiciones generando un dato de abundancia resaltante en cuanto a esta familia (tabla 4), no obstante, la diversidad (índice de Shannon) presentó valores entre 2 y 3 bits en casi todos los sitios de muestreo. La realización de este proyecto investigativo supone un aporte a la discusión nacional para la elaboración de directrices que regulen la calidad de los sedimentos en los diferentes cuerpos de agua del Ecuador.

Palabras clave: Potencial oxi-reducción, calidad de sedimentos, granjas camaroneras, nutrientes, ensambles bentónicos.

ABSTRACT

The rise of shrimp farming production has damaged mangrove forests and their ecosystems since the 1970s, affecting various ecosystem services that are linked to the quality of their sediments.

For this reason, the present research analyzed sedimentary variables in 4 estuaries with mangroves in the province of Esmeraldas in which it was recorded: Oxy-reduction potential, content of metals, nutrients, organic matter, pH, electrical conductivity and benthic assemblages of bottoms were described. soft.

Significant differences were found in the nitrogen content of mangrove sediments in the southern zone (Cojimías = 699.85 mg / kg \pm 280.20 mg / kg and Muisne = 530.80 mg / kg \pm 366.86 mg / kg) with a high shrimp activity and lower readings with respect to the mangroves in the northern zone (Tambillo = 2012 mg / kg \pm 1192, 69 mg / kg and Palma Real = 3139.92 mg / kg \pm 828.91 mg / kg) with a lower shrimp activity, which presented higher readings of this nutrient; There are also significant differences in Ammonium content, which differentiate Cojimías from the other 3 estuaries by presenting the highest reading of this nutrient (24 mg / kg). Organic matter also showed significant differences, with Palma real and Tambillo (0.18% \pm 0.01% and 0.16% \pm 0.10%) from Muisne and Cojimías (0.09% \pm 0.01% and 0, 11% \pm 0.03%). A strong correlation was found between nitrogen content and organic matter with a coefficient of 0.65 and a weak correlation between redox and organic matter with a coefficient of -0.36 (fig. 27), which indicates higher redox when organic matter is less and vice versa. On the other hand, the analyzed benthos were not consistent with what was expected in the areas with concurrence of shrimp farms since polychaetes of the family Capitellidae adapt and multiply easily in this type of environments with environmental stress as they are tolerant to these conditions, generating a data of Outstanding abundance for this family (table 4), however, diversity (Shannon's index) presented values between 2 and 3 bits in almost all sampling sites. The realization of this research project supposes a contribution to the national discussion for the elaboration of guidelines that regulate the quality of the sediments in the different bodies of water of Ecuador.

Key words: Oxy-reduction potential, sediments quality, shrimp farm, nutrients, benthic assemblages

INTRODUCCIÓN

La acuicultura supone un amplio mercado en la seguridad alimentaria, siendo una actividad económica bien remunerada si se tienen las condiciones, el equipo y el capital necesario, por lo que la actividad acuícola supone un crecimiento rápido y continuo en la producción mundial de alimentos de origen marino, ya que engloba a todos los tipos de animales y plantas acuáticos ya sean de agua dulce o salada, mostrando una tasa de crecimiento anual del 5,8% entre el 2001 y 2016, sobresaliendo de otros sectores de producción alimenticia ya que aporta el 53% del pescado que es para consumo humano (1).

La industria camaronera se basa en la pesca y reproducción de camarones mediante la actividad acuícola para su producción en masa, la cual empezó en el Ecuador a finales de la década de los sesenta cuando los salitrales empezaron a ser explotados, existiendo en ese entonces 203.625 ha de manglar, lo cual demostró ser un negocio muy rentable a corto plazo por lo que se tomaron tierras agrícola y grandes extensiones de bosque de manglar para este fin, siendo esto una práctica insustentable a largo plazo(2)(3).

Esto marcó una diferencia en la vida de este frágil ecosistema en el Ecuador, ya que antes de la década de los 60 en Ecuador existían 362.700 ha de bosque manglar, lo cual en la actualidad luego de años de implementación de programas de reforestación no vienen a ser más de 161.835 ha de manglar de las cuales el 45% está en áreas protegidas y el 60% en mecanismos de conservación, como las áreas de uso y custodia (4)(5)

A nivel nacional la industria camaronera ha causado gran controversia ya que no se ha situado en un balance entre producción y restauración, lo cual, en la actualidad la vuelve insostenible y compromete de manera drástica el futuro de muchos ecosistemas, al abrirse paso sin tener en cuenta las repercusiones de no contar con los servicios ecosistémicos que ofrece el ecosistema manglar(6).

La producción acuícola en el contexto local manifiesta un rápido crecimiento al norte y sur de la provincia de Esmeraldas, el mismo que es desmedido y nada sustentable en la mayoría de los casos, en concreto, la camaronicultura crece sin medida, permitiendo

grandes ingresos pero causando también grandes impactos al medio ambiente, ya que para esta producción, grandes hectáreas de manglar son taladas, llevándose consigo varios servicios ecosistémicos y especies de plantas y animales que en algunos casos se encuentran amenazadas y a su vez dejan un suelo sin nutrientes y en algunos casos anóxico por la eutrofización o la saturación del suelo para asimilar una alta carga orgánica(7)(8).

Planteamiento del problema.

Se hace imperante regular los efectos de la producción acuícola en el Ecuador como los causados a los sedimentos de estuarios con manglares cuando hay altas cargas de nutrientes y materia orgánica en exceso como aporte antrópico(9).

El alto contenido de nutrientes y materia orgánica en sedimentos como consecuencia de la actividad antrópica afecta a la dinámica productiva de productores primarios como macrófitos, fitopláncton, fauna bentónica y macroalgas que a su vez afecta a la cadena trófica presente en un ecosistema, ya que puede ocasionar eutrofizaciones, siendo tóxico para la fauna marina e impidiendo el paso de la luz a algas adheridas al sustrato encargadas de procesos fotosintéticos, lo cual no reflejaría un uso sostenible en la industria camaronera(10).

Por esto se puede evidenciar que en los sedimentos se pueden alojar grandes cantidades de contaminantes por mucho tiempo, los cuales, rebasarían la capacidad de asimilación de un ecosistema, en especial si los filtros de la naturaleza (manglares) no existiesen en su gran mayoría, como lo es en la actualidad por la industria camaronera, para impedir que enormes cantidades de sedimento lleguen a mar abierto y asfixien arrecifes y comunidades de algas epibentónicas(10).

Existe relación entre los manglares y las camaroneras y es lo circundantes que son las áreas de manglar a las camaroneras en el Ecuador, para lo cual el subsecretario del ministerio de acuicultura y pesca Luis Carofilis en el oficio de contestación # 0392-O, manifestó que hasta marzo del 2018 existían 215.421,00 ha de superficie para actividades acuícolas sin tomar en cuenta aquellas camaroneras que no están regularizadas que según el Ministerio del ambiente y el Instituto Nacional de Pesca (11) son más de 100, mientras que tan solo hay un total de 161.835 has de manglar en la actualidad. Además de esto, la

destrucción de esteros, humedales y ecosistemas presentes dentro de las formaciones vegetales conocidas como manglares a lo largo de la zona marino-costera (4)(12).

Siendo así, ¿la producción acuícola crece aceleradamente sin tomar en cuenta que no existe actualmente en el Ecuador un marco normativo específico o ley que regule los impactos causados a los sedimentos de manglares y estuarios por la acuicultura determinando para sí un límite máximo permisible, como lo hay en otros países con producción acuícola?

Justificación

Es necesario medir las variables fisicoquímicas y ambientales que intervienen en el proceso de producción acuícola en la medida de lo posible, determinando efectos no descritos en el escenario ecuatoriano que a su vez aporten con criterios para regular los modos y los regímenes de producción camaronera; actividad que estaría generando afectaciones en los recambios diarios de agua y con mayor impacto en el momento de la descarga de aguas al cierre del ciclo de cultivo, ya que podrían presentar grandes cargas de N, P y otros elementos que pueden alterar el estado trófico de los cuerpos de agua circundantes y el suelo o sedimento estuarino (9).

El presente estudio dió cabida a la realización de una comparativa espacio-temporal entre estuarios y camaroneras de las áreas de estudio como lo hizo Hamilton S., 2020 (13), sin embargo, debido la dificultad para conseguir ciertas bases de datos no se pudo realizar este tipo de análisis que muestran imágenes del estado ecológico de estos lugares y sus cambios en el tiempo debido a la influencia antropogénica que ejercen las granjas camaroneras.

A pesar de esto, la presente investigación pretende aportar criterios científicos para la creación de un marco regulatorio específico de calidad de sedimentos para el funcionamiento de camaroneras en manglares, el cual es inexistente en la actualidad porque no se han determinado criterios de calidad en sedimentos de manglares con estuarios en el Ecuador debido a factores como la presión social que ejerce el sector camaronero por el poder que tiene el mismo, el cual en la provincia de Esmeraldas ha afectado al norte y sur de la misma, dejando al norte de Esmeraldas como uno de los pocos lugares para incrementar una superficie productiva.

Delimitación de objetivos

Objetivo General

- Determinar el efecto de granjas camaroneras sobre la calidad de sedimentos en estuarios con manglares de la provincia de Esmeraldas.

Objetivos Específicos

OE1. Registrar valores del potencial oxido reducción ORP, contenido de metales, nutrientes y de materia orgánica de sedimentos superficiales mediante análisis de laboratorio.

OE2. Describir ensambles bentónicos colectados en sedimentos de drenajes de manglares y camaroneras.

OE3. Analizar los resultados obtenidos en función de marcos legales internacionales e integrar variables fisicoquímicas y biológicas mediante análisis multivariados.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Bases teórico-científicas

Manglares

Los manglares son ecosistemas costeros de plantas leñosas que se desarrollan entre la tierra y el mar en áreas tropicales y subtropicales, en las cuales hay condiciones de mareas extremas, vientos fuertes, alta salinidad, suelos fangosos y sin oxígeno que son capaces de soportar gracias a sus adaptaciones morfológicas y fisiológicas. Estos ofrecen servicios ecosistémicos varios como, proteger y estabilizar las costas de la erosión del suelo, generan materia prima para la elaboración de productos comerciales, producen y son grandes sumideros de carbono orgánico, enriquecimiento de aguas costeras, son zonas de pesca, aportan grandemente al ciclo del carbono, filtrar grandes cantidades de materia orgánica, etc. Además son el hábitat de comunidades de especies epifaunales como hongos, bacterias, macroalgas, organismos bentónicos, crustáceos, moluscos, reptiles e incluso algunos mamíferos (14).

Importancia de manglares

Estos son ecosistemas formados por comunidades vegetales llamadas mangles, las cuales son un grupo de plantas que tienen adaptaciones en su morfología, fisiología y ecología para sobrevivir en condiciones de alta salinidad, fuertes mareas, suelos fangosos y con poco oxígeno y temperaturas altas. Estos ecosistemas son considerados humedales o zonas de humedal ya que son ambientes de transición entre ecosistemas terrestres y marinos. Se los puede encontrar en zonas tropicales, intermareales, estuarios, y pantanos. Además de esto, los manglares tienen una gran capacidad para captar y almacenar carbono y prestan una función de amortiguamiento a las zonas costeras contra la erosión eólica y el oleaje, también tienen una productividad primaria muy alta son hábitat de muchas especies de peces, moluscos, crustáceos y demás en etapas juveniles; además son filtros de sedimentos y excesos de nutrientes que mantienen la calidad del agua(15).

Camaronicultura

La camaronicultura es la actividad especializada de la acuicultura que se enfoca en el cultivo y producción en masa de camarones para su consumo y venta en masa en piscinas o estanques acuícolas con el objetivo de controlar sus factores de crecimiento y desarrollo para obtener una mayor calidad en el camarón para la venta y consumo en el mercado. La producción de camarones para fines comerciales inició en la década de 1970 teniendo un rápido crecimiento que obedecía a las demandas de consumo de Japón, Estados Unidos y Europa, sin embargo luego se hizo mundial alcanzando una producción de 1,5 millones de toneladas anuales que sigue en aumento de manera moderada hasta el día de hoy presentando un déficit de la producción total que se resuelve únicamente a través del cultivo (7).

Impactos ambientales de granjas camaroneras en sedimentos

Teniendo presente que un impacto ambiental es todo efecto negativo producido a la naturaleza, en este caso al producido sobre los sedimentos; entendemos que una alta carga orgánica, es decir, grandes cantidades de nutrientes y materia orgánica en los sedimentos pueden causar estragos directos a organismos de producción primaria como la flora y fauna bentónica del sustrato, al ocasionar una eutrofización por una alta carga orgánica de nutrientes y elementos que muchas veces son un aporte antrópico, lo que ocasiona el crecimiento desmedido de microalgas en la columna de agua y no permite el paso de la luz para procesos fotosintéticos a organismos del sustrato, lo cual sería perjudicial de cierto modo para especies de la cadena trófica teniendo en cuenta que cada especie se alimenta del precedente(9).

La eutrofización por la alta carga orgánica en los sedimentos, representan pérdidas económicas para actividades acuícolas y pesqueras, ya que la elevada presencia de fósforo y nitrógeno, óxido de azufre, metales pesados y otros contaminantes atmosféricos dan lugar a las cianobacterias, las cuales, en cantidades masivas disminuyen la luz solar y el oxígeno en el agua por la alta demanda del mismo para su biodegradabilidad, representando la mortandad de otras especies acuáticas de manera muy tóxica, siendo esto un efecto antropogénico(16).

Una alta sedimentación y la turbidez de la misma, afecta a organismos acuáticos como los pólipos de coral, los cuales pueden padecer de necrosis tisular, crecimientos exagerados de bacterias en el moco de coral, sombreado, asfixia y enterramiento hasta morir en 5 o 6 semanas como máximo; además también tienen impacto negativo sobre los simbioses algales debido a la atenuación de la luz, impidiendo la realización de procesos de oxidación del CO₂ debido a la falta de luz solar(17).

La sedimentación y la turbidez también disminuyen la supervivencia y asentamiento de larvas de coral al asfixiar a estos con sedimentos gruesos y finos, teniendo estos últimos mayores efectos sobre los corales. Además, debido a la poca luz causada por la turbidez de una alta sedimentación, la calcificación en los corales escleractinios disminuye casi 3 veces más que en la luz. De igual manera, los corales presentan mejores y estables niveles de producción primaria en condiciones de luz(17).

La sedimentación puede afectar en mayor o menor grado a determinadas especies de coral por su forma, ya que a algunas, su forma les permite una escurrentía de sedimentos al ramificarse y mantenerse por encima de estos(17).

La dinámica del fósforo como de otros elementos son importantes ya que determinan el estado trófico de un cuerpo de agua. En este caso, el impacto que causen los sedimentos en el ciclo del fósforo está ligada a la capacidad que estos tengan de liberar o retener este nutriente. Sin embargo, para que los sedimentos lleguen a ser considerados una fuente de contaminación por este elemento, las concentraciones de fósforo deben superar a la capacidad de asimilación de carga interna del sistema y provocar una liberación de fosfatos que cause una eutrofización severa(16).

Potencial Oxireduccion o redox

El potencial oxi-reducción o redox es una medida para la actividad que tienen los electrones en la que se dan reacciones de oxidación y reducción. Este potencial se relaciona con el pH y los niveles de oxígeno, porque a diferencia del pH (potencial hidrógeno) que mide la actividad de los protones, este mide la de los electrones. Teniendo en cuenta que una reacción de oxidación reducción es aquella en la que cambia el estado de oxidación de especies reactivas por un intercambio de electrones entre reactivos, aun cuando no esté presente el oxígeno o nitrógeno(18). Para medir esto, se utiliza un nomograma para zonificación de enriquecimiento orgánico bentónico basado en

potenciales redox, el cual puede mostrar los patrones que se relacionan con los cambios en los potenciales redox, ph, disponibilidad de oxígeno, biodiversidad de macrofauna en función del aumento total de los sedimentos marinos y enriquecimiento orgánico

Ensamblajes bentónicos

También conocidos como bentos, es una comunidad de organismos pequeños formada principalmente por poliquetos, moluscos y crustáceos, además de equinodermos y otros grupos taxonómicos, los cuales habitan en el fondo marino o cualquier ecosistema acuático, además, también pueden habitar en la columna de agua. La macrofauna se la puede encontrar en fondos blandos, es decir, fondos que están formados por arcillas, gravas, arenas y limos. El tamaño de los animales que incluye esta comunidad es pequeño, pudiendo quedar retenidos al pasar una muestra de sedimentos por un tamiz con 0.5 mm de ojo, sin embargo, sus tamaños varían dependiendo del medio en el que se encuentren por la disponibilidad de nutrientes y demás condiciones del medio. La macrofauna posee una gran diversidad de especies la cual se calcula que va de entre 500.000 y 10.000.000 de especies en todo el mundo (19).

Antecedentes

En un reporte escrito por Twilley R.,1989 (20), debido al incremento de la explotación camaronera en Guayas y El Oro se discute la correcta gestión de una acuicultura sustentable a través de la calidad del agua y como un mal manejo de la misma en el río Guayas ha provocado la pérdida de hectáreas de manglar, afectando la calidad del agua y la misma producción camaronera, por lo que el autor sugiere enfoques hacia un manejo sustentable de la calidad del agua y sus variables así como del volumen de agua descargado en los recambios de agua y su contenido de sustancias tóxicas. También recomienda la elaboración de un inventario de pérdida de manglares para reconocer impactos futuros y actuales. Twilley R.,(1989) sugiere que gran parte de estos cambios se deben al crecimiento industrial y urbano que transforma la calidad del agua en los diferentes estuarios y afluentes que se encuentran circundantes y adyacentes a la influencia antropogénica.

En un estudio realizado por Terchunian A. & Klemas V, 1986 (21), se hace uso de imágenes multiespectrales para estimar la biomasa total en los manglares y el cambio de uso de suelo al sur del golfo de Guayaquil que contribuyó a un análisis multitemporal del uso de suelo, mostrando hasta ese año una reducción del 16% de extensiones de manglares y un incremento del 27% en el desarrollo de la actividad camaronera. El objetivo de este estudio también fue instruir al personal de esta actividad sobre prácticas sustentables ya que hasta ese año la tendencia de crecimiento lineal que se mostraba de la desaparición de bosque de manglar y la extensión de piscinas camarones, predecían la desaparición de los mangles en el área de estudio para la década de los noventas, por lo que el autor sugiere un mayor uso de técnicas de teledetección en el futuro para monitorear y dirigir el cambio en el ecosistema manglar.

En el estudio publicado por Barraza Ramón y demás (10) se examinó el efecto producido sobre la calidad del agua y sedimentos provocado por las descargas de agua de un parque acuícola, las mismas que se daban al final del ciclo de cultivo. Esto se evaluaba con base en los parámetros ambientales existentes para los cuerpos de agua receptores de la costa de Sonora, México. Para efecto de esto, se recogieron muestras del agua y de los sedimentos a distintas distancias que fueron: 50, 150 y 300 m. de los sectores de efluentes cuando ya acabó el cultivo, durante la etapa de operaciones y la de cosechas, para luego contrastarlas con muestras tomadas en distancias idénticas en una zona que no ha sido influenciada por descargas del parque acuícola, lo que evidenció en las dos primeras tomas de muestras para la calidad del sedimento y del agua, efectos negativos en todos los tramos establecidos de muestreo, sin embargo, durante el muestreo 3 no hubo diferencias entre la zona impactada y la no impactada por un cierre prematuro de los cultivos. Al final del estudio los resultados sugieren que la alta carga de nutrientes y materia orgánica rebasan la capacidad de asimilación del medio al final del ciclo de cultivo, no siendo así durante los periodos de receso, en los cuales hay una asimilación normal de la materia acumulada.

En un estudio hecho por Pereira Nestor (9) se evaluaron parámetros fisicoquímicos en la calidad de los sedimentos y del agua en la costa occidental del lago Maracaibo, mediante muestreos para relacionar dichos parámetros con la fauna bentónica de macroinvertebrados con el fin de valorar el impacto de la actividad camaronera. Para esto se utilizaron índices ecológicos como la riqueza, abundancia y dominancia para precisar el comportamiento de las comunidades bentónicas, los cuales se usaron en un muestreo

que estableció 6 estaciones en el sentido de la corriente del cuerpo de agua siendo la primera la de control y la más lejana de la zona de influencia, utilizando para la colecta de muestras una draga Ekman que captura un área 0,022m². Las muestras fueron recogidas usando transeptos y cuadratas perpendiculares a la línea de la costa en cada estación y luego fueron puestas en fundas ziploc rotuladas con el número de cada estación. Este estudio indicó que la estacionalidad con condiciones físicas locales influye en la variabilidad, por lo que la materia orgánica en el sedimento de las zonas de muestreo varió en los meses de lluvia, pero en la época de sequía, aquellas influenciadas por la actividad camaronera se comportaron similar a la zona de referencia.

En otro estudio realizado por Papageorgiou et. al en el 2010 en el laboratorio de ecología marina de la universidad de la isla de Creta en Grecia(22), se comprobó que la fauna bentónica y las propiedades biogeoquímicas de los sedimentos varían de acuerdo a los diferentes rangos de exposición de un enriquecimiento orgánico, tipo de suelo de fondo, distancia de la fuente de influencia y la profundidad. En sus resultados se mostró que los sedimentos limosos en comparación con los gruesos en las granjas acuícolas tienen valores muy altos de carbono orgánico total, mayor liberación de fosfato, mayor consumo de oxígeno y menor diversidad bentónica, lo que mostró la probabilidad de que los sitios fangosos sean vistos como impactados-críticos.

