Pontificia Universidad Católica del Ecuador | SEDE ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN

TESIS DE GRADO

Determinación de contaminantes emergentes en aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas

PREVIO A LA OBTENCION DE TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTOR

DAVID SANTIAGO PRADO ALCÍVAR

ASESOR

PhD. JON MOLINERO ORTIZ

ESMERALDAS - 2021

Tribunal 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

Mgt. Pedro Jiménez Prado

Presidente Tribunal de Graduación

Mgt. Pedro Jiménez Prado

Lector 1

Mgt. Mérida Ortiz Perea

Lector 2

Directora de la Escuela de Gestión Ambiental

Mgt. Karla Solís Charcopa

Director de Tesis

PhD. Jon Molinero Ortiz

Esmeraldas,…….de……de 2021

Autoría

Yo, David Santiago Prado Alcívar, declaro que la presente investigación titulada: **"Determinación de contaminantes emergentes en aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas."** es absolutamente original, auténtica y personal.

En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo de investigación e interpretación de datos, dejando establecido que los aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

David Santiago Prado Alcívar

Ci: 0850272428

Agradecimientos

A Dios, por guiarme durante toda esta carrera universitaria y permitir que pueda terminar esta etapa con la culminación de esta investigación.

A mi familia, por todo el apoyo incondicional durante todos estos años, ustedes siempre fueron el principal motivo para lograr esta meta, en especial a mi mamita María Auxiliadora Alcívar que gracias a ella estoy logrando este objetivo.

A mis amigos, por ese apoyo mutuo que teníamos a lo largo de toda la carrera universitaria.

A quienes forman parte de este gran proyecto de investigación, Miren Barredo, Isabel Cipriani y mi asesor Jon Molinero, estaré siempre muy agradecido por la guía, paciencia, dedicación y conocimientos compartidos, los que fueron primordiales para la realización de este trabajo.

Índice de contenido

Abreviaturas 1
Listado de figuras 2
Listado de Tablas 3
Listado de anexos 4
Resumen 5
Abstract 6
1. Capítulo I: Introducción 7
1.1. Presentación del tema de investigación 7
1.2. Planteamiento del problema 8
1.3. Justificación 10
1.4. Objetivos 11
1.4.1. Objetivo General 11
1.4.2. Objetivos específicos 11
2. Capítulo II: Marco teórico 12
2.1. Bases teórico-científicas 12
2.1.1. Contaminantes emergentes 12
2.1.2. Productos farmacéuticos 13
2.1.3. Productos de cuidado personal 16
2.2. Antecedentes 17
2.3. Marco legal 19
3. Capítulo III: Metodología 21
3.1. Tipo de estudio ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.2. Área de estudio 21
3.3. Recolección de datos 22
3.4. Evaluación del entorno 23
3.5. Análisis en laboratorio 23
3.6. Estimación del riesgo de los CEs para el medio ambiente 24
3.7. Análisis de datos 25
4. Capítulo IV: Resultados 26
4.1. Evaluación del entorno ambiental de los lugares de muestreo 26
4.2. Presencia de los CEs en las aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas. 43
4.3. Posibles efectos de los CEs identificados 44
5. Capítulo V: Discusión 45
6. Capítulo VI: Conclusiones 49

7. Capítulo VII: Recomendaciones.....50
9. Referencias 51
Anexos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Abreviaturas

BCF: Factor de bioconcentración

CEs: Contaminantes emergentes

CP: Componente principal

EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

GC/MS: Cromatografía de gases/masas

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

LC: Límite de cuantificación

MAAE: Ministerio del ambiente y agua del Ecuador

PTAR: Planta de tratamientos de aguas residuales

RQ: Coeficiente de riesgo

SIG: Sistema de información geográfica

USA: Estados Unidos

UTMX: Universal transversal de Mercator en longitud

UTMY: Universal transversal de Mercator en latitud

Listado de figuras

Figura 1 Ubicación de la Provincia de Esmeraldas..... 21
Figura 2 Puntos de muestreo de CEs en la provincia de Esmeraldas..... 22
Figura 3 Relación entre los puntos de muestreo y su uso de suelo... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 4 Categorización de la Cobertura y uso de tierra de África en el año 2018. 29
Figura 5 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Atacames en el año 2018.* 30
Figura 6 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Esmeraldas en el año 2018.*..... 31
Figura 7 Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Estero de Plátano en el año 2018..... 32
Figura 8 *Categorización de la Cobertura y uso de* tierra de Galera en el año 2018. ... 33
Figura 9 Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Las Peñas en el año 2018. 34
Figura 10 Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Mompiche en el año 2018. 35
Figura 11 Categorización de la cobertura y uso de tierra de Muisne en el año 2018 .. 36
Figura 12 Categorización de la cobertura y uso de tierra de Muisne en el año 2018 .. 37
Figura 13 Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Portete en el año 2018. 38
Figura 14 Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Same en el año 2018.... 39
Figura 15 Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Súa en el año 2018. 40
Figura 16 Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Tonchigüe en el año 2018..... 41
Figura 17 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Tonsupa en el año 2018.* 42