En un estudio realizado por Cruz J., 2003 (23) en una camaronera cerca de la comunidad Chongón de la provincia del Guayas en Ecuador, se reconoció que las regulaciones ambientales para la actividad acuícola están mal adaptadas al contexto local por falta de datos y políticas dirigidas de regulación ambiental. También se valoró la biomasa de indicadores de carga orgánica y algunos nutrientes que se encuentran en estanques de monocultivo de camarón y policultivo de tilapia – camarón, dando resultados que nos hablan de diferencias significativas del contenido de DBO, nutrientes, clorofila y sólidos suspendidos totales (TSS) en las descargas de aguas, las cuales compara entre un monocultivo y un policultivo concluyendo que la mayoría de las variables analizadas aumentan en las piscinas correspondientes al policultivo por el incremento en el ingreso de nutrientes y la resuspensión del sedimento que se encuentra en el fondo.

Marco legal

Según el TULSMA (24)

“PARÁGRAFO 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 muestreos 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.”*

Este artículo reconoce que se puede aplicar muestreos para determinar la calidad de los sedimentos en los cuerpos de agua y usarlos como indicadores de calidad medio ambiental conforme a lo que dicten los órdenes establecidos por las autoridades ambientales competentes, dentro del país y fuera del si no existen dichos protocolos.

***“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 fi gura legal correspondiente.”*

Según el art. 216 del párrafo III de sedimentos del TULSMA, se reconoce la expedición de disposiciones técnicas para la calidad de los sedimentos conforme al cuerpo legal que corresponda, lo que refleja un vacío legal, ya que no existen específicamente este tipo disposiciones 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.”*

Conforme a lo escrito en este artículo, la autoridad ambiental nacional controlará la calidad de los sedimentos mediante los análisis correspondientes o designará a personal capacitado para realizarlo, sin embargo, de hacerse esto, no existe un marco regulatorio específico en el país para que se evalúe esto.

“Art. 218 Tratamiento de sedimentos contaminados. - Se lo ejecuta por medio de procedimientos aceptados por la Autoridad Ambiental Competente y acorde a lo establecido en la norma técnica de sedimentos y en la normativa de desechos peligrosos, de ser el caso.”

Acorde a lo establecido en este artículo, de hallarse contaminantes en los sedimentos, el tratamiento de los mismos se lo efectúa según las disposiciones de la autoridad ambiental que corresponda y a lo escrito en la norma técnica de sedimentos y normativa de desechos peligrosos, las cuales hablan de normas específicas que no existen en el país.

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.”

Este artículo refiere la creación de estatutos técnicos que regulen la calidad de elementos abióticos, entre esos, los sedimentos, en áreas naturales, de manera que se proteja por su fragilidad el ecosistema.

“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.”

Este artículo explica lo que comprende un elemento abiótico dentro del medio, siendo elementos que no poseen vida, los cuales reconoce que pueden ser alterados de manera antrópica.

Debido a que hasta la fecha de trabajo y publicación de esta investigación no existe una normativa que fije estándares ambientales para la calidad de sedimento en el Ecuador, estableciendo valores normales; se tomaron los valores de referencia en la legislación de Canadá como guía, presentando a lo establecido en las “*Disposiciones de la calidad de sedimentos canadienses para la protección de la vida acuática*” en la tabla 1(25)

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

Áreas de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en las reservas de manglares existentes en la provincia de Esmeraldas: REMACAM (Reserva Ecológica de Manglares Cayapas Mataje) y RVS MERM (Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Rio Muisne), para hallar y comparar diferencias significativas entre la calidad de sedimentos en zonas de estuarios con manglares circundantes a granjas camaroneras y zonas de estuarios con manglares con menor presencia de granjas camaroneras. Por lo cual, en cada reserva se escogieron dos sectores de estuarios con manglares, que presentan diferentes niveles de producción camaronera.

La REMACAM es una eco región terrestre prioritaria (ETPS) o hotspots que presentan mayor diversidad biológica en el mundo que contiene bosques de manglar donde se haya una gran productividad biológica. Además, el bosque húmedo estuarino de la REMACAM se destaca por ser una de las pocas áreas en la costa pacífica sudamericana donde al día de hoy aún existe una parte significativa de los bosques de manglar. Los sedimentos presentes en esta reserva presentan una capa superficial orgánica mineral oscura con texturas finas, arcillo limosas y limosas y algo arenosas por la presencia de agua salobre. En su composición química presentan mucha acidez además de estar sulfatados y tener un alto contenido de materia orgánica, por lo que se encuentran restringidos para fines agrícolas y agropecuarios ya que son infértiles por la concentración de metales (26).

La REMACAM es una reserva ecológica situada al noroccidente de los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo con una superficie de 20.758 km² que es el 6.8% del territorio nacional y una extensión en la actualidad de alrededor de 47.321, 02 ha. Esta reserva es un sitio de descanso, reproducción y alimentación para cientos de especies que comprenden fauna endémica y migratoria del lugar y además posee un bosque húmedo estuarino que conserva gran parte de los bosques de manglar, por lo cual existe gran biodiversidad y es considerado un sitio RAMSAR(26).

El RVS MERM tiene una comunidad biótica muy diversa debido a la presencia de aguas salobres, además, en sus sedimentos presenta bajos contenidos de materia orgánica

debido al extensivo establecimiento de granjas camaroneras que modifica el aporte de sedimentos que reciben los estuarios del RVS MERM por parte de las cuencas occidentales de Esmeraldas y Guayas. Son evidentes los grandes cambios en las tasas de sedimentación que responden a la degradación del suelo, generando embancamientos que impiden la navegación en algunos sectores del refugio. Esto supone una alteración en la composición y la estructura del suelo, teniendo en cuenta que este es muy susceptible a la contaminación y al deterioro por ser polifuncional al actuar como un filtro regulador de materia y energía. El stress actual en los sedimentos del refugio presenta un nivel de irreversibilidad a largo plazo y difícil de revertir, un nivel de manejabilidad difícil y una criticalidad grave, de lo cual todo ello se conoce en cierta medida (27).

El RVSMERM se encuentra al sur de la provincia de Esmeraldas con una extensión 3173 ha. En él se puede encontrar varios tipos de mangle como el rojo, blanco, negro, piñuelo, botón y nato, siendo estos, parte de los últimos remanentes de bosques húmedos intermareales que aún hay en la provincia de Esmeraldas que cuentan con un estimado de 293 especies que incluyen a mamíferos, aves, moluscos, crustáceos y peces. Además esta área sirve de refugio para mamíferos amenazados en el país(28).

Los sectores escogidos son: Estero – Cojimíes, Muisne, Tambillo y Palma real como sitio de control, los mismos que se encuentran al sur y norte de la provincia de Esmeraldas respectivamente: y que aparecen en las figuras 1, 2,3, 4.

Tabla 1. Componentes biofísicos de las áreas de estudio.

LUGAR	POBLACIÓN	SUPERFICIE(29,30,31,32)	COBERTURA DE MANGLAR(13)
COJIMIES	6000 hab.	796,34 km ²	4645 has.
MUISNE	28874 hab.	1265 km ²	1727 has.
TAMBILLO	1753 hab.	243,39 km ²	-
PALMA REAL	1814 hab.	39,43 km ²	-

Estero-Cojimíes

Estero - Cojimíes, está ubicado al sur oeste de la provincia de Esmeraldas y al noroeste de la provincia de Manabí en la región costa. Cojimíes cuenta con alrededor de 6000 habitantes que viven de la pesca, el turismo y la agricultura, además tiene una playa de atractivo turístico y está a 10 min de la reserva ecológica Maché Chindúl.

Muisne

Muisne está ubicado en la parte suroeste de la provincia de Esmeraldas y consta de 7 km de playas, por lo cual se la conoce como el jardín esmeraldeño. Tiene Alrededor de 28474 habitantes, los cuales también obtienen un sustento de la pesca artesanal que incluye cangrejos y jaibas, que suelen haber en abundancia.

Tambillo.

Tambillo es una parroquia perteneciente al cantón San Lorenzo que se encuentra a 30 minutos navegando en lancha a motor desde el muelle de San Lorenzo. En esta comunidad habitan aproximadamente 1753 personas que conforman 301 familias según un censo del INEC del 2010 (26). Es un pueblo conchero rodeado de manglares que se dedica a la extracción de concha y a la pesca en menor medida (33).

Palma Real.

Palma real es una parroquia y poblado del cantón San Lorenzo que queda a unos 40 minutos de navegación en lancha a motor del muelle de San Lorenzo, es un poblado fronterizo con Colombia, que vive de la pesca, el comercio y la concha, donde viven aproximadamente 1814 personas según el censo del INEC del 2010(26). La única vía para llegar a esta parroquia es la marítima (34)

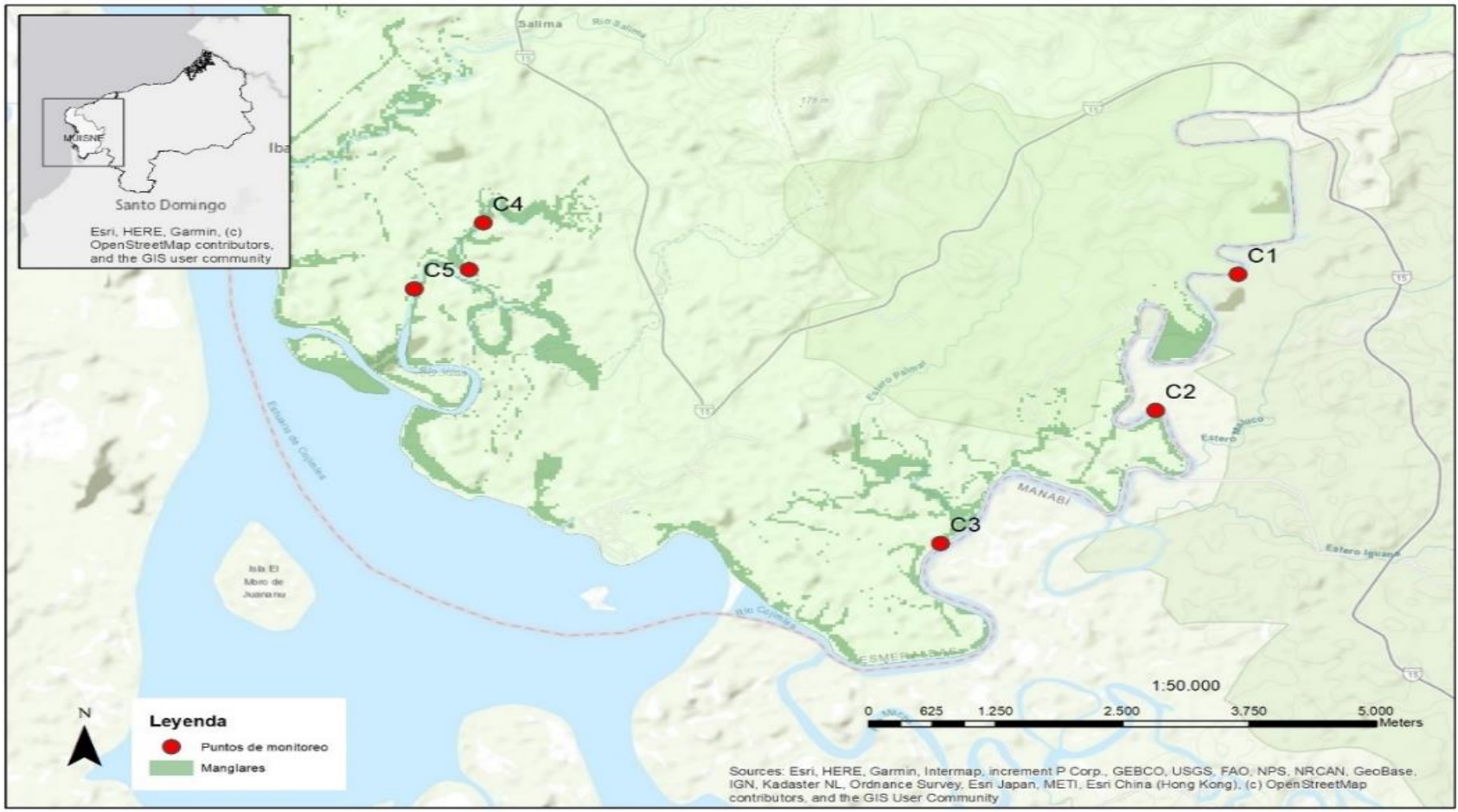


Figura 1. Área de estudio Estero – Cojimí

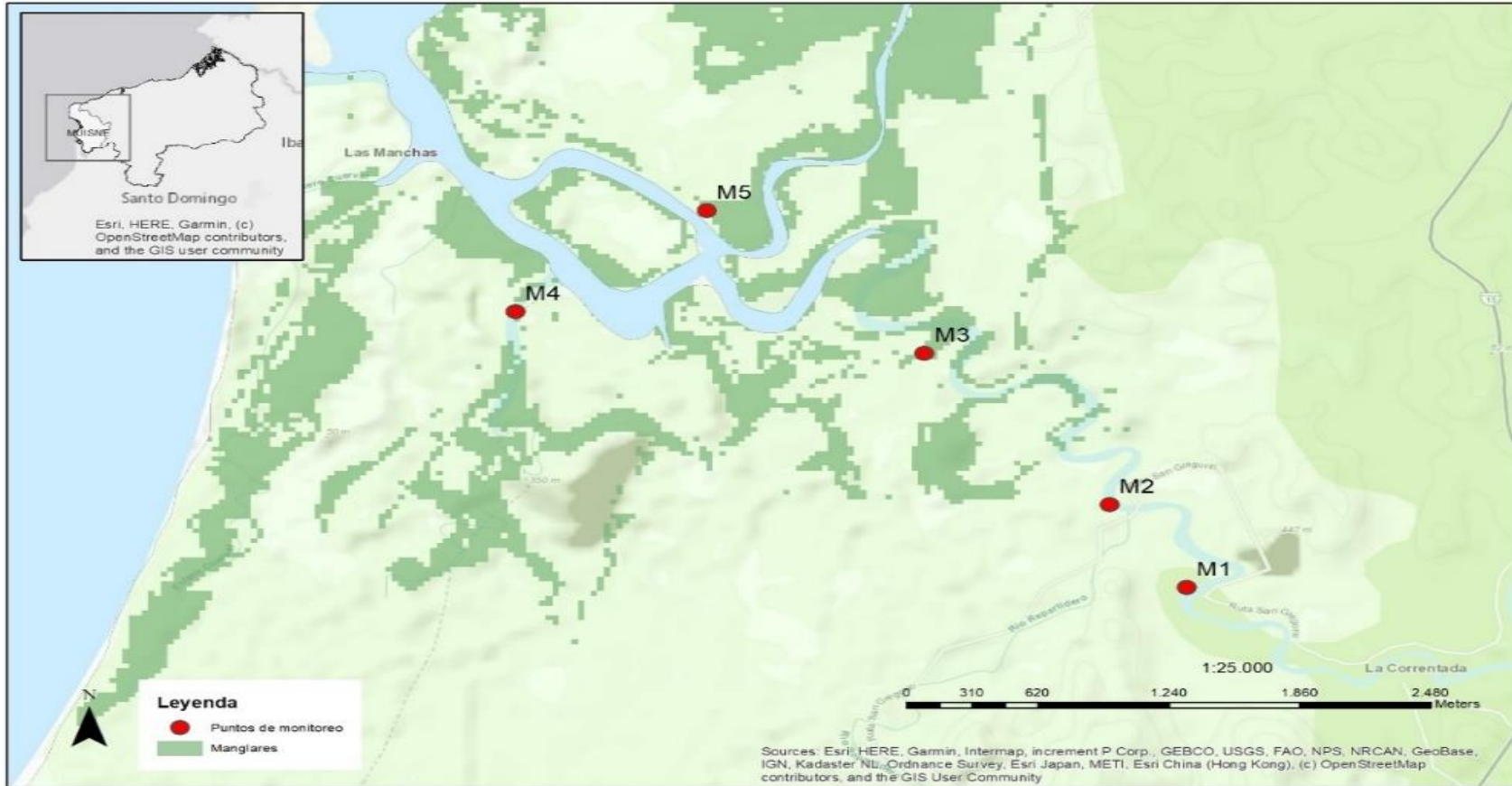


Figura 2. Área de estudio Muisne.



Figura 3. Área de estudio Tambillo

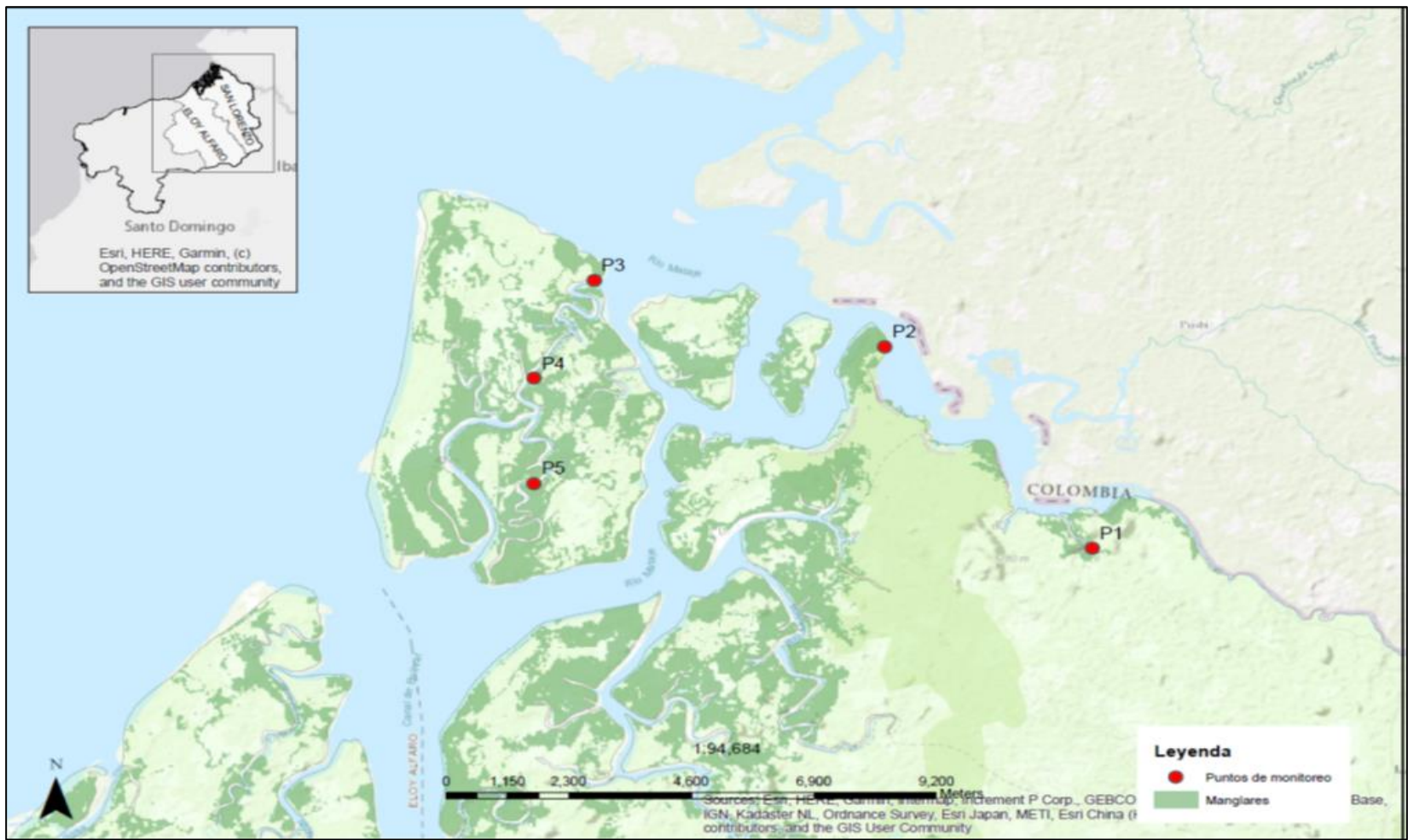


Figura 4. Área de estudio Palma Real.

Actividades de muestreo

Toma y procesamiento de muestras

OEI. Registrar valores del potencial oxido reducción ORP, contenido de metales, nutrientes y de materia orgánica de sedimentos superficiales mediante el análisis de laboratorio.

La llegada a las áreas de estudio se dió en horas de la mañana con vaciante, dado que el tiempo requerido para muestrear era durante la marea baja. Consiguiente a esto los muestreos se efectuaron desde las bocanas de mar hasta la cabecera de los estuarios, en las áreas de estudio del sur (Muisne y Cojimíes). Dentro de cada estuario se procedió a hacer 1 lance de la draga Van Veen de 4 L por sitios de muestreo (siendo 5 puntos fijados en cada estuario) con la finalidad de obtener una muestra fiel de los 15 o 20 centímetros superficiales del bloque de sedimentos (fig. 5) que cobra la draga del fondo (fig. 6). Luego con una espátula de plástico se sustrajo cuidadosamente una muestra de los 3 cm superficiales, que se almacenó en fundas ziploc de 1 litro (fig. 7) dentro de un icopor con hielo a bajas temperatura de entre 2 y 4 °C para que no cambie su composición fisicoquímica y biológica y así evitar su descomposición hasta su llegada a los laboratorios, la cual se efectuó personalmente en viajes de 9hrs posteriores a su recolección, para evaluar posibles niveles de toxicidad o contaminantes en los sedimentos(35). Se registró el potencial redox, el contenido de metales como: plomo, zinc, cobre y mercurio que corresponden a compuestos más observados en cuanto a polución metálica por descargas de granjas camaroneras a nivel internacional (32, 33, 34); nutrientes como: nitrito, nitrato, amonio, fosfato y nitrógeno por ser de los impactos más descritos de las granjas camaroneras al ambiente, puesto que estos se administran muchas veces de manera ineficiente en la alimentación de los camarones y llegan a los ecosistemas acuáticos circundantes a través de los efluentes de las piscinas, sedimentándose y causando un excesivo enriquecimiento orgánico que da paso a eutrofizaciones (35, 36, 37). También se analizó el contenido de materia orgánica (MOT) de muestras recolectadas con la draga Van Veen; las muestras se enviaron a los laboratorios: CENAIM ESPOL en San Pedro-Santa Elena para análisis de potencial redox y materia orgánica; y GRUENTEC en Quito para análisis de metales y nutrientes (42).



Figura 5. Muestra de dragado



Figura 6. Retiro de la draga



Figura 7. Toma de muestras de sedimentos

Recolección y descripción de ensambles bentónicos

OE2. Describir ensambles bentónicos colectados en sedimentos de drenajes de manglares y camaroneras.

Para conseguir este objetivo se extrajo 3 muestras comprendidas de 3 lances por cada uno de los 5 sitio de muestreo con la draga Van Veen de 4 L, para extraer el sedimento submareal. Luego de cobrar la draga se depositó el sedimento en una malla de Nylon de 500 um a manera de saco (fig. 8), la cual se lavaba dentro del estuario para cernir el exceso de sedimento y reducir la muestra (fig. 9) para que quede solamente el bentos. Este se depositó en frascos plásticos de 1L con alcohol al 80% para su conservación. Luego se procedió a limpiar las muestras, retirando el contenido una cucharada a la vez, para ser observadas con la ayuda de lupas, lámparas y pinzas quirúrgicas (fig. 10), y así depositar los organismos bentónicos encontrados en frascos plásticos de 75 ml con alcohol al 80% (fig. 11). Una vez limpia la muestra, se identificó cada organismo a nivel de familia, usando un microscopio digital (“dino-lite digital microscope”) y guías de identificación de moluscos, crustáceos, bivalvos y poliquetos, para finalmente ser ingresados en la colección y base de datos del Museo EGA-PUCESE. La base de datos se usó para realizar índices de diversidad biológica.



Figura 8. Depósito de la muestra



Figura 9. Lavado de la muestra



Figura 10. Búsqueda y limpieza de muestras de seres bentónicos



Figura 11. Almacenamiento de especímenes bentónicos

Comparativa de resultados obtenidos frente a la normativa internacional.

OE3. Analizar los resultados obtenidos en función de marcos legales internacionales e integrar variables fisicoquímicas y biológicas mediante análisis multivariados.

Para lograr este sitio de la investigación se interpretó y discutió los resultados obtenidos con base en normativas o marcos legales internacionales correspondientes que brinden criterios o estándares de calidad para suelos o sedimentos, debido a la ausencia de esta a nivel nacional. Los marcos legales contra los que se compararon los resultados fueron de: Brasil, Estados Unidos, Portugal. Además también se los comparó contra los valores establecidos de una patente de Long et al para sedimentos marinos y estuarinos (43). Para esto también se integraron las variables físico-químicas y biológicas mediante análisis

multivariados realizados en Past. Se compararon marcos legales de países con normativas o criterios de calidad de sedimentos contra los resultados obtenidos para evidenciar impactos ambientales en la calidad de los mismos.

Materiales

Se usaron equipos como: GPS ETREX GARMIN, microscopio digital Dino-Lite (fig. 12) provistos por la institución para georreferenciar el posicionamiento global de las áreas de estudio; Malla Nylon de 500 u (fig. 14), para cernir las muestras, fundas ziploc, que se usaron para el almacenamiento de las muestras al vacío en su transporte; coolers, los cuales se usarán con hielo para mantener las muestras a una baja temperatura; Lápices de grafito, que se usarán para etiquetar las muestras, papel calca y cinta adhesiva para hacer las etiquetas, envases plásticos con tapa de 1 litro para el almacenamiento del bentos, una malla de 500 um para filtrar la muestra de sedimentos.

La recolección de muestras se puede hacer mediante métodos simples de muestreos para evaluar la calidad de los fondos como: la utilización de rastras, Sacatestigos (fig. 13), Dragas de acero inoxidable, drones acuáticos, etc., los cuales son dispositivos de uso manual y remoto. En este caso se usó una draga Van Veen (fig.15) de 0,025 m² en la superficie de mordida con 4 L de capacidad para poder extraer el sedimento superficial (42).



Figura 12. Dino-Lite Digital Microscope



Figura 13. Sacatestigos o gravity Core



Figura 14. Malla de Nylon 500 um. Para filtrado



Figura 15. Draga Van Veen

Análisis de laboratorio

Los análisis realizados se hicieron en los laboratorios: CENAIM ESPOL y GRUENTEC, debido a la frecuencia y costos accesibles que tienen para llevar a cabo análisis biológicos y físico-químicos; sin embargo, parte de los análisis biológicos también se realizaron en los laboratorios de gestión ambiental de la PUCESE, los cuales conllevaron la descripción de ensambles bentónicos para medir la diversidad biológica de cada estuario; los análisis biológicos solicitados fueron respecto a la presencia de nutrientes como: nitrito, nitrato, nitrógeno, fosfato, los cuales registraron el contenido de los mismo en mg/kg de sedimentos, para comprobar posibles enriquecimientos orgánicos excesivos; y cuantificación del contenido de materia orgánica total (MOT) ya que es uno de los primeros indicativos de contaminación en los suelos y en el cuerpo de agua (44). Los análisis físico-químicos fueron de: Potencial redox (medido en mV) para determinar la oxidación o reducción de un ecosistema y describir el estado de su materia orgánica midiendo su energía química; metales (plomo, zinc, cobre, mercurio, medidos en mg/kg) para monitorear la polución metálica presente en las descargas de efluentes de granjas camaroneras, potencial de hidrógeno (PH) para medir la acidez y la alcalinidad de los sedimentos y conductividad eléctrica para medir la salinidad presente en el suelo estuarino. (medida en uS/am) (42).

Análisis de datos

El consiguiente análisis de los datos obtenidos abarcó la utilización del software estadístico PAST para realizar análisis como: índice de Shannon Weaver, que sirve para calcular la diversidad biológica específica; índice de Margalef que sirve para medir la diversidad biológica de una comunidad basándose en el número de individuos de las diferentes especies con relación al número de individuos de la muestra; número de taxones (riqueza), que estima el número de especies existentes dentro de la muestra; y número de individuos (abundancia), que cuantifica la cantidad de individuos existentes en la muestra. Para lo cual, se reorganizó los datos obtenidos de la base de datos de Excel (se invirtió el lugar de las filas y columnas) para luego exportar la base de datos a PAST y así realizar los índices de diversidad planteados (45)(46); Además se realizó un análisis multivariado integrando las variables biológicas y fisicoquímicas en PAST para conocer el comportamiento de las variables observadas. Se usó el software estadístico R para obtener diagramas de cajas y bigotes, que mostró el comportamiento y dispersión de los

datos con respecto a sus medias y medianas; se realizó análisis anova de 1 vía y test de Kruskal Wallis para determinar la existencia de diferencias significativas entre las medias de los grupos (46); y se generó coeficientes de correlación de Pearson para medir la relación entre dos variables. Además, en Microsoft Excel se generaron gráficos de líneas de dispersión y barras apiladas que muestran y comparan la presencia de cada elemento de análisis en las muestras. Con las variables físico-químicas analizadas se hizo una tabla resumen para los datos obtenidos que expresa las cantidades numéricas de los elementos con sus respectivas unidades de medida; de la misma se hizo una tabla resumen la riqueza y abundancia por estuario, así como una tabla que resume los organismos bentónicos por Phylum y grupos zoológicos principales.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

OE1. Registrar valores del potencial oxido reducción ORP, contenido de metales, nutrientes y de materia orgánica de sedimentos superficiales mediante el análisis de laboratorio.

En los gráficos mostrados a continuación se describen datos sobre el potencial oxido reducción por sitio de muestreo y por estuarios, tanto como el contenido de metales como: Plomo, Zinc, Mercurio y cobre; y nutrientes como, el fosfato, nitrato, nitrito, Amonio y nitrógeno. También se muestran gráficos sobre el contenido de materia orgánica en los que sí hubo diferencias significativas (al igual que el nitrógeno), su PH y su conductividad eléctrica en la columna de sedimentos y agua.

Datos de potencial REDOX

De acuerdo con la gráfica de barras, los valores de redox (fig.16) que se pueden observar en M1 y T5 son los valores más altos con 228,3 mV y 208,3 mV respectivamente. Mientras que los valores más bajos se muestran en C5 con -170 mV y en M4 con -82,5 mV, lo cual evidencia una menor cantidad de oxígeno en estos sitios de muestreo.

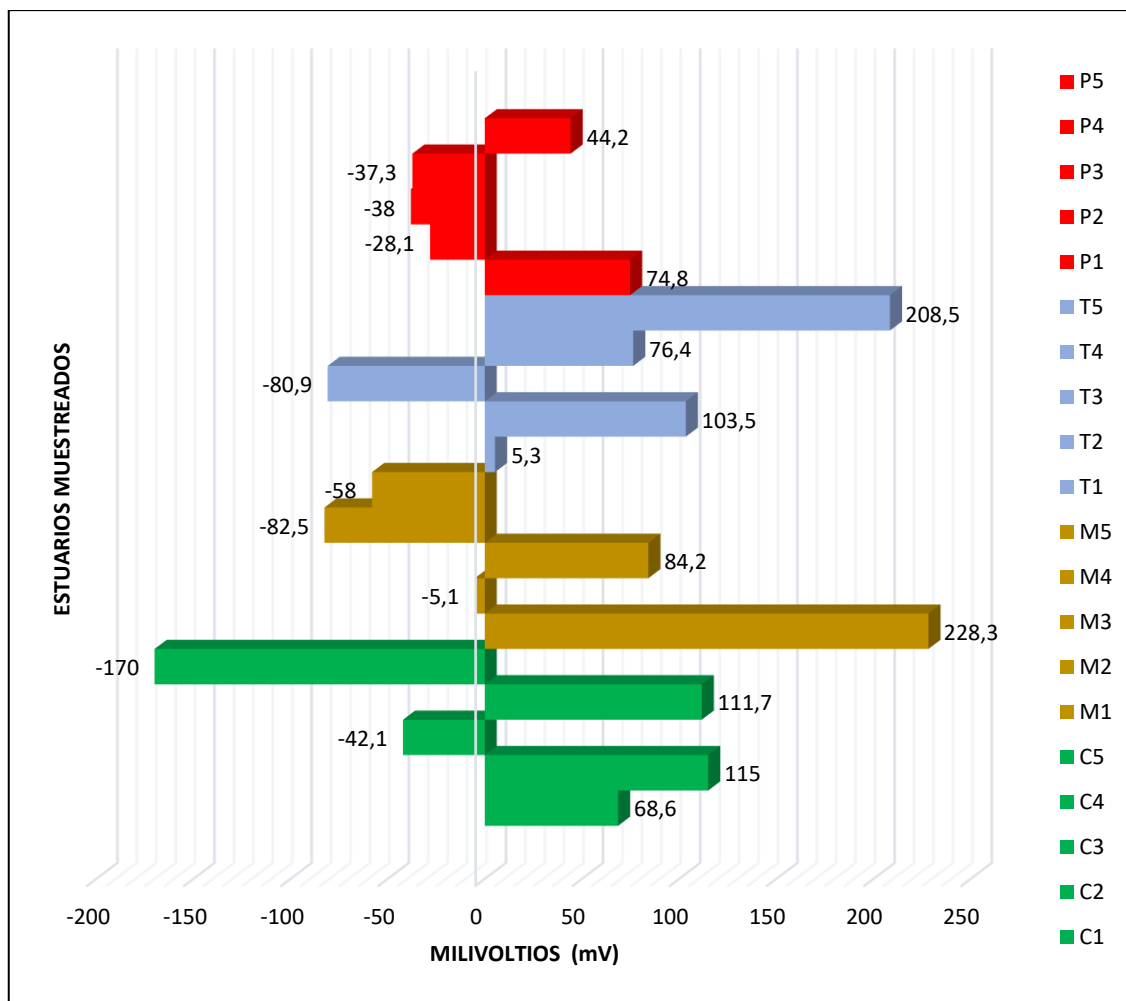


Figura 16. Lecturas de Redox por sitio de muestreo.

SITIO	ESTUARIO	SIGNIFICADO
C1	Cojimés	Cojimés uno
M1	Muisne	Muisne uno
T1	tambillo	Tambillo uno
P1	palma real	Palma Real uno

El presente es un gráfico (fig. 17) de cajas de las lecturas de REDOX por estuario, en el que se puede observar que no existen diferencias significativas, sin embargo, se puede observar que existe una asimetría positiva en Cojimés y Tambillo, debido a que sus medianas están más orientadas hacia el primer cuartil; además existe una asimetría negativa en Muisne y Palma real debido a que sus medianas están más orientadas hacia el cuarto cuartil

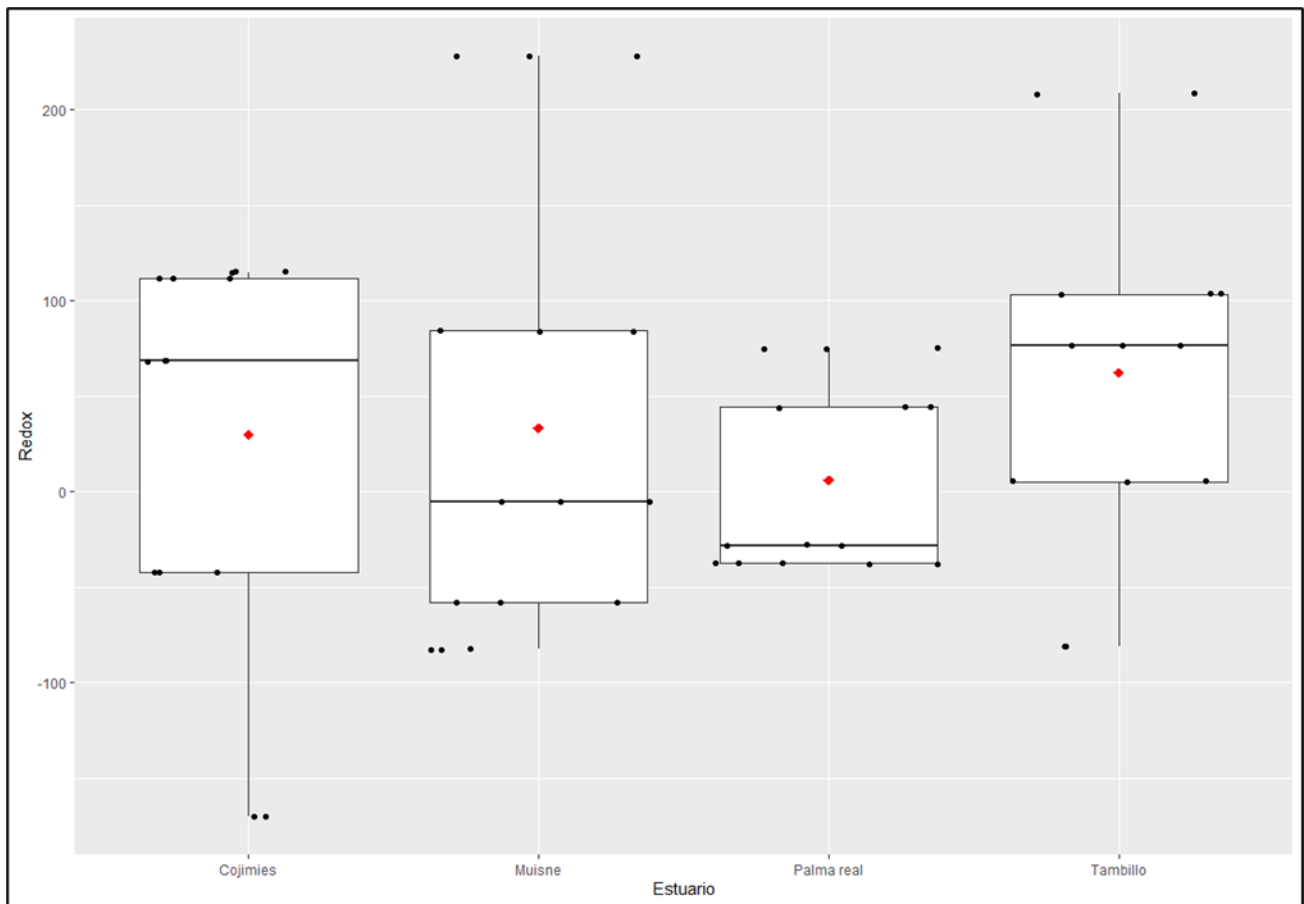


Figura 17. Comportamiento de REDOX por estuario

Contenido de metales

En la siguiente gráfica (fig. 18) se aprecia el contenido de metales como: cobre, mercurio, plomo y zinc presentes en los sedimentos. De manera que, se puede apreciar que los valores más altos son los del zinc y entre estos el pico más alto fue en Tambillo 5 (T5) con 78 mg/kg de sedimento y el más bajo fue Muisne 2 con 27 mg/kg de sedimentos. A estos valores le sigue el cobre, siendo el sitio con mayor concentración de este metal Palma real 2 (P2) con 57 mg/kg y el menor Muisne 2 (M2) con 12 mg/kg. Los valores de plomo se encontraron en menor concentración que el zinc y el cobre, siendo la mayor concentración en Palma real 1 (P1) con 6,5 mg/kg y las menores en T3 y P5 con 0,9 mg/kg en ambos sitios. Los valores de Mercurio fueron similares en casi todos los puntos, sin diferencias significativas, siendo la mayor concentración en Tambillo 3 (T3) con 0,1 mg/kg y en el resto de los puntos los valores fueron iguales con 0,05 mg/kg.

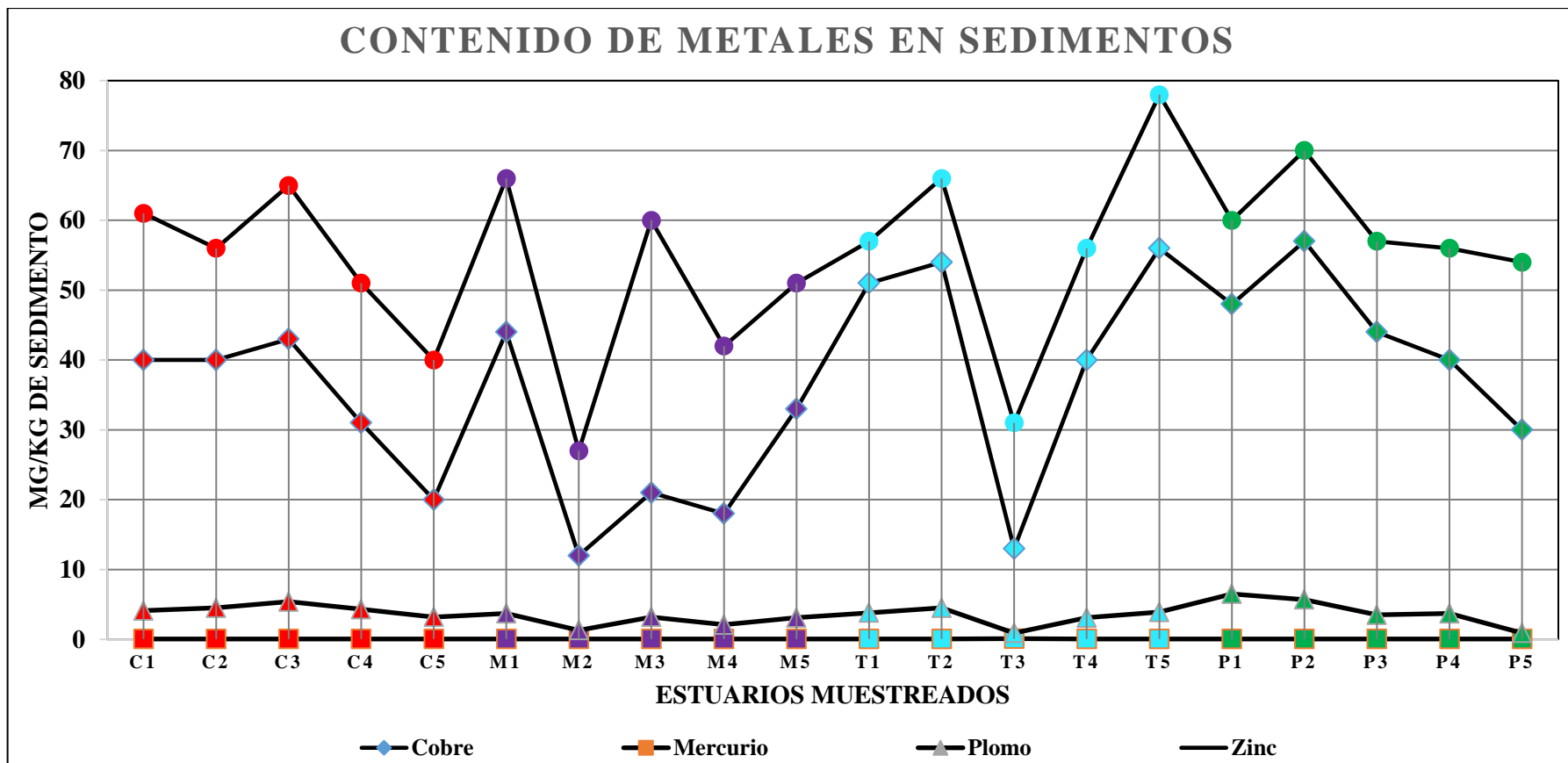


Figura 18. Contenido de metales en sedimentos.

SITIO	ESTUARIO
C	Cojimés
M	Muisne
T	Tambillo
P	Palma real

Contenido de nutrientes

Según la gráfica (fig.19) de nutrientes (amonio, nitrato, nitrito, fosfato) se puede observar que los picos más altos de nutrientes fueron: de amonio en C4 con 24 mg/kg, de nitrato en M5 con 6 mg/kg, de nitrito en M5 con 6mg/kg, de fosfato en M5 con 6mg/kg. Por otro lado, los valores más bajos de nutrientes fueron de: Amonio en M3 con 0,5 mg/kg, en T3 con 0,5 mg/kg y en P2 con 0,5 mg/kg; de fosfato en M1 y M2 con 2,5 mg/kg respectivamente, de nitrato en C1, M1, M2, T3 y P1 con 2,5 mg/kg respectivamente.

Contenido de nitrógeno total

Respecto a la gráfica (fig. 20) se puede observar los valores de nitrógeno total en cada sitio de muestreo de cada estuario, encontrándose el pico más alto en Palma Real 2 con 3831 mg/kg de sedimento seguido de Palma real 5 con 3700 mg/kg de sedimentos y el valor más bajo se halla en Tambillo 4 con 152 mg/kg de sedimentos seguido de Muisne 2 con 193 mg/kg de sedimentos.

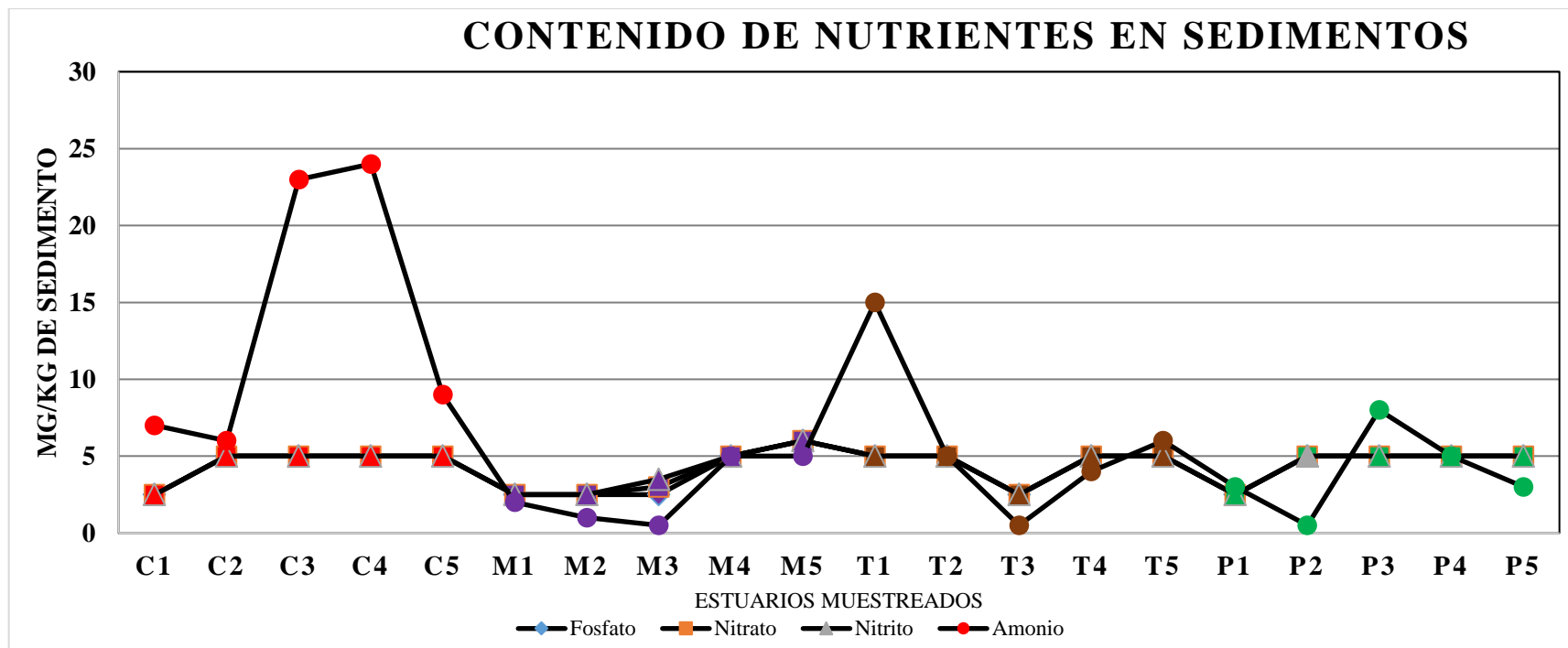


Figura 19. Comportamiento de nutrientes en Sedimentos.

SITIO	ESTUARIO
C	Cojimies
M	Muisne
T	Tambillo
P	Palma real

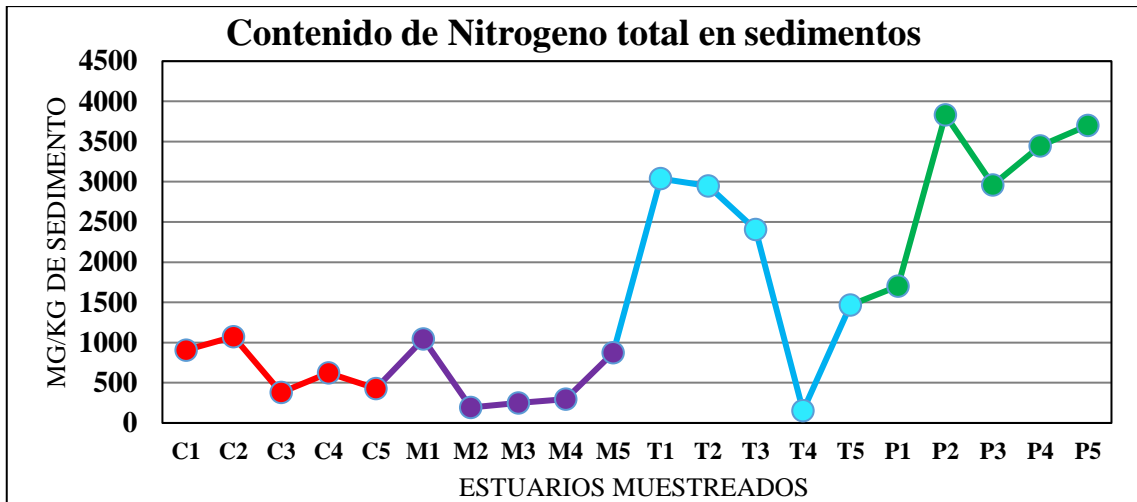


Figura 20. Nitrogeno Total en sedimentos.

SITIO	ESTUARIO
C	Cojimies
M	Muisne
T	Tambillo
P	Palma real

Contenido de nitrógeno por estuario

En la figura 21 se muestra diferencias situaciones en estuarios del norte que tienen una mayor concentración de nitrógeno con respecto a los estuarios del sur. Palma Real y Tambillo presentan asimetrías positivas con valores atípicos más extremos desde sus medianas a diferencia de Cojimies y Muisne que presentan asimetrías negativas con poca dispersión de datos y valores más bajos de concentración de nitrógeno.

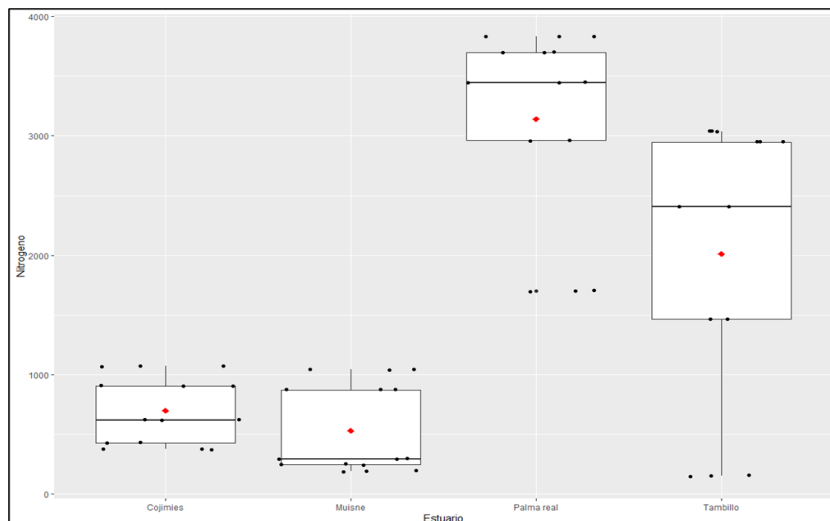


Figura 21. Comportamiento de datos en nitrógeno por estuario

Contenido de amonio

La siguiente gráfica (fig. 22) es un diagrama de cajas en el que se indica diferencias significativas con altos valores de amonio en Cojimies en comparación con el resto de estuarios, con una asimetría negativa con respecto de la mediana del 50% de sus datos. También presenta una gran dispersión de datos con los valores atípicos más extremos respecto de su media de todos los estuarios.

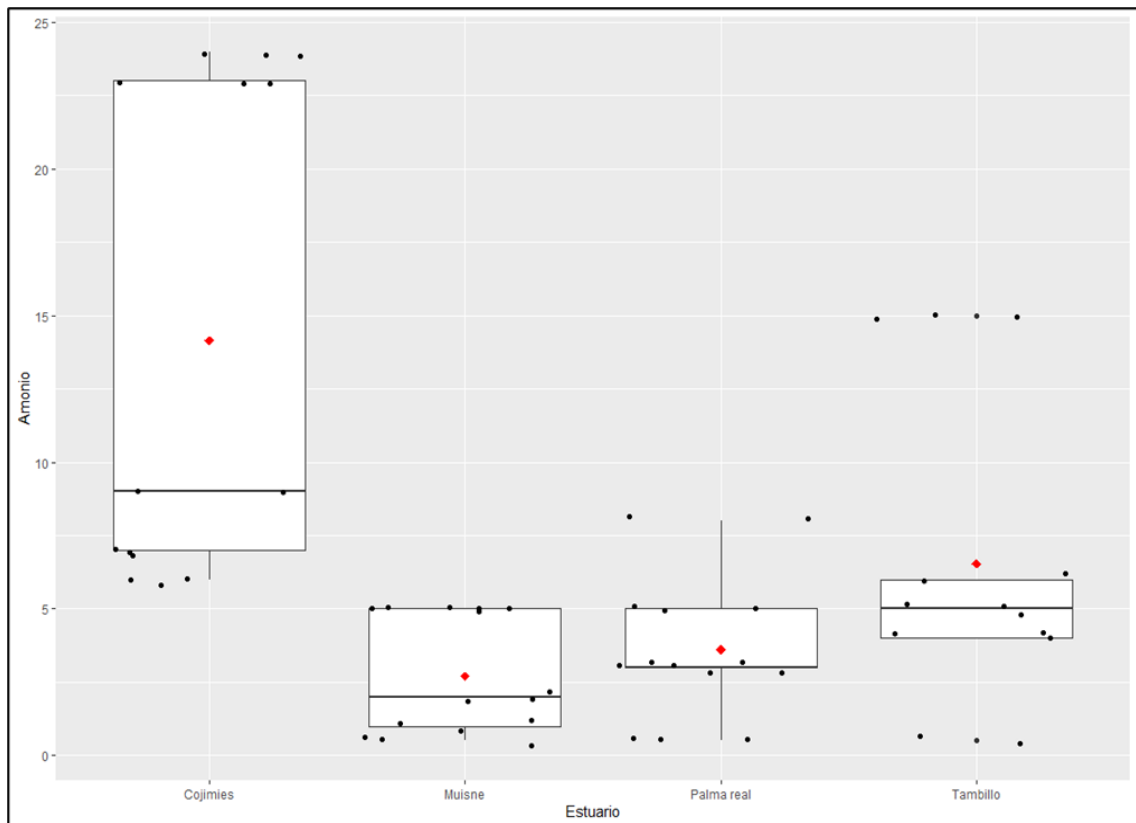


Figura 22. Comportamiento de datos de amonio por estuario.

Correlación entre el nitrógeno y la materia orgánica

En el siguiente gráfico se muestra la correlación que existe entre el nitrógeno y la materia orgánica de manglares y camaroneras (fig. 23), la cual es fuerte con un valor P de 0,65. Esta correlación muestra una mayor concentración de nitrógeno y materia orgánica en estuarios con manglares que en estuarios aledaños a camaroneras, donde se observa una clara disminución de nitrógeno y materia orgánica, semejando una correlación directamente proporcional.

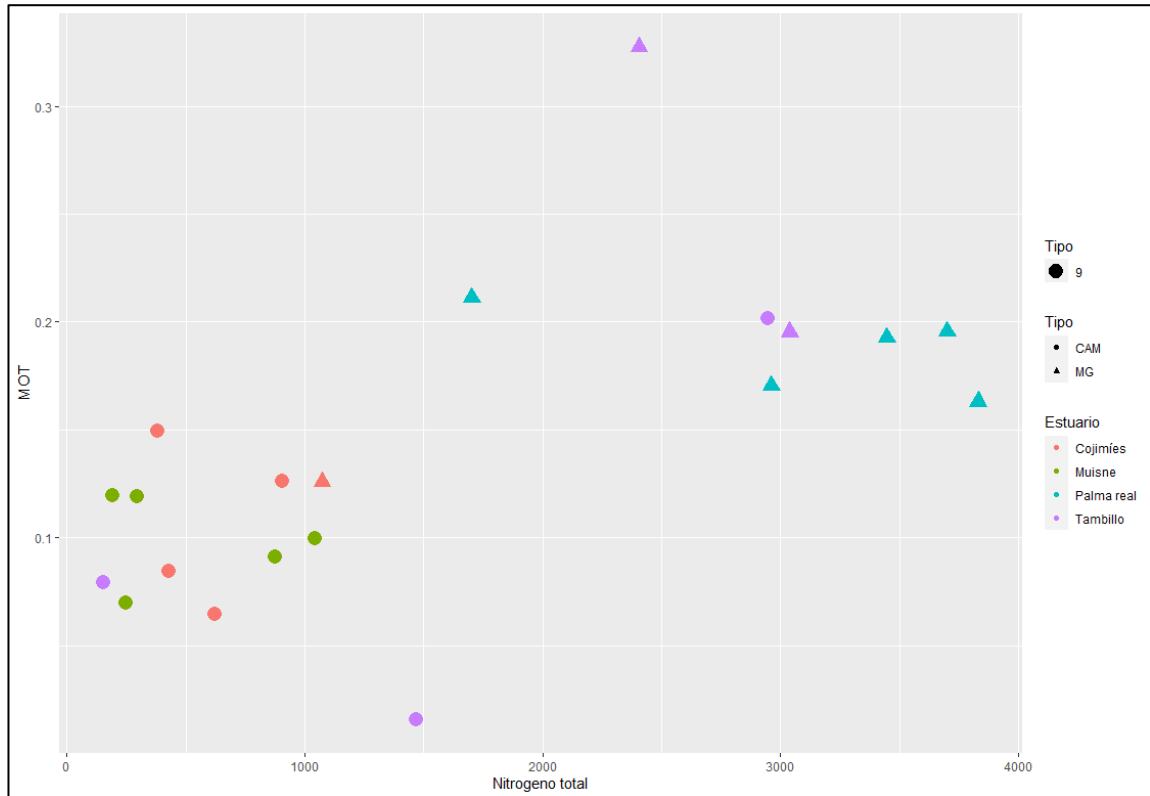


Figura 23. Correlación entre el nitrógeno y materia orgánica por estuario, CAM= Drenaje camaronero, MG=Drenaje de manglar no transformado

Contenido de materia orgánica por sitio de muestreo

En la siguiente gráfica (fig. 24) se pueden apreciar los valores porcentuales de la materia orgánica total en los diferentes sitios de muestreo y estuarios, siendo el valor más alto en Tambillo 3 con un 32,74% de la materia orgánica total, mientras que el valor más bajo se encuentra en Tambillo 5 con 1,57% de materia orgánica.

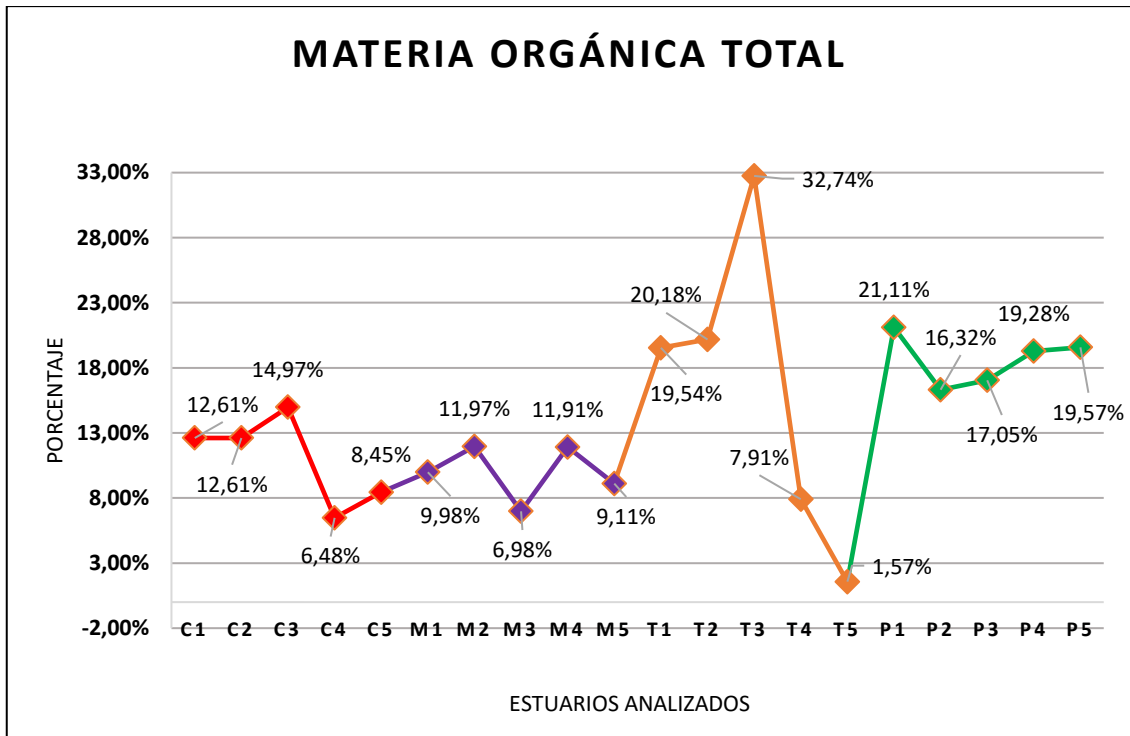


Figura 24. Materia Orgánica Total en sedimentos

SITIO	ESTUARIO
C	Cojimés
M	Muisne
T	Tambillo
P	Palma real

Contenido de materia orgánica por estuario

En la gráfica (fig. 25) se muestran diferencias significativas de materia orgánica en Palma Real con respecto de Cojimés y Muisne con un coeficiente de 5.378^{-05} según el test de Kruskal Wallis y una asimetría positiva del 50% de sus datos con respecto de su mediana. Tambillo presenta la mayor dispersión de datos con respecto de los 3 estuarios y también los valores atípicos más extremos de todos con respecto de su media con una asimetría positiva respecto de su mediana.

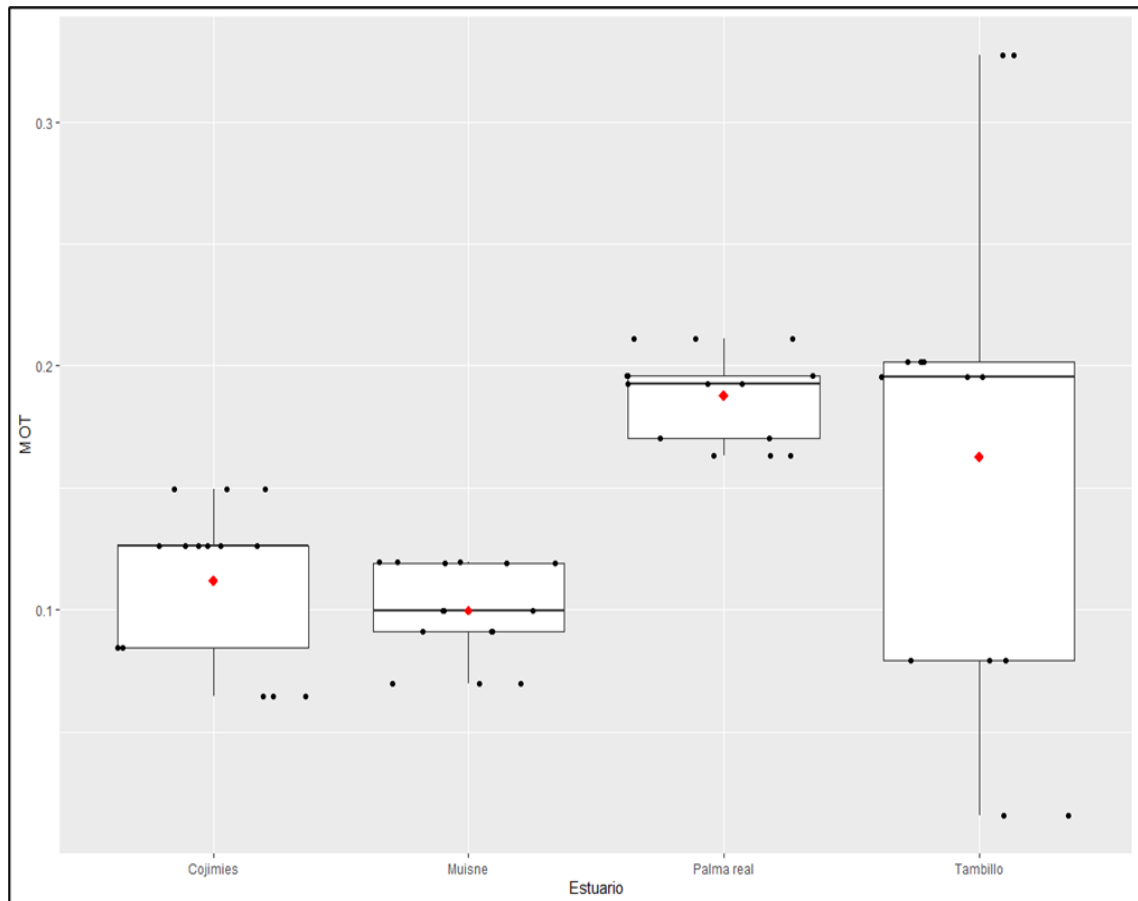


Figura 25. Contenido de Materia orgánica en sedimentos de estuarios analizados.

Correlación entre la materia orgánica y potencial redox

En la siguiente gráfica (fig. 26) se muestra una relación inversamente proporcional entre el redox y la materia orgánica con un valor P de 0,36 agrupada por estuarios diferenciando estuarios y manglares, donde se ve que los niveles de redox aumentan mientras el contenido de materia orgánica disminuye y viceversa, siendo los lugares con más MOT los manglares y los lugares con menos MOT las camaroneras. Se puede apreciar que en los estuarios del norte (Tambillo con $16 \pm 10\%$ y Palma Real con $18 \pm 1\%$) (tabla 2) donde hay más manglares que camaroneras, existe mayor cantidad de materia orgánica que en los estuarios del sur (Cojimíes con $11 \pm 3\%$ y Muisne con $9 \pm 1\%$) (tabla 2) donde hay mayor presencia de camaroneras.

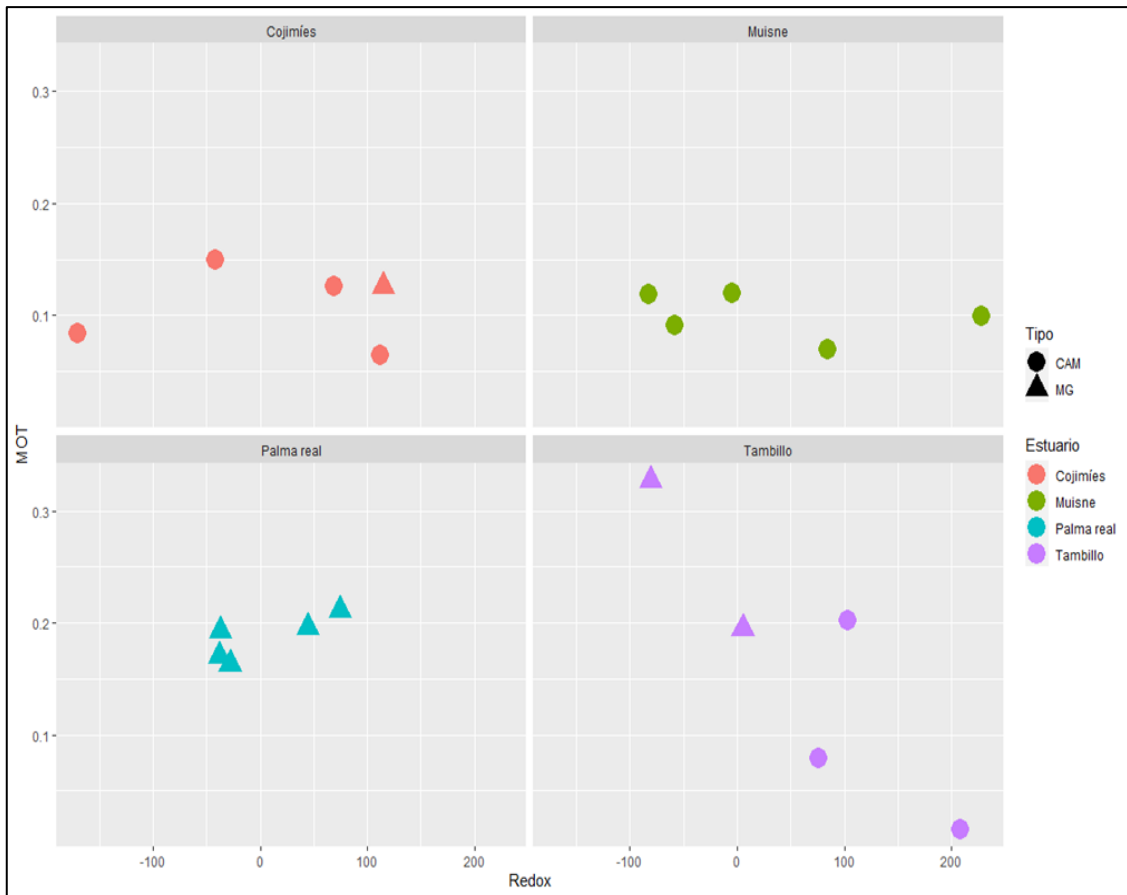


Figura 26. Correlación entre MOT y REDOX por estuario

Correlación entre materia orgánica y redox por manglares y camaroneras

En el gráfico presente se indica la correlación entre MOT y REDOX (fig. 27), donde es claramente observable la presencia de mayor contenido de materia orgánica en manglares, siendo una correlación débil e inversa a medida que baja el nivel de redox, con un valor P de 0,36. Por otra parte, las camaroneras tienen menos contenido de materia orgánica pero la tendencia es similar ya que la mayor lectura de redox rebasa los 200 mv cuando hay poco menos de 10% de MOT.

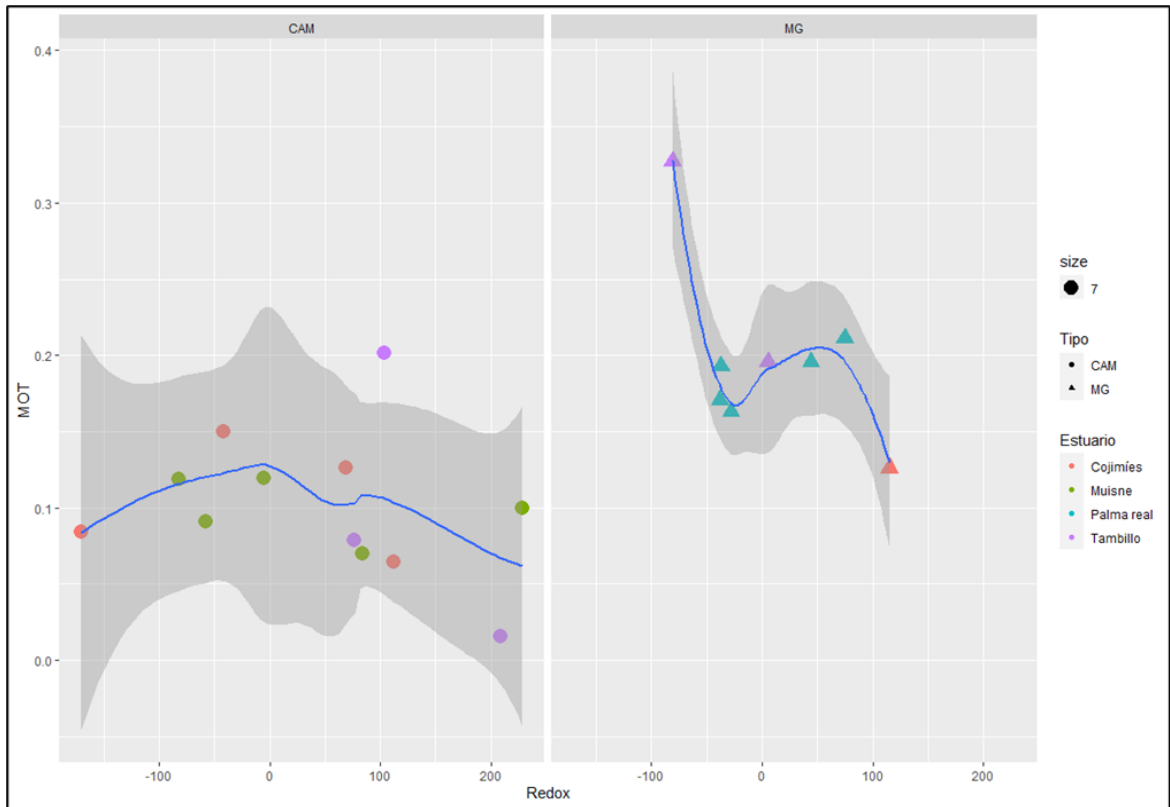


Figura 27. Correlación entre MOT y REDOX con respecto a manglares y camarónicas

Potencial de hidrógeno

El presente gráfico (fig. 28) es un diagrama de cajas y bigotes que representa la dispersión de los datos. Aquí se pueden apreciar diferencias significativas entre estuarios del sur (Cojimies y Muisne) y estuarios del norte (Tambillo y palma Real), además, la dispersión del 50% de los datos es menor en Cojimies a diferencia del resto, presentando una asimetría positiva al igual que en Tambillo; por el contrario, Muisne y Palma real presentan una asimetría negativa.

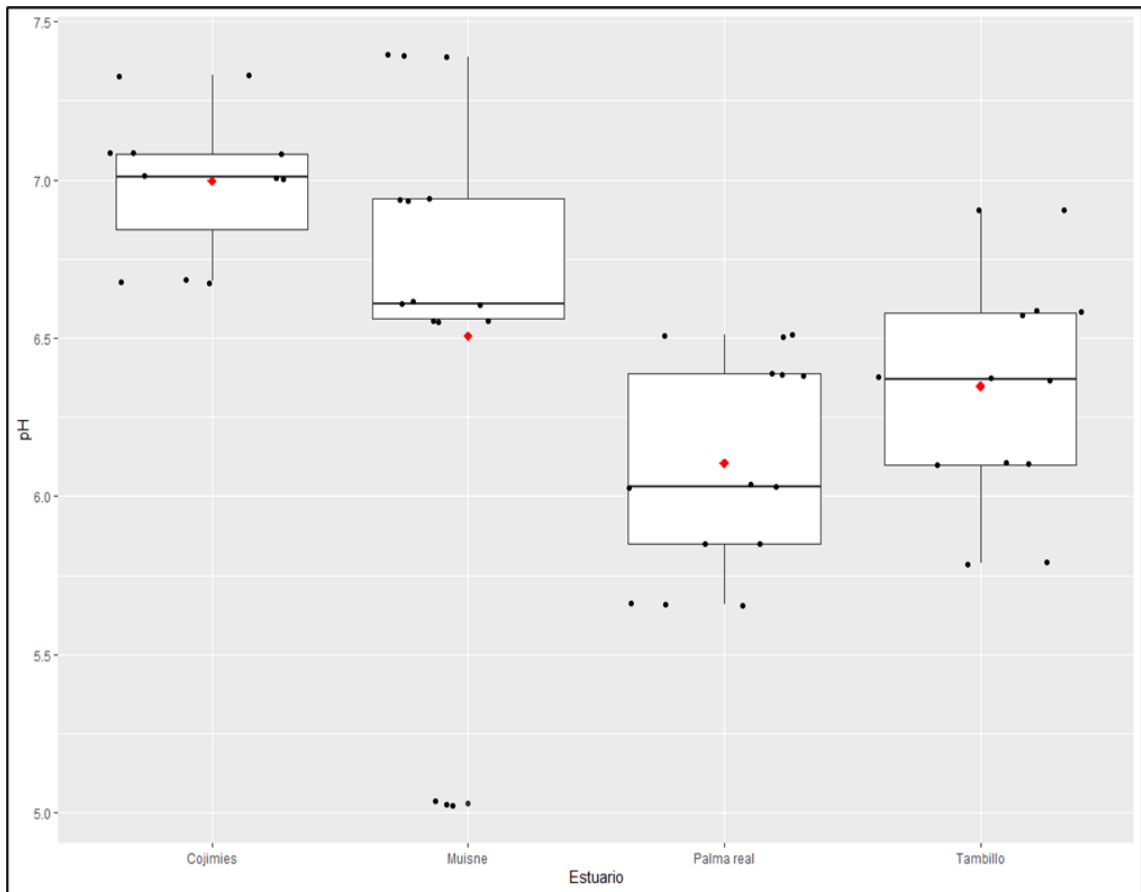


Figura 28. Comportamiento de datos en PH

Conductividad eléctrica

La gráfica muestra (fig. 30) un diagrama de cajas y bigotes de la conductividad eléctrica, donde no existen diferencias significativas, en el que Cojimies presenta una menor dispersión del 50% de sus datos, pero con los valores atípicos más extremos respecto de su mediana. Muisne presenta una gran dispersión de sus datos, pero sin asimetrías positivas o negativas. Palma real y Tambillo presentan asimetrías positivas respecto de sus medianas con valores atípicos menos extremos en comparación con Cojimies y Muisne.

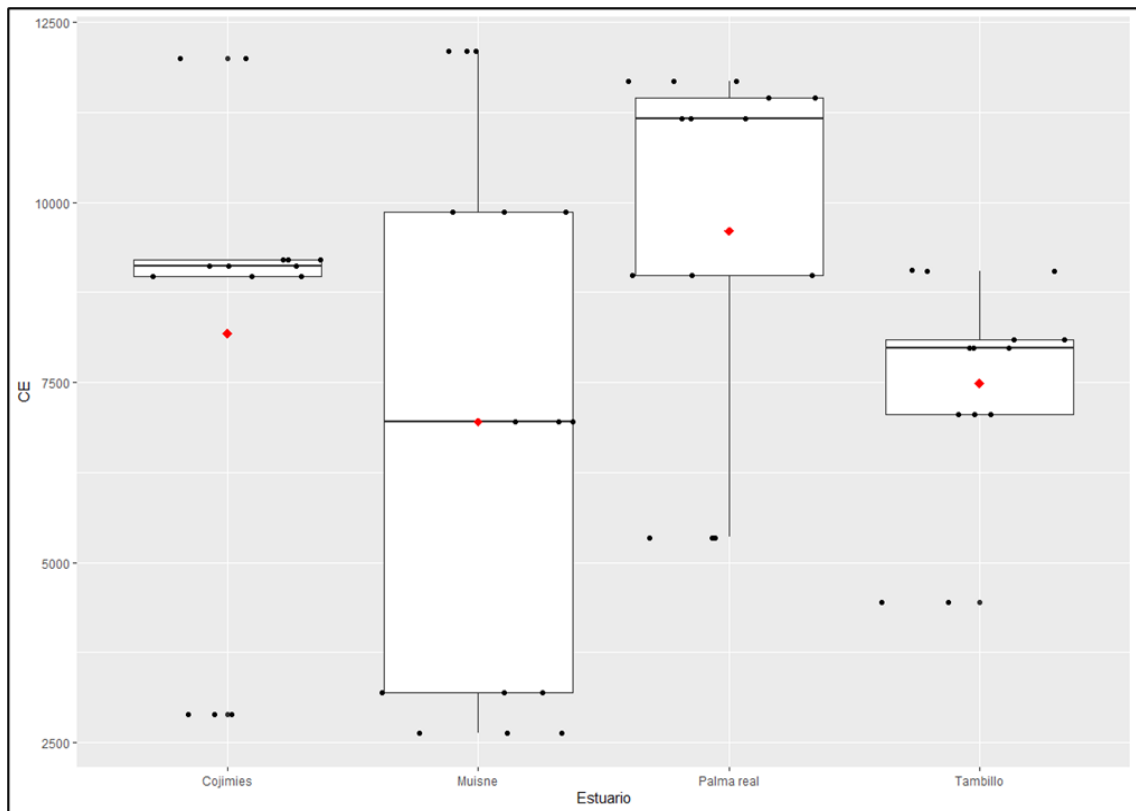


Figura 29. Conductividad eléctrica

En la tabla 2 aparecen los valores medios de variables fisicoquímicas analizadas por estuarios estudiados, así como la existencia de diferencias entre medias, si la hubiere.

En cuanto al pH se puede observar que Cojimies con $6,99 \pm 0,23^a$ se diferencia de Tambillo y Palma Real, pero Muisne con $6,50 \pm 0,82^{ab}$ se relaciona con Tambillo y Palma real. En el caso de la materia orgánica (MOT) Cojimies y Muisne son similares entre sí con $0,11 \pm 0,03^b$ y $0,09 \pm 0,01^b$ siendo los valores más bajos, pero se diferencian de Palma Real y Tambillo con $0,18 \pm 0,01^a$ y $0,16 \pm 0,10^{ab}$ los cuales son similares entre sí. El amonio nos indica que el único estuario que se diferencia del resto en esta variable es Cojimies con $14,14 \pm 8,46^a$ siendo el valor más alto; Muisne, Palma real y Tambillo son similares entre sí, siendo valores más bajos. En cuanto al nitrógeno, Cojimies y Muisne se relacionan entre sí con $699,85 \pm 280,20^a$ y $530,80 \pm 366,86^a$ respectivamente, siendo

los valores más bajos, pero se diferencian de Palma real y Tambillo que tienen $3139,92 \pm 828,91$ ^b y $2012 \pm 1192,69$ ^b, siendo los valores más elevados.

Tabla 2. : Variables fisicoquímicas analizadas.

	COJIMIES	MUISNE	PALMA REAL	TAMBILLO
REDOX (mV)	29,97 ± 104,42	33,38 ± 116,95	6,05 ± 49,27	62,36 ± 90,91
PH	6,99 ± 0,23 ^a	6,50 ± 0,82 ^{ab}	6,10 ± 0,33 ^b	6,34 ± 0,36 ^b
CONDUCTIVIDAD (µS/cm)	8179,28 ± 3047,38	6948 ± 3809,26	9600,71 ± 2518,63	7487,69 ± 1522,86
MATERIA ORGANICA (%)	0,11 ± 0,03 ^b	0,09 ± 0,01 ^b	0,18 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,10 ^{ab}
FOSFATO (mg/kg)	4,46 ± 1,06	3,70 ± 1,55	4,46 ± 1,06	4,61 ± 0,93
NITRATO (mg/kg)	4,46 ± 1,06	3,8 ± 1,48	4,46 ± 1,06	4,61 ± 0,93
NITRITO (mg/kg)	4,46 ± 1,06	3,90 ± 1,44	4,46 ± 1,06	4,61 ± 0,93
AMONIO (mg/kg)	14,14 ± 8,46 ^a	2,70 ± 2 ^b	3,60 ± 2,41 ^b	6,53 ± 5,12 ^{ab}
NITRÓGENO (mg/kg)	699,85 ± 280,20 ^b	530,80 ± 366,86 ^b	3139,92 ± 828,91 ^a	2012 ± 1192, 69 ^a
PLOMO (mg/kg)	4,30 ± 0,79	2,68 ± 0,96	4,06 ± 2,18	3,24 ± 1,39
ZINC (mg/kg)	54,6 ± 9,71	49,2 ± 15,38	59,4 ± 6,30	57,6 ± 17,30
COBRE (mg/kg)	34,8 ± 9,41	25,6 ± 12,81	43,8 ± 9,95	42,8 ± 17,76
MERCURIO (mg/kg)	0,05 ± 0,0	0,05 ± 0,0	0,05 ± 0,0	0,06 ± 0,02

Nota: Las letras diferentes indican la ocurrencia de diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%.

OE2. Describir ensambles bentónicos colectados en sedimentos de drenajes de manglares y camaroneras.

Descripción de ensambles bentónicos

En las 60 muestras de sedimentos analizados se encontró una riqueza de 131 especies con una abundancia de 873 individuos, dentro de los cuales la familia más abundante correspondió a poliquetos de la familia *Capitellidae* perteneciente al Phylum *Anellida* que representó casi un 30% de la abundancia relativa de seres con 268 individuos encontrados.

Por el contrario, los Phylum menos abundantes fueron Priapúlida, *Echiurida* y *Nemertea* con una especie cada uno a excepción de *Nemertea* que presenta 3 individuos los cuales se encontraron en estuarios de la zona norte de Esmeraldas.

En los valores medios de abundancia de seres bentónicos (tabla 3) se muestra que Cojimíes, Muisne y Tambillo son similares con $14,14 \pm 13,98$ seres por dragado, $17,20 \pm 15,10$ seres por dragado y $13,30 \pm 18,46$ respectivamente, siendo los valores más altos; mientras que, solo Palma real fue diferente con valores más bajos de $10,50 \pm 11,73$ seres por dragado. Según el test de Kruskal wallis no hay diferencias significativas en cuanto a la abundancia y la riqueza.

Tabla 3. Datos biológicos analizados por estuario.

	Cojimíes	Muisne	Palma real	Tambillo
Riqueza	5,85 ± 3,97	6,46 ± 4,30	5,57 ± 4,58	6,53 ± 4,90
Abundancia	14,14 ± 13,98	17,20 ± 15,10	10,50 ± 11,73	13,30 ± 18,46

Abundancia de seres bentónicos.

La presente tabla (tabla 4) muestra que el Phylum más abundante del muestreo es *Annelida* con un total de 723 individuos, dentro del cual la familia más abundante fue Capitellidae con 83 seres en Cojimíes, 93 seres en Muisne, 68 seres en Tambillo y 24 seres en Palma Real. Por otro lado, el menos abundante es Priapúlida con 1 individuo encontrado, pudiendo ser este último un importante indicador de calidad ambiental en lugares con menos influencia por la explotación camaronera. En Cojimíes se puede observar la mayor cantidad de seres bentónicos con un equivalente a 295 seres y por el contrario en Palma Real con 147 se puede encontrar la menor cantidad de seres bentónicos.

Tabla 4. Abundancia de seres bentónicos categorizados por grupos zoológicos principales.

Phylum	Cojimés	Muisne	tambillo	palma real	total
Molusca	23	40	11	10	84
Annelida	259	197	145	122	723
Arthropoda	13	14	9	9	45
Echinodermata	0	2	4	2	8
Priapúlida	0	0	0	1	1
Plathelminthes	0	4	3	2	9
Nemertea	0	1	1	1	3
Total	295	258	173	147	873

Diversidad de ensamblajes bentónicos (H')

La presente gráfica (fig. 30) indica la biodiversidad de especies en los estuarios analizados, la cual nos indica que 8 sitios de muestreo de Cojimés, 9 sitios de Muisne, 7 sitios de Tambillo y 9 de Palma Real tienen valores menores a 1,5 bits que en el índice H de Shannon representa una baja diversidad propia que reflejan perturbaciones significativas, Por otra parte, se indicó que existen 6 sitios de muestreo en Cojimés, 6 sitios de Muisne, 6 sitios de Tambillo y 5 sitios de Palma Real que reflejan valores superiores a 1,5 bits que representan una diversidad intermedia con perturbaciones menores. Cabe recalcar que los entre los estuarios del norte y sur no hay diferencias significativas en cuanto a este índice (H), sin embargo, en los estuarios analizados del RVSERM presentaron 12 sitios con valores mayores a 1,5 bits y menores a 2 bits que reflejan una diversidad intermedia y los estuarios analizados de la REMACAM presentaron 10 sitios con valores menores a 1,5 bits que reflejan una baja diversidad.

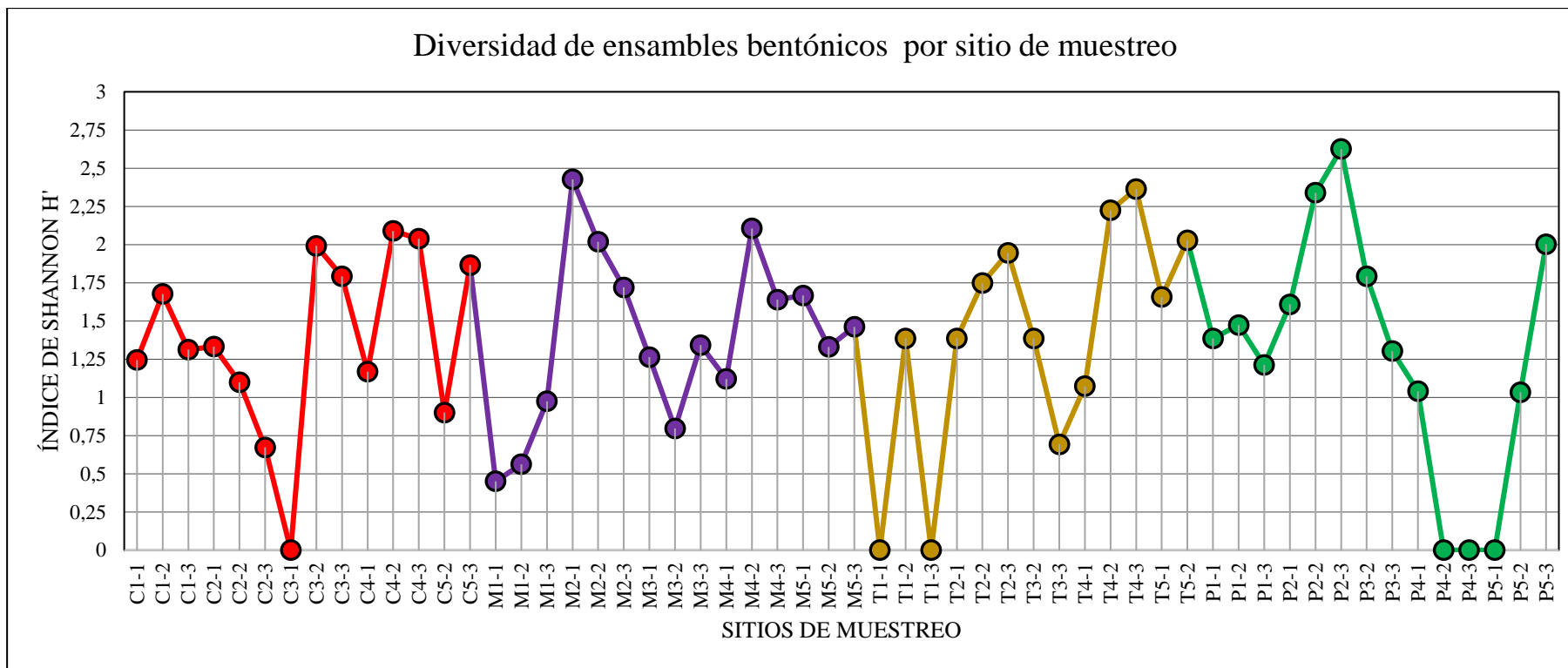


Figura 30. Diversidad de ensamblajes bentónicos (H')

RÉPLICA	ESTUARIO
C	Cojimés
M	Muisne
T	Tambillo
P	Palma real

Índice de diversidad específica de Margalef (*I*)

En esta gráfica (fig. 32) se puede observar la biodiversidad específica de los estuarios analizados en la cual se hallan 8 sitios de muestreo de Cojimés, 9 de sitios de Muisne, 4 sitios de Tambillo y 8 sitios de Palma Real presentan valores inferiores a 2 bits que reflejan una baja diversidad y reflejan perturbaciones significativas según este índice (*I*) lo cual refiere perturbaciones significativas. Por otra parte, se hallaron 5 sitios de Cojimés, 6 sitios de Muisne, 8 sitios de Tambillo y 6 sitios de Palma Real que presentan valores superiores a 2 bits y menores a 5 bits que significan una diversidad intermedia de especies. Cabe recalcar que entre los estuarios analizados del sur pertenecientes al RVSERM y los estuarios del norte perteneciente a la REMACAM no existen diferencias, sin embargo, en los estuarios del sur se encontraron 12 sitios que presentan una diversidad intermedia y en los estuarios del norte se encontraron 15 sitios que reflejan una diversidad intermedia, que refieren valores entre 2 y 5 bits con perturbaciones menores.

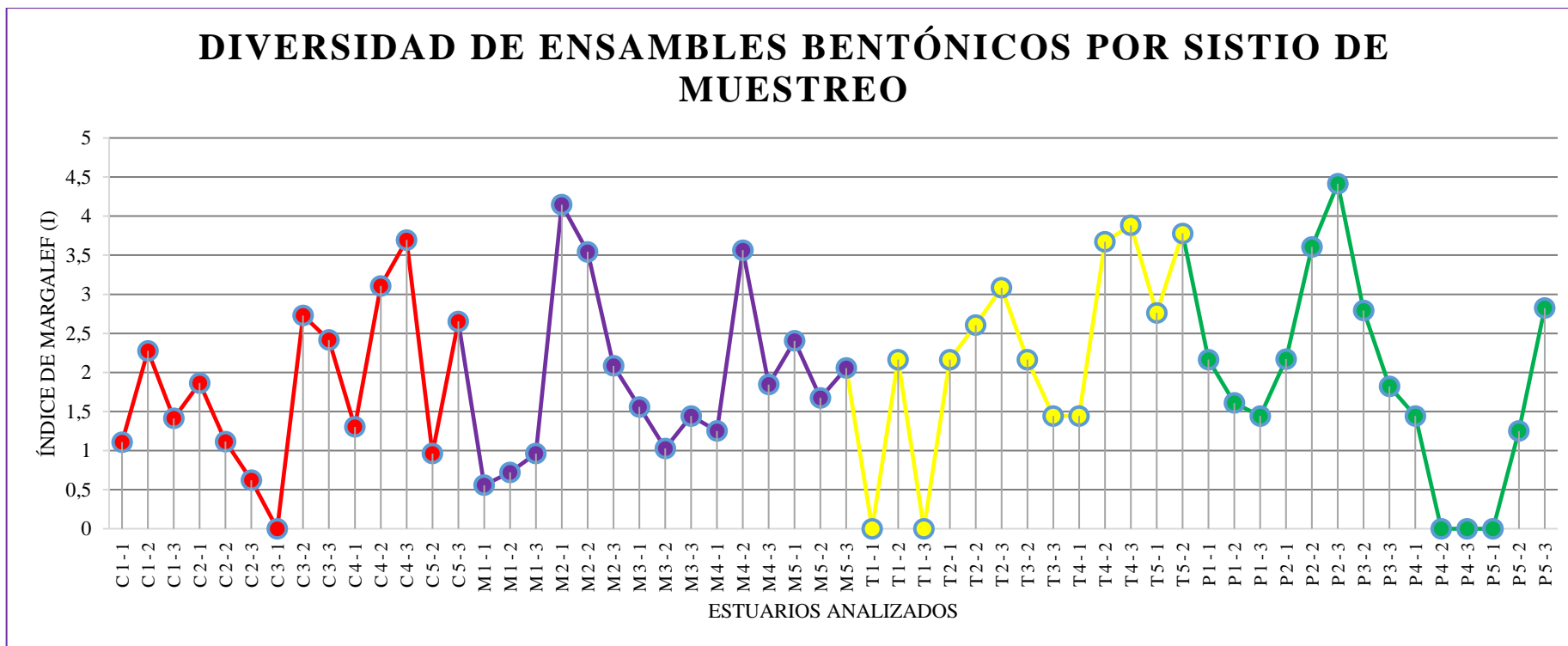


Figura 31. Diversidad de ensamblados bentónicos (I)

RÉPLICA	ESTUARIO
C	Cojimés
M	Muisne
T	Tambillo
P	Palma real

Abundancia de seres bentonicos

El siguiente gráfico (fig. 33) nos muestra la abundancia por número de individuos en cada sitio de muestreo, siendo los valores más bajos P4-2 y P4-3 de Palma Real 4, P5-1 de Palma real 5, T1-1 y T1-3 de Tambillo 1, y C3-1 de Cojimíes 3, todos con 1 individuo. Por otro lado, los sitios con mayor abundancia fueron T5-2 de Tambillo 5 con 69 individuos, C4-3 de Cojimíes 4 con 58 individuos, M2-2 de Muisne 2 con 52 individuos, M5-3 de Muisne 5 con 49 individuos y P2-3 de Palma real 2 con 47 individuos. Cabe mencionar que la especie con mayor número de individuos fue *Capitellidae* con un total de 237 individuos, siendo una de las especies más presentes en las áreas de estudio a pesar de las condiciones o características del lugar por lo que se le atribuye una gran proliferación.

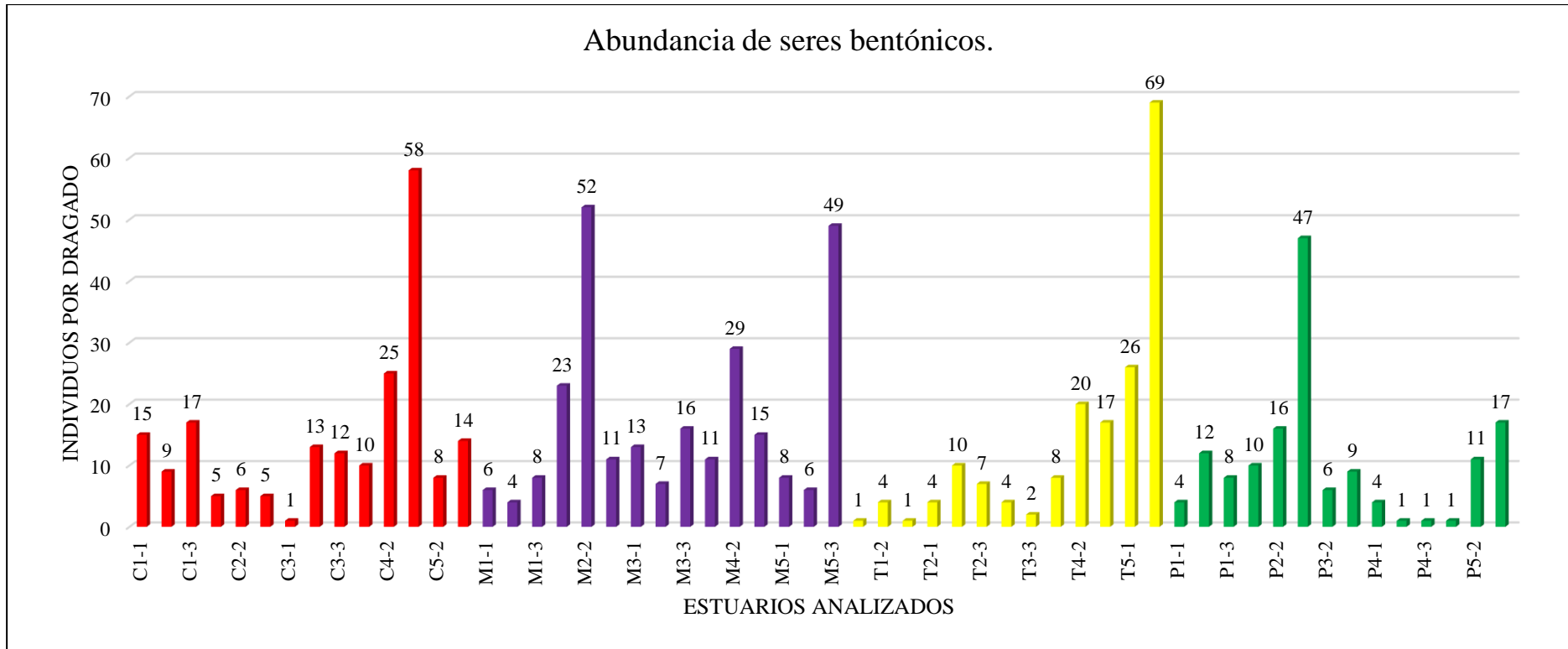


Figura 32. Abundancia de seres bentónicos en los estuarios analizados.

RÉPLICA	ESTUARIO
C	Cojimés
M	Muisne
T	tambillo
P	palma real

Riqueza de especies por sitio de muestreo.

En el presente gráfico (fig. 34) se indica el número de especies por sitio de muestreo, siendo los sitios con solo 1 especie C3-1 de Cojimés 3, T1-1 y T1-3 de Tambillo 1, P4-2 y P4-3 de Palma real 4 y P5-1 de Palma real 5. Por el contrario, los sitios con mayor número de especies son P2-3 de Palma real 2 con 18 especies, T5-2 de Tambillo 5 con 17 especies y C4-3 de Cojimés 4 con 16 especies; lo cual no presume diferencias significativas respecto al sitio más alto de Cojimés.

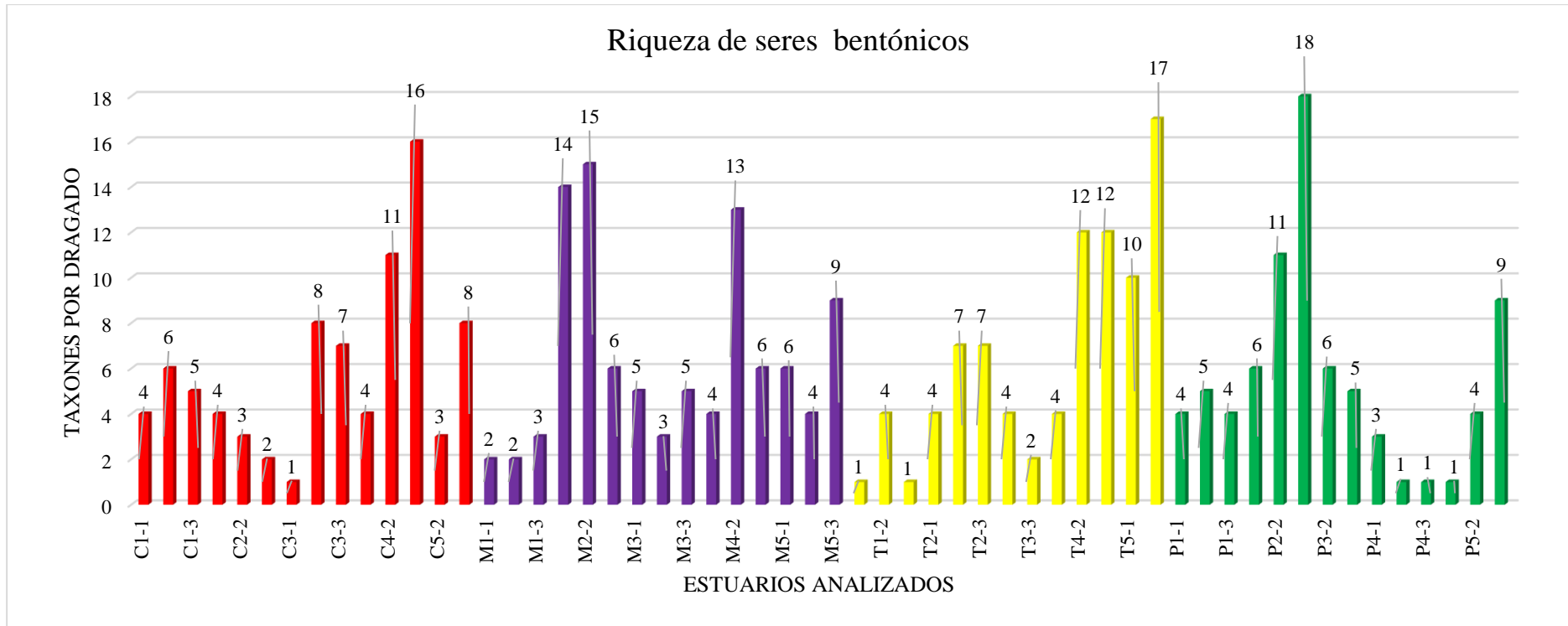


Figura 33. Conteo de taxones bentónicos en los estuarios analizados

RÉPLICA	ESTUARIO
C	Cojimés
M	Muisne
T	Tambillo
P	Palma real

OE3. Analizar los resultados obtenidos en función de marcos legales internacionales e integrar variables fisicoquímicas y biológicas mediante análisis multivariados.

Comparativa de pautas legales internacionales para la calidad de sedimentos

La Tabla 5 es una comparativa entre las distintas normativas y pautas legales de: Australia & Nueva Zelanda, Estados Unidos, México, Brasil y una patente de Long et al., 1995 sobre la incidencia de efectos biológicos adversos en la calidad de sedimentos marinos para evaluar la calidad sedimentaria en los ecosistemas salobres, marinos y estuarinos. Con ello se pueden relacionar algunos de los valores obtenidos de los elementos de análisis químicos, en este caso los metales pesados de este estudio (plomo, zinc, cobre y mercurio) (fig.18). Cabe aclarar que ciertas directrices como las de Estados Unidos (47) establecen niveles de efecto umbral (TEL) y niveles de efecto probables (PEL), los cuales se usan para determinar los rangos de concentraciones químicas en 3 rangos que son: 1) debajo del TEL, es un rango de efecto mínimo dentro del cual rara vez pueden ocurrir efectos perjudiciales; 2) Entre el TEL y PEL, es un rango de posibles efectos en el cual los efectos perjudiciales se dan ocasionalmente; 3) Arriba del PEL, es un rango donde los efectos perjudiciales ocurren frecuentemente. De igual manera Long et al., 1995 establecen tres rangos de concentración entre los valores de referencia que son efecto de rango bajo (ERL) y efectos de rango medio (ERM); las concentraciones por debajo del ERL significan un rango de efectos mínimos donde los efectos rara vez se observan; las concentraciones entre el ERL y ERM significan un rango de efectos probables, donde los mismos se dan ocasionalmente; por último las concentraciones superiores al ERM significan un rango de efectos probables donde los efectos se dan con frecuencia (47). Las directrices australianas y neozelandesas establecen valores de referencia de calidad provisionales altos (ISQG-L) y bajos (ISQG-H) los cuales corresponden a los rangos de efecto bajo (ERL) y medio (ERM) establecidos por Long et al. 1995 (48).

Los valores del plomo en este estudio (tabla 2) para Cojimíes fueron de $4,30 \pm 0,79$ mg/kg, para Muisne fueron de $2,68 \pm 0,96$ mg/kg, para Tambillo fueron de $3,24 \pm 1,39$ mg/kg y para Palma Real fueron de $4,06 \pm 2,18$ mg/kg, lo cual según la norma mexicana (49) los coloca muy por debajo de las concentraciones de referencia total de uso agrícola o comercial; de igual forma las directrices australianas y neozelandesas (48) también los

colocan muy por debajo del rango de impacto bajo (ISQG-L); también la normativa estadounidense (47) expone que estos valores se encuentran abajo del nivel de efecto umbral (TEL) por lo cual no supone un efecto adverso; la resolución brasileña y la patente de Long et al., 1995(50), también exponen que estos valores se encuentran por debajo del nivel 1 y el rango de efecto bajo. Según lo cual el plomo no supone un efecto adverso en los estuarios analizados.

Los valores medios del zinc en este estudio para Cojimíes fueron $54,6 \pm 9,71$ mg/kg, para Muisne fueron $49,2 \pm 15,38$ mg/kg, para Tambillo fueron $57,6 \pm 17,30$ mg/kg y para Palma Real fueron $59,4 \pm 6,30$ mg/kg. Según la norma australiana neozelandesa, la normativa estadounidense, la resolución brasileña y la patente de Long et al., 1995, estos valores no alcanzan la directriz de bajo impacto, el nivel de efecto umbral, el nivel 1 de concentraciones ni el rango de efectos bajo en ninguno de los estuarios analizados.

Los valores medios del cobre en este estudio para Cojimíes fueron $34,8 \pm 9,41$ mg/kg, para Muisne fueron $25,6 \pm 12,81$ mg/kg, para Tambillo fueron $42,8 \pm 17,76$ y para Palma Real fueron $43,8 \pm 9,95$; mencionados valores en la normativa australiana y neozelandesa no alcanzan el nivel de la directriz de impacto bajo (ISQG-L) por lo que no representa un efecto adverso en ninguno de los estuarios, sin embargo, en las pautas estadounidenses del FDEP el cobre supera el nivel de efecto umbral en los cuatro estuarios, quedándose entre el TEL y el PEL, por lo que según esta normativa pueden ocurrir ocasionalmente efectos adversos por concentraciones de cobre en los estuarios; también la resolución brasileña y la patente de Long et al., 1995 señalan que en los estuarios de Cojimíes, Tambillo y Palma Real los valores superaron el efecto de rango bajo, pero sin superar el efecto de rango medio, quedándose entre el ERL y ERM, por lo que la incidencia de efectos queda en un rango de efectos posibles por concentraciones de cobre en los estuarios analizados.

Los valores medios del mercurio en este estudio para Cojimíes, Muisne y Palma Real fueron $0,05 \pm 0,0$ mg/kg y en Tambillo fueron de $0,06 \pm 0,02$ mg/kg; la normativa mexicana indica que está por debajo de las CR_t para uso comercial o agrícola, por lo que no supone un impacto ambiental; por otro lado, la normativa australiana y neozelandesa también expone que estos valores están por debajo de la directriz provisional para impactos bajos (ISQG-L) y no suponen un impacto ambiental; las pautas estadounidenses para la calidad de sedimentos – FDEP también establecen que estos valores se encuentran

debajo del nivel de efecto umbral (TEL), por lo que no representa efectos adversos; de igual forma la resolución brasileña y la patente de Long et al., 1995 indican que estos valores no superan el nivel 1 y el rango de efectos bajos respectivamente, representando un rango de efectos mínimos donde casi no se observan efectos adversos.

De los valores medios de concentración de los metales analizados el cobre demostró una mayor concentración en 3 directrices internacionales que son las “Pautas de evaluación de la calidad de sedimentos del FDEP (47), la resolución CONAMA n° 344 (50) y la patente de directrices de Long et al. 1995 (43) superando el nivel de efecto umbral y el rango de efectos bajos pero sin superar el nivel de efectos probables y el rango de efectos medio, denotando un rango de efectos posibles por la concentración de este metal en los estuarios analizados.

Tabla 5. Tabla comparativa de pautas legales internacionales para la calidad de sedimentos(51).

Metales (mg/kg)	NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 / Concentraciones de referencia totales (CR _T) por tipo de uso de suelo. (México)(49)		“Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality”- ANZECC & ARMCANZ – 2000 / Directrices de calidad de sedimentos (48)		Pautas de Evaluación de la calidad de sedimentos - FDEP (USA)(47)		Resolución CONAMA n°344/2004 (Brasil)(50) & Long et al.,1995 (USA)(43)	
	Uso agrícola/residencial /comercial	Uso industrial	ISQG - L	ISQG - H	TEL	PEL	Nivel 1	Nivel 2
Arsénico	22	260	-	-	7.24	41.6	8.2	70
Cadmio	37	450	1,5	10	0.68	4.21	1.2	9,6
Cromo	280	510	80	370	52.3	160	81	370
Cobre	-	-	65	270	18.7	108	34	270
Mercurio	23	310	0,15	1	0.13	0.7	0.15	0.71
Plomo	400	800	50	220	30.2	112	46.7	218
Níquel	1600	20000	21	52	15.9	42.8	20.9	51.6
Zinc	-	-	200	410	124	271	150	410
Plata	390	5100	1	3,7	0.73	1.77	1.0	3.7

Fuente: elaboración propia.

TEL, nivel de efecto umbral (del inglés)

PEL, nivel de efecto probable (del inglés)

ERL, Rango de efectos bajo (del inglés)

ERM, Rango de efectos medio (del inglés)

ISQG-H, Directriz provisional de calidad de sedimento – alto (del inglés)

ISQG-L, Directriz provisional de calidad de sedimento – bajo (del inglés)

Análisis multivariado

En el gráfico se puede observar la varianza entre grupos de las variables analizadas (redox, pH, conductividad, materia orgánica, fosfato, nitrato, nitrito, amonio, nitrógeno, plomo, zinc, cobre, mercurio) con una varianza acumulada del primer componente de 54,37%; en el cual se puede observar que el nitrógeno total y la conductividad son variables más orientadas a las desembocaduras de los estuarios como son los sitios P5, P4, P3, C5, C4, M5 y M4 pertenecientes a Palma Real (P), Cojimíes (C) y Muisne (M). No obstante, se puede observar que en la desembocadura de Tambillo (T5) no es así porque es la naciente (T1) hacia donde más se correlaciona sus datos de nitrógeno total.

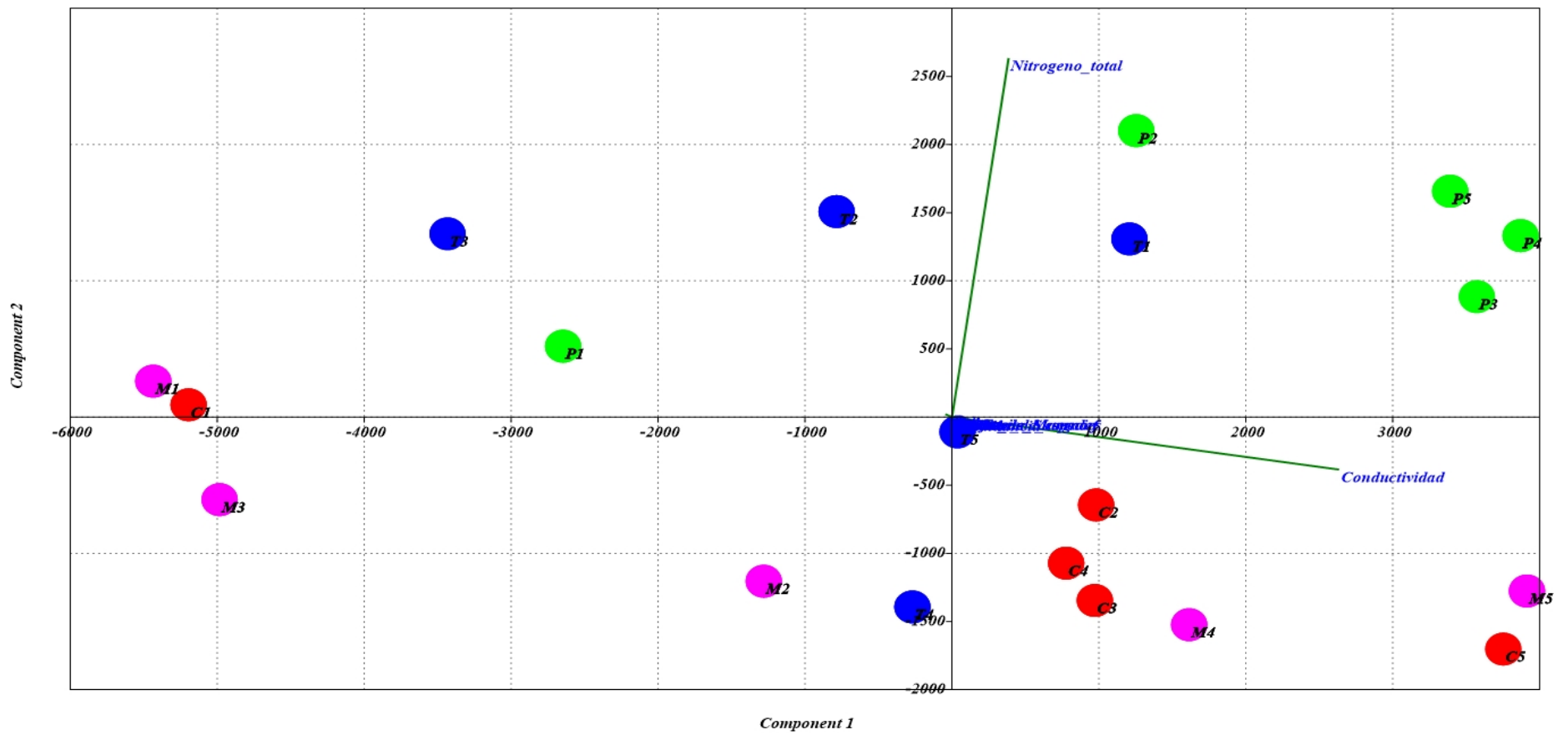


Figura 34. Dispersión de la varianza por grupos de las variables.

CAPITULO IV: DISCUSIÓN

De acuerdo con Hyland et al., 2000 (52) la condición de ensamblajes bentónicos deteriorados está estrechamente relacionada con la contaminación de los sedimentos, en especial aquellos contaminantes más penetrantes como los metales pesados, de los cuales se analizaron en esta investigación el plomo, cobre, mercurio, zinc, por lo que los bajos o altos niveles de diversidad o abundancia en ciertos sitios como T1, P4, C3 (fig. 32 y fig. 33) podría deberse a un posible efecto adverso por cobre, el cual se encontraba en un rango de efectos adversos posibles en Cojimíes, Muisne, Tambillo y Palma Real por superar el nivel de efecto umbral (TEL) y el rango de efectos bajo (ERL)(tabla 5); también se relacionan con la contaminación orgánica, como el incremento de materia orgánica en los sedimentos en Tambillo y Palma real con respecto de Cojimíes y Muisne (tabla 2) ya que hay familias o especies que toleran constantemente cantidades mínimas de contaminantes y otras no (53). Frente a esto, Cooksey & Hyland, 2007 (54) expresan que a pesar de factores estresantes siempre hay especies tolerantes que son capaces de aprovechar esas circunstancias de stress ambiental para prevalecer, en el caso de esta investigación fue la familia *Capitellidae*, siendo la familia más abundante en los cuatro estuarios analizados y parte del Phylum más abundante de este estudio, el *Annelida*. Esto lo respalda Fernández & Londoño (53) al exponer que algunos organismos bentónicos como los poliquetos (en especial de la especie *Capitella Capitata* de la familia *Capitellidae*) responden al stress ambiental bioacumulando, aumentando o disminuyendo su abundancia, sin embargo, también aclaran que *Capitella Capitata* siempre está relacionada con la contaminación ambiental por incremento de materia orgánica dado que es tolerante u oportunista y prolifera en los sitios donde otras especies no pudieron por la contaminación, lo que explica la presencia de esta familia en los cuatro estuarios analizados ya que se la considera un bioindicador por su amplio rango geográfico. Además, Cooksey & Hyland explican que los contaminantes que superen los valores de referencia del nivel umbral ERL sugieren grados relativamente altos de contaminación en sedimentos visto desde una perspectiva de posibles efectos acumulativos.

Los resultados obtenidos de esta investigación no concuerdan con la esperanza de hallar diferencias significativas en todas las variables analizadas entre estuarios del sur (Muisne y Cojimíes) y del norte (Tambillo y Palma Real) que se relacionen a la creciente explotación camaronera de manera negativa, estas no se han hallado según muestran los

resultados de diversidad biológica (H') que señalan sitios de muestreo en Muisne (fig.2) y Palma real (fig.4) ya que presentaron los valores más altos de todos los sitios muestreados en cuanto a este bioindicador como es el bentos (fig. 30), siendo Muisne un área de estudio donde hay mayor cantidad de camaroneras y mayor abundancia de seres de la familia *Capitellidae* que en Palma Real (tabla 4). Debido a esto quizá la no existencia de diferencias significativas en biodiversidad entre los sitios Muisne 2 y Palma Real 2 (fig. 30) podría vincularse con la abundancia de recursos alimenticios y la relación que tienen ciertas especies de poliquetos con áreas de camaroneras; esto según Calderón T. 2019 (55) en su estudio taxonómico, de abundancia y distribución de los anélidos en el área de puerto Bolívar, Ecuador, donde se identificaron 9 especies, siendo el género *Capitella* sp. de la familia *Capitellidae* el más abundante y frecuente con una abundancia relativa de 22% en el área de camaroneras ubicada en el lado oeste del canal de Jambelí y de manera global hubo una mayor diversidad de poliquetos con 2,25 bits en una estación ubicada al oeste del estero Bravito. Por otra parte, un estudio realizado por Vera R. 2021 (56) menciona que el macro bentos tiene propiedades como: una diversidad taxonómica elevada, que le permite tener un amplio espectro de respuestas a las perturbaciones ambientales, lo que indica que en este estudio la familia *Capitellidae* puede ser usado como un indicador biológico de amplio rango para detectar y comparar la calidad sedimentaria en estuarios del norte y del sur; además poseen largos ciclos de vida y un sedentarismo natural que permiten hacer monitoreos espacio-temporales de las alteraciones.

De igual manera Hermosilla et al. 2005 (57) sugiere que la cantidad de alimento desechado en la producción acuícola (por los efluentes de camaroneras) se almacena en los fondos blandos y al descomponerse la materia orgánica esta libera una gran cantidad de nutrientes a la columna de agua que vuelven a los sedimentos para ser aprovechados como alimento para el bentos presente. De la misma manera Vera R. 2021(56) menciona que muchas especies de bentos usan los restos vegetales (hojas, restos de raíces, cortezas, ramas) como fuente de alimento. Lo citado podría explicar los altos niveles de abundancia de los *Capitellidae* en Cojimíes y Muisne (Tabla 4).

Velázquez B. 2013 (58) también indica que la cantidad usada de alimento suplementario en las camaroneras se relaciona con la calidad ambiental de los estuarios circundantes ya que en su estudio identificó y comparó el bentos presente en una camaronera del sector Pagua en el cantón el Guabo de la provincia El Oro con el bentos de los sedimentos lábiles

en los efluentes de camaroneras, concluyendo que la alimentación suplementaria puede llegar a ser una de las principales fuentes de contaminación de ecosistemas acuáticos aledaños como son los estuarios de manglares en cada descarga de agua.

En cuanto a los niveles de redox hallados en los resultados, Hermsilla et al. 2005 (57) sugiere que una gran cantidad de materia orgánica y temperaturas cálidas del agua propias del clima y la estación del año pueden reducir los niveles de oxígeno en los sedimentos, quedando estos en un estado anóxico, por lo que las lecturas de potencial redox se tornarían negativas, ya que la capacidad de oxidación y reducción de la materia orgánica en los sedimentos está ligada a la capacidad de asimilación de nutrientes y materia orgánica de los mismos, lo que supone que a mayor cantidad de materia orgánica en los sedimentos habría un menor potencial de redox. De igual forma también sugiere que esta variable también se puede ver afectada por la actividad microbiana o de microorganismos. Además, por su relación con la materia orgánica, el potencial redox puede ser un buen indicador de la misma porque mide su actividad de oxidación-reducción. Lo mencionado sustenta la aparición de lecturas negativas de redox en los estuarios analizados, sin embargo, aunque no hubieron diferencias significativas de esta variable entre los estuarios analizados (fig.17) se halló mayor número de lecturas redox negativas (fig.16) en estuarios del sur (5 valores negativos) que en estuarios del norte (4 valores negativos), lo cual contrasta un poco con los resultados obtenidos de materia orgánica (MO) porque los estuarios del norte (Tambillo y Palma Real) se diferencian de los del sur (Cojimés y Muisne) por tener cantidad de materia orgánica.

Por otra parte el análisis de nutrientes (fig.19) no muestra diferencias significativas en fosfato, nitrato y nitrito a excepción del amonio (fig.22) que sí muestra diferencias significativas y según un estudio realizado por Hargreaves J., 1998 (59) en el que analizan la biogeoquímica del nitrógeno de estanques de acuicultura, señala que las fuentes de amonio pueden ser las excreciones de los organismos de producción acuícola y el flujo de sedimentos que se derivan de la mineralización de la materia orgánica que se encuentra en los fondos blandos. Además, indica que la alta acumulación del amonio en el sedimento puede ser perjudicial para la salud humana ya que cuando este se encuentra como amoníaco por resultado de la excreción de los organismos acuícolas, supone malas prácticas de gestión y alimentación suplementaria.

La materia orgánica en los sedimentos puede ser la responsable de que dentro de los metales analizados el mercurio y el plomo se encuentren en menor cantidad ya que los sedimentos los absorbe en gran manera actuando como un sumidero de contaminantes, esto según las directrices de calidad de sedimentos de las guías de Australia y Nueva Zelanda para la calidad del agua dulce y marina (48), sin embargo se observó menor cantidad de materia orgánica en estuarios del sur (Cojimíes y Muisne) con relación a los del norte (Tambillo y Palma Real) (fig.18)(fig. 19), lo que apoya el criterio de Cruz & Pérez 2017 (60) que apoya que el establecimiento de granjas camaroneras reducen la cantidad de materia orgánica en los estuarios por la pérdida del mangle para el establecimiento de piscinas camaroneras, ya que la madera y las hojas de este se bioacumula y descomponen en los sedimentos; además, esto repercute en el ciclo de nutrientes, siendo la pérdida de materia orgánica uno de los primeros indicadores de un impacto ambiental adverso (fig. 20). Los cambios en la estructura de la comunidad macrobentónica están relacionados a los altos niveles de materia orgánica almacenada que pueden ser el resultado del estrés debido a la deficiencia de oxígeno y efectos tóxicos del azufre.

La conversión de áreas de manglar para diferentes usos de suelo (en este caso camaroneras) puede afectar negativamente a la cantidad de materia orgánica que se halla en los sedimentos o fondos blandos y a los procesos naturales del suelo. Según un estudio realizado por (Santos et al., 2021); en el que analizaban como los cambios antropogénicos en manglares impulsaba la pérdida de materia orgánica, su estabilidad y servicios ecosistémicos; convertir los manglares en estanques o piscinas camaroneras causa los cambios más severos a nivel del suelo. Es por eso que se observa que la cantidad de Materia orgánica en estuarios del norte de la provincia de Esmeraldas, (zona menos intervenida pero creciente en cuanto a explotación camaronera), como es el sitio 3 de Tambillo (el cual tenía una mayor cantidad de manglar que cerraba el acceso en su mayoría) (fig.10) que tiene el mayor porcentaje de materia orgánica (32,74%) en comparación con el mayor porcentaje de las áreas de estudio del sur que fue Cojimíes 3 y en general de las áreas de estudio de la zona norte (que fueron escogidas como áreas de control), las cuales mostraron un mayor contenido de materia orgánica en comparación a las de la zona sur. La materia orgánica también se pierde en cada ciclo sucesivo de cultivo por las descargas de efluentes residuales que impactan directamente a los manglares adyacentes y a las comunidades bentónicas(61).

Uno de los impactos ambientales de la instalación de piscinas camaroneras es la pérdida de materia orgánica y según Rebolledo E., 2021 (62) uno de los efectos de la disminución de la materia orgánica es la pérdida de carbono y la capacidad de secuestro del mismo por parte de los manglares. Dicho efecto es sustentado por los resultados obtenidos en este estudio donde se puede ver (fig. 24) que existen diferencias significativas en materia orgánica entre los estuarios del sur (Muisne, Cojimíes) y los del norte (Tambillo y Palma real) donde hay mayor concentración de materia orgánica. Lo que supone una consecuencia evidente de la explotación camaronera en los estuarios del sur.

Por otra parte, en cuanto al nitrógeno, se puede observar que en la fig. 20 los estuarios Tambillo y Palma Real presentaron mayor concentración de nitrógeno con relación a los estuarios del sur (Cojimíes y Muisne). Según Hargreaves J., 1998 (59), la variabilidad del nitrógeno se asocia también a las prácticas de alimentación, aireación, uso de fertilizantes inorgánicos, circulación del agua y la capacidad que los organismos de cultivo en piscinas o estanques tengan para asimilar y excretar el nitrógeno. Esto contrasta con lo observado en la fig. 21, donde los estuarios del sur presentan una menor concentración de nitrógeno con relación a los del norte, resaltando diferencias significativas, que a su vez podría relacionarse con el creciente número de piscinas camaroneras.

Según Morford & Emerson, 1999 (63) algunos metales pueden ser más sensibles al redox que otros y cuando el oxígeno penetra 1 cm o menos en los sedimentos, estos se pueden difundir a la columna de agua suprayacente. Según (Hong J., et al., 1994) (64) los procesos de oxireducción pueden afectar la biodisponibilidad de metales en los sedimentos, en especial la de los sulfuros metálicos, por el contrario también pueden afectar liberando metales de sedimentos contaminados. Lo que corrobora que en algunos de los sitios donde se hallaron lecturas negativas de redox (fig. 16) por los bajos niveles de oxígeno como M2, M4 y T3 también se hallaron bajos niveles de cobre (fig. 18) que no alcanzaban el nivel de efecto umbral (TEL) ni el rango bajo de efectos (ERL) acorde con las normativas presentadas en la tabla 5. Por el contrario en algunos de los sitios donde se hallaron lecturas negativas de redox como C3, C5, M5, P2, P3 y P4 también presentan valores que pasan el nivel umbral (TEL) y el rango de efectos bajo (ERL) acorde con las normativas mencionadas.

Según la tabla 5, que reúne los criterios de: la norma mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (49), las directrices de Australia y Nueva Zelanda para la

calidad del agua dulce y marina (apartado de directrices para la calidad de sedimentos)(48), las Pautas de Evaluación de la calidad de sedimentos del departamento de protección ambiental de Florida, Estados Unidos (47), la resolución CONAMA n°344/2004 de Brasil (50) y la patente de Long et al., 1995 de su estudio “Incidencia de efectos biológicos adversos dentro de los rangos de concentraciones químicas en sedimentos marinos y estuarinos”(43) para Estados Unidos; de los metales analizados en este estudio (plomo, zinc, cobre y mercurio) los cuales se eligieron por ser de los compuestos que más se observan referente a contaminación metálica por descargas de efluentes de granjas camaroneras a nivel internacional y porque no tienden a biodegradarse sino que se acumulan en tejidos vivos y pueden pasar a la cadena alimentaria según caldera et al. 2005 (36), solo el cobre en todos los estuarios analizados (tabla 2) pasó el nivel de efecto umbral (TEL) de la normativa estadounidense, el rango de efectos bajo (ERL) de la patente de Long et al. 1995 y el nivel 1 de la resolución brasileña a excepción de la normativa australiana – neozelandesa ya que su valor de referencia para la directriz provisional de calidad baja de sedimentos (ISQG-L) es de 65 mg/kg de sedimento; esto que indica que se encuentra en un rango donde es posible que existen efectos adversos (tabla 5) ya que el nivel de efecto umbral se puede cumplir cuando la incidencia de efectos es del 25% o menos. De esta manera las comparaciones realizadas con los valores de referencia de las normativas recopiladas en este estudio y los resultados obtenidos abren paso a una discusión nacional que aporte estándares para la calidad de sedimentos en los diferentes cuerpos de agua del Ecuador.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En vista de los resultados de este estudio, se puede concluir que la conversión de zonas de manglar en piscinas camaroneras, sí promueven diferencias significativas en algunas variables de sedimentos como la disminución de la cantidad de materia orgánica, el nitrógeno y por el lado contrario un aumento del contenido de amonio.

Consiguiente, se pudo observar a relación existente entre la materia orgánica y el potencial redox, ya que cuando hay más materia orgánica menor es la concentración de oxígeno y por ende de potencial redox (fig. 27). Relacionando esto a su vez con el hecho de que a pesar de haber más cantidad de materia orgánica en los estuarios del norte que en los del sur, la familia Capitellidae se encontró en mayor medida en los estuarios del sur con 176 individuos contabilizados y en el norte con 92 individuos.

En consecuencia, la concentración de los metales analizados, a excepción del cobre que podría presentar posibles efectos adversos, no representan una amenaza inmediata según las directrices australianas-neozelandesas, la normativa brasileña, las directrices del departamento de protección ambiental de Florida, y las pautas de Long et al. 1995 para la calidad de sedimentos sin embargo, se evidenció la clara falta de un marco normativo referencial para la calidad de sedimentos en la legislación ambiental nacional.

Recomendaciones

Sería ideal que se conceda la realización de un muestreo de redox y materia orgánica para calidad de sedimentos de manera semestral y un análisis de bentos anual por parte de las autoridades ambientales nacionales competentes como el MAE y la SENAGUA para comparar los resultados con normativas internacionales.

Se recomienda monitorear la calidad de agua de las descargas de efluentes camaroneros periódicamente a través planes de manejo ambiental por parte de la autoridad ambiental competente.

Si bien con base en normativas de México, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Brasil las concentraciones de metales tomadas en este estudio no suponen una amenaza

inmediata, es imperante una participación más activa por parte de organismos de regulación ambiental nacional como el MAE y la SENAGUA en cuanto a una discusión nacional para la elaboración de límites máximos permisibles de parámetros medibles en los sedimentos que sirven como bioindicadores de la calidad ambiental de estuarios con manglares, los cuales deben constar en la normativa ambiental.

Se recomienda monitorear la correlación existente entre la materia orgánica el potencial oxidación-reducción en el tiempo por parte de la autoridad ambiental competente.

BIBLIOGRAFÍA:

1. FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018 [Internet]. Roma; 2018. Available from: <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>
2. Bravo E. La industria camaronera en Ecuador [Internet]. 2003. Available from: <http://www.edualter.org/material/sobirania/enlace7.pdf>
3. FAO departamento de montes. EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES 2005 ESTUDIO TEMÁTICO SOBRE MANGLARES [Internet]. 2005. Available from: <http://www.fao.org/forestry/9210-0bc6c5997d6cb60b2c6ccad18f7e7f8ed.pdf>
4. Reese R. Restauración Ecológica de los manglares en la Costa del Ecuador. Maest en Ecol Univ San Fr Quito Recuper <http://www.rncalliance.org/WebRoot/rncalliance/Shops/rncalliance/4C12/F0C5> C. 2007;677.
5. Yáñez A, Lara A. Los manglares de América latina en la encrucijada. Adm Zo costeras [Internet]. 1999;9–16. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Yanez-Arancibia/publication/261913536_Ecosistemas_de_Manglar_en_America_Tropical/links/55eda56b08aeb65162690189/Ecosistemas-de-Manglar-en-America-Tropical.pdf
6. Rodríguez G, Chiriboga F, Lojan A. LAS CAMARONERAS ECUATORIANAS: UNA POLÉMICA MEDIOAMBIENTAL. Universidad y sociedad. 2016 Sep;151–6.
7. FAO. Visión general del sectorl acuícola nacional - Ecuador [Internet]. 2015. Available from: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es
8. LaHora. Lo importante de impedir tala de manglar [Internet]. 2011. Available from: <https://lahora.com.ec/noticia/1101253129/lo-importante-de-impedir-tala-de-manglar>
9. Pereira N. Calidad ambiental de la zona camaronícola en la costa occidental del lago de Maracaibo: relación con la comunidad de macroinvertebrados

- bentónicos. Maracaibo Univ del Zulia, Fac Exp Ciencias [Disertación Maest en Ciencias Biológicas, mención Ecol Acuática]. 2010;
10. Barraza R, Martínez L, Enríquez L, Martínez M, Miranda A, Porchas M. Efecto de efluentes de granjas camaronícolas sobre parámetros de la calidad del agua y del sedimento frente a la costa de Sonora, México. *Ciencias Marinas* [Internet]. 2014;221–35. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v40n4/v40n4a3.pdf>
 11. MAE, INP. Base de datos de regularizaciones camaroneras Esmeraldas. Esmeraldas; 2017.
 12. Pesca M de A y, Carofilis D. Oficio Nro. MAP-SUBACUA-2018-0392-O. Guayaquil; 2018.
 13. Hamilton S. Mangroves and Aquaculture. A Five Decade Remote Sensing Analysis of Ecuador's Estuarine Environments. In Florida; 2020. p. 139–83. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-22240-6_5#citeas
 14. Kathiresan K, Bingham BL. Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. *Adv Mar Biol VOL 40*. 2001;40.
 15. Carrillo DAF, Medina RB. Manglares: humedales prioritarios en peligro.
 16. Murueta Figueroa LN. 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: http://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/33660/Tesis_Nayeli_Roderic.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 17. Erftemeijer P, Riegl B, Hoeksema B, Todd P. Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: A review. *Mar Pollut Bull* 64. 2012;1737–1735.
 18. Fernandez P. Equilibrios REDOX. In 2008. p. 1–41. Available from: <https://previa.uclm.es/profesorado/pablofernandez/QG-08-equilibrio-redox/redoxteoria.pdf>

19. Sanz Lázaro C. La macrofauna del fondo marino. *Eubacteria*, nº 26. 2011;
20. Twilley R. Impacts of Shrimp Mariculture Practices on the Ecotogy of Coastal Ecosystemsin Ecuador. Rhode Island; 1989.
21. Terchunian A, Klemas V. Mangrove Mapping in Ecuador: the Impact of Shrimp Pond Construction. 1986;
22. Papageorgiou N, Kalantzi I, Karakassis I. Effects of fish farming on the biological and geochemical properties of muddy and sandy sediments in the Mediterranean Sea. *Mar Environ Res.* 2010;69(5):326–36.
23. Cruz J. Carga de nutrientes en efluentes durante la cosecha del camarón cultivado en sistemas mono y policultivo con tilapia. 2003;
24. MAE, Del Pozo Barrezueta H. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Acuerdo ministerial 061. Quito; 2015. p. 47–80.
25. Environment CC of M of the. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life [Internet]. 2001. Available from: <https://www.pla.co.uk/Environment/Canadian-Sediment-Quality-Guidelines-for-the-Protection-of-Aquatic-Life>
26. AMBIENTE M DEL. Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje [Internet]. Guayaquil; 2014. Available from: http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/PLAN_MANEJO_REMACAM_2015-2.pdf
27. Vernaza L, Sánchez E, Garzón G, Estupiñán R, PUCESE, GIZ. Hacia un manejo adaptativo del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Muisne, Provincia de Esmeraldas. Sistematización de la aplicación de la metodología Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO). [Internet]. 2018. Available from: https://www.bivica.org/files/5398_ecosistema_Manglares.pdf
28. MAE, ECOLAB. GUIA DEL PATRIMONIO DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS [Internet]. Quito; 2007. Available from: <https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/refugio-de-vida-silvestre-manglares-estuario-del-rio-muisne/refugio-de-vida-silvestre-manglares-estuario-rio-muisne.pdf>

29. GAD MUNICIPAL CANTÓN SAN LORENZO. PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SAN LORENZO 2014-2019 [Internet]. ECUADOR; 2014. Available from:
<http://www.prefecturadeesmeraldas.gob.ec/web/assets/cant%2n-pdot-san-lorenzo.pdf>
30. GAD MUNICIPAL CANTÓN SAN LORENZO. ACTUALIZACION DEL PDOT APLICADO AL CANTON SAN LORENZO [Internet]. ECUADOR; 2014. Available from: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0860000670001PDOT_SAN_LORENZO_16-11-2014.pdf
31. GAD cantón Pedernales. PDOT DEL CANTÓN PEDERNALES [Internet]. ECUADOR; 2014. Available from: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1360046700001_DIAGNÓSTICO_COJIMÍES_15-05-2015_21-29-32.pdf
32. GAD MUNICIPAL DE MUISNE. PDOT DE MUISNE [Internet]. ECUADOR; 2014. Available from:
<http://www.prefecturadeesmeraldas.gob.ec/web/assets/canton-pdot--muisne.pdf>
33. La Hora. Tambillo de Esmeraldas, entre la belleza natural y las necesidades [Internet]. 2006. p. 1. Available from:
<https://lahora.com.ec/noticia/385474/tambillo-de-esmeraldas-entre-la-belleza-natural-y-las-necesidades->
34. El Universo. Palma Real, parroquia esmeraldeña olvidada [Internet]. 2002. p. 1. Available from:
<https://www.eluniverso.com/2002/09/07/0001/12/E2C0C209ED6149F38195D5EA5447E2D2.html/>
35. México CT de NN de MA y RN de. Norma Mexicana NMX-AA-112-SCFI-2017 Análisis de Agua y Sedimentos - Evaluación de Toxicidad Aguda con *Vibrio fischeri* - Método de Prueba [Internet]. 2017. Available from:
http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa112-2017_10.pdf
36. Caldera Y, Gutiérrez E, Polanco D. Análisis de metales en aguas y sedimentos del Parque Nacional Morrocoy aplicando métodos estadísticos multivariantes.

- 2005; Available from:
https://www.researchgate.net/publication/237762225_Analisis_de_metales_en_aguas_y_sedimentos_del_Parque_Nacional_Morrocroy_aplicando_metodos_estadisticos_multivariantes
37. Poersch L, Bauer W, Wallner M, Wasielesky W. Assessment of trace metals, total organic carbon and total nitrogen of a shrimp farm system in Southern Brazil. 2020;
 38. Páez-Osuna F, Guerrero-Galván S, Ruiz-Fernández A. The Environmental Impact of Shrimp Aquaculture and the Coastal Pollution in Mexico. Elsevier Science. 1998;65–75.
 39. Practices BA. Certificación de Instalaciones Acuícolas Granjas de Peces y Crustáceos Mejores Prácticas Acuícolas Normas y Directrices de Certificación. 2017.
 40. Stewardship Council A. ASC Shrimp Standard Version 1.1. 2019.
 41. Brigs M, Funge-Smith SJ. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. *Aquaculture and Fisheries Managem.* 1994;5, 789–81.
 42. PUCV E de ciencias del mar, Quiroga E. Manual de terreno y laboratorio de bentos. 2018. p. 1–63.
 43. Long E, Macdonald D, Smith S, Calder F. Incidence of Adverse Biological Effects within Ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments. 1995; Available from:
https://www.researchgate.net/publication/225598600_Incidence_of_Adverse_Biological_Effects_Within_Ranges_of_Chemical_Concentration_in_Marine_and_Estuarine_Sediments
 44. 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.
 45. Aponte H. DIVERSIDAD BETA EN LOS HUMEDALES COSTEROS DE LIMA, PERÚ: ESTIMACIÓN CON ÍNDICES DE PRESENCIA/AUSENCIA Y SUS IMPLICANCIAS EN CONSERVACIÓN. 2017;9–14.

46. Cruz MC, Ortega MB, Mosalve ER, Mihi DR, Rodríguez ES. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE METALES EN AGUAS, SEDIMENTOS Y PECES EN LA CUENCA DEL RÍO SANTIAGO, PROVINCIA DE ESMERALDAS, ECUADOR. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*. 2015;
47. Macdonald D. *Approach to the Assessment of Sediment Quality in Florida Coastal Waters, Volume 1 - Development and Evaluation of Sediment Quality - Assessment Guidelines - FDEP* [Internet]. Estados Unidos, Florida; 1994. Available from:
https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/tmdl/docs/303d_policydocs/239.pdf
48. ANZECC & ARMCANZ. *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality* [Internet]. Australia y Nueva Zelanda; 2000. Available from: <https://www.waterquality.gov.au/sites/default/files/documents/anzecc-armcanz-2000-guidelines-vol1.pdf>
49. SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. *NORMA Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004* [Internet]. México; 2007. Available from:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/135331/48.-_NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004.pdf
50. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. *RESOLUCAO-CONAMA N° 344* [Internet]. 344 Brazil; 2004. Available from:
http://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/resolucao/Resolu%e7%e3%o%u00e3o_CONAMA_344_2004.pdf
51. Martins M, Laut L, Duleba W, Sequeira C, Pena A, Rodrigues M, et al. *SEDIMENT QUALITY AND POSSIBLE USES OF DREDGED MATERIALS: THE RIA DE AVEIRO LAGOON MOUTH AREA (PORTUGAL)*. *J Sediment Environ* [Internet]. 2017;149–66. Available from: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/jse/article/view/30055>
52. Hyland J, Balthis W, Hackney C, Posey M. *Sediment quality of North Carolina estuaries: an integrative assessment of sediment contamination, toxicity, and condition of benthic fauna*. 2000; Available from:

<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011464609142>

53. Fernández V, Londoño M. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. *Gestión y Ambient* [Internet]. 2015;18. Available from:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/46320/51449>
54. Cooksey C, Hyland J. Sediment quality of the Lower St. Johns River, Florida: An integrative assessment of benthic fauna, sediment-associated stressors, and general habitat characteristics. 2007; Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X0600378X?via%3Dihub>
55. Calderón T. Estudio taxonómico, abundancia y distribución del Filum Annelida: Poliquetos, en el área de Puerto Bolívar, Ecuador, durante agosto de 2018. *ACTA Ocean DEL PACÍFICO* [Internet]. 2019;23. Available from:
https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta23/OCE23_4.pdf
56. Vera R. EFECTO DE LA ACUICULTURA DE CAMARÓN MARINO, SOBRE MACROBENTOS EN ZONAS DE MANGLAR DEL ESTUARIO RÍO CHONE, MANABÍ, ECUADOR [Internet]. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA; 2021. Available from:
<http://190.119.243.88/bitstream/handle/UNALM/4742/vera-mera-rocio-elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
57. Hermosilla Z, Jorge C, Romero I, Martí E, Cabañero MD. Diferencias espaciales y estacionales en el contenido de nutrientes, demanda de oxígeno y potencial redox en sedimentos bajo una instalación de producción acuícola en jaulas. 2005;
58. Velásquez B. Identificación del bento presente en camaronera ubicada en el sitio pagua cantón El Guabo [Internet]. Machala; 2013. Available from:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1957>
59. Hargreaves J. *Nitrogen_biogeochemistry_of_aquaculture*. Mississippi Agric For Exp Univ Estatal Mississippi. 1998;
60. Cruz Y, Ofelia P. Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba. *Madera y bosques* [Internet]. 2017;23.

Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v23n1/1405-0471-mb-23-01-00023.pdf>

61. Santos M, Hatje V, Arias A, Patire V, DaSilva L. Human disturbance drives loss of soil organic matter and changes its stability and sources in mangroves. ELSEVIER [Internet]. 2021; Available from: www.elsevier.com/locate/envres
62. Rebolledo E. Análisis ambiental del puerto pesquero de Esmeraldas [Internet]. Ecuador; 2021. Available from: <https://www.facebook.com/pucese/videos/369708864554249>
63. Morford J, Emerson S. The geochemistry of redox sensitive trace metals in sediments. 1999;
64. Hong J, Forstner U, Calmano W. Efectos de los procesos redox sobre el potencial de producción de ácido y la movilidad de los metales en los sedimentos. In 1994. p. 119–41. Available from: <https://tore.tuhh.de/handle/11420/456>

ANEXOS



Anexo 1. Muestras embaladas



Anexo 2. Laboratorios CENAIM ESPOL



Anexo 3. Efluente de camaronera del sur



Anexo 4. Dentro del estuário

POLUENTES		NIVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL A SER DRAGADO (em unidade de material seco)				
		ÁGUA DOCE		ÁGUA SALINA-SALOBRA		
		Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2	
Metais Pesados e Arsênio (mg/kg)	Arsênio (As)	5,9 ¹	17 ¹	8,2 ²	70 ²	
	Cádmio (Cd)	0,6 ¹	3,5 ¹	1,2 ²	9,6 ²	
	Chumbo (Pb)	35 ¹	91,3 ¹	46,7 ²	218 ²	
	Cobre (Cu)	35,7 ¹	197 ¹	34 ²	270 ²	
	Cromo (Cr)	37,3 ¹	90 ¹	81 ²	370 ²	
	Mercúrio (Hg)	0,17 ¹	0,486 ¹	0,15 ²	0,71 ²	
	Níquel (Ni)	18 ³	35,9 ³	20,9 ²	51,6 ²	
	Zinco (Zn)	123 ¹	315 ¹	150 ²	410 ²	
Pesticidas organoclorados (µg/kg)	BHC (Alfa-BHC)	-	-	0,32 ³	0,99 ³	
	BHC (Beta-BHC)	-	-	0,32 ³	0,99 ³	
	BHC (Delta-BHC)	-	-	0,32 ³	0,99 ³	
	BHC (Gama-BHC/Lindano)	0,94 ¹	1,38 ¹	0,32 ¹	0,99 ¹	
	Clordano (Alfa)	-	-	2,26 ³	4,79 ³	
	Clordano (Gama)	-	-	2,26 ³	4,79 ³	
	DDD	3,54 ¹	8,51 ¹	1,22 ¹	7,81 ¹	
	DDE	1,42 ¹	6,75 ¹	2,07 ¹	374 ¹	
	DDT	1,19 ¹	4,77 ¹	1,19 ¹	4,77 ¹	
	Dieldrin	2,85 ¹	6,67 ¹	0,71 ¹	4,3 ¹	
	Endrin	2,67 ¹	62,4 ¹	2,67 ¹	62,4 ¹	
PCBs (µg/kg)	Bifenilas Policloradas - Totais	34,1 ¹	277 ¹	22,7 ²	180 ²	
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos – PAHs (µg/kg)	Grupo A	Benzo(a)antraceno	31,7 ¹	385 ¹	74,8 ¹	693 ¹
		Benzo(a)pireno	31,9 ¹	782 ¹	88,8 ¹	763 ¹
		Criseno	57,1 ¹	862 ¹	108 ¹	846 ¹
		Dibenzo(a,h)antraceno	6,22 ¹	135 ¹	6,22 ¹	135 ¹
	Grupo B	Acenafteno	6,71 ¹	88,9 ¹	16 ²	500 ²
		Acenaftileno	5,87 ¹	128 ¹	44 ²	640 ²
		Antraceno	46,9 ¹	245 ¹	85,3 ²	1100 ²
		Fenantreno	41,9 ¹	515 ¹	240 ²	1500 ²
		Fluoranteno	111 ¹	2355 ¹	600 ²	5100 ²
		Fluoreno	21,2 ¹	144 ¹	19 ²	540 ²
		2-Metilnaftaleno	20,2 ¹	201 ¹	70 ¹	670 ¹
	Naftaleno	34,6 ¹	391 ¹	160 ²	2100 ²	
	Pireno	53 ¹	875 ¹	665 ²	2600 ²	
Soma (#) de PAHs		1000		3000		

Anexo 5. Resolución CONAMA n°344

ANNELIDA



Anexo 4. *Nereididae Nereis Succinea*



Anexo 5. *Nereididae Alitta Succinea*



Anexo 6. *Capitellidae*



Anexo 7. *Nephtyidae Nephtys sp.*



Anexo 8. *Lumbrineridae*

EQUINODERMATA



Anexo 9. *Ophiuro*

MOLLUSCA



Anexo 10. *Columbellidae, Anachis nigricans.*



Anexo 11. *Tellina esmeralda*



Anexo 12. Mytilidae



Anexo 13. Prothotaca Aspérima

CRUSTACEA



Anexo 14. *Brachyuro*



Anexo 15. *Litopenaeus Vannamei*



Anexo 16. Uca



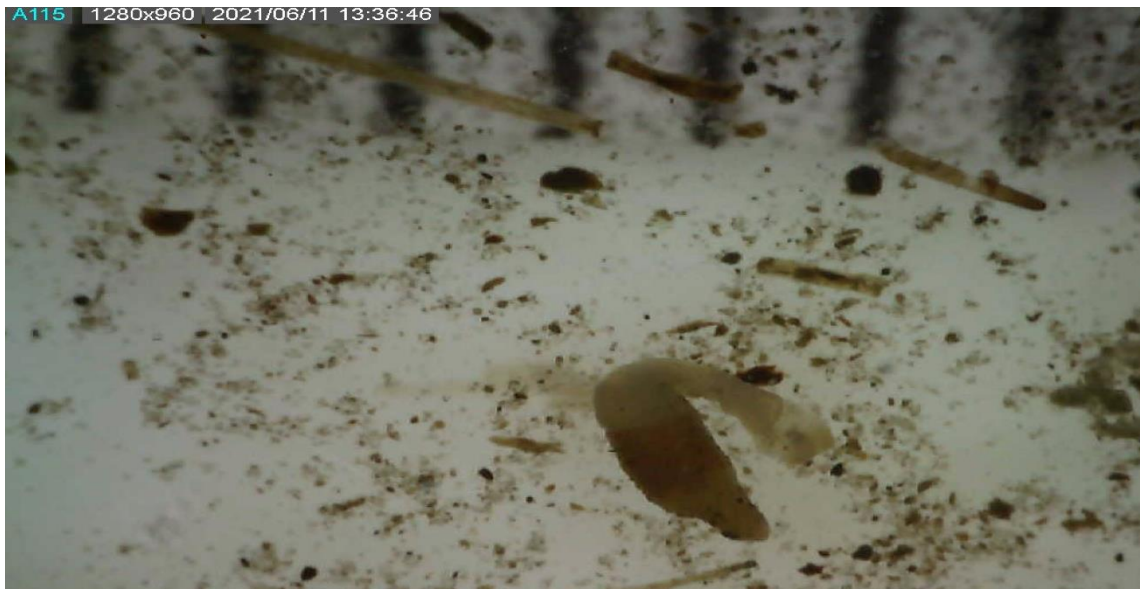
Anexo 17. Ampelisca Abdita

NEMERTEA



Anexo 18. Nemertino

PRIAPÚLIDA



Anexo 19. Priapulido

PLATELMINTHES



Anexo 20. Platelmino