Listado de Tablas

Tabla 1 Fármacos más consumidos de Ecuador 16
Tabla 2 Georreferenciación de los puntos de muestreo. **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 3 Categorización y cuantificación de la cobertura y usos de tierra de los lugares de muestreo en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 4 Análisis de componentes del uso de tierra..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 5 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de África en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Atacames en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 7 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Esmeraldas en el año 2018..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 8 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Estero de Plátano en el año 2018..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 9 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Galera en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 10 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Las Peñas en el año 2018..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 11 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Mompiche en el año 2018..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 12 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Muisne en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 13 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Paufí en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 14 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Portete en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 15 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Same en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 16 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Súa en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 17 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Tonchigüe en el año 2018..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla *18* Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Tonsupa en el año 2018. ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Listado de anexos

Anexo 1 Registro de muestreos del 2019..... **¡Error! Marcador no definido.**
Anexo 2 Registro de muestreos del 2020..... **¡Error! Marcador no definido.**
Anexo 3 Compuestos volátiles identificados a partir del cromatográma y de los espectros de masas correspondientes. ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Resumen

Los Contaminantes emergentes (CEs) son sustancias que no están siendo reguladas o monitoreadas por entes gubernamentales. Los CEs pueden o no generar impactos negativos dependiendo de sus características y su interacción con el ambiente. En la actualidad, los productos farmacéuticos son el grupo de CEs que más están generando preocupación en la comunidad científica, porque pueden crear afectaciones a los organismos acuáticos. El presente estudio tuvo como finalidad determinar la presencia de compuestos emergentes en aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas, mediante el análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS). Las muestras de agua superficial fueron tomadas de 14 playas: Las Peñas, Las Palmas, Tonsupa, Atacames, Súa, Same, Mompiche, Portete, Paufí, África, Tonchigüe, Galera y Muisne. El análisis de la cobertura y uso de suelo permitió establecer que 11 de las playas tienen mayor uso agropecuario, mientras que las restantes tienen más uso de suelo para zonas antrópicas. Mediante el análisis cromatográfico se estableció el límite de cuantificación (LC) para 7 fármacos, lo cual no asegura su presencia en las muestras recolectadas, pero se detectaron 2 sustancias adicionales: benzaldehído y flexol A 26. Debido a que no se cuantificó ninguna sustancia no se pudo hacer el análisis del coeficiente de riesgo (RQ), por lo cual no se determinó el riesgo ambiental de ningún CE y se asume que el riesgo es bajo. La ausencia de CEs identificados podría deberse a factores como la restricción del COVID-19, la cobertura y uso de suelo de los lugares de muestreo y el destino final de las aguas residuales.

Palabras claves: contaminantes emergentes, aguas superficiales, fármacos, riesgo ambiental, cromatografía de gases, cobertura y uso de suelo.

Abstract

Emerging Pollutants (ECs) are substances that are not being regulated or monitored by government entities. The CEs may or may not generate negative impacts depending on their characteristics and their interaction with the environment. At present, the pharmaceutical products are the group of the CEs that are generating the most concern in the scientific community, because they can create effects on aquatic organisms. The purpose of this study was to determine the presence of emerging compounds in surface waters of the province of Esmeraldas, by means of gas chromatography analysis coupled to mass spectrometry (GC/MS). The surface water samples were taken from 14 beaches: Las Peñas, Las Palmas, Tonsupa, Atacames, Súa, Same, Mompiche, Portete, Paufí, Africa, Tonchigüe, Galera and Muisne. The analysis of the coverage and land use established that 11 of the beaches have more agricultural use, while the rest have more land use for anthropic areas. By means of chromatographic analysis, the quantification limit (LC) was established for 7 drugs, which does not ensure their presence in the collected samples, but 2 additional substances were detected: benzaldehyde and flexol A 26. Since no substance was not quantified. The risk coefficient (RQ) analysis could be done, therefore the environmental risk of any CE was not determined and the risk is assumed to be low. The absence of identified CEs could be due to factors such as the restriction of COVID-19, the coverage and land use of the sampling sites and the final destination of the wastewater.

Keywords: emerging pollutants, surface waters, drugs, environmental risk, gas chromatography, land cover and use.

1. Capítulo I: Introducción

1.1. Presentación del tema de investigación

El recurso hídrico en la actualidad presenta problemas a nivel mundial con lo que respecta a su calidad, debido a que varios afluentes se encuentran afectados como consecuencia de las actividades antrópicas, como la minería ilegal, agricultura, extracción de recursos (como el petróleo), mal manejo de desechos peligrosos y residuos sólidos, entre otros (Petersen, Dabrowski, & Forbes, 2017).

La globalización, el incremento poblacional y el estilo de vida son factores que inciden en la generación de nuevos contaminantes y enfermedades que pueden ser transmitidas por el recurso hídrico (Marín Galvín, 2017).

Los contaminantes emergentes (CEs), son todas aquellas sustancias, ya sean de origen artificial o natural, que están identificadas pero no se conoce sus efectos adversos dentro de los recursos hídricos (UNESCO, 2017).

Este tipo de contaminante se puede presentar en el medio acuáticos a través de diferentes fuentes como las aguas residuales o industriales, los residuos hospitalarios, los pozos sépticos, la agricultura y la ganadería (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez, 2012).

Los CEs agrupan una amplia cantidad de compuestos químicos en función de su uso: aditivos industriales, productos farmacéuticos, productos relacionados a la agricultura, plastificantes, productos de cuidado personal (Gil et al., 2012). Los fármacos son sustancias que se disuelven en agua fácilmente y que pueden llegar al recurso hídrico por medio de la excreción o una ineficiente gestión integral de productos farmacéuticos (Rosales, 2017).

Los productos de cuidado personal incluyen jabones, cremas, cosméticos y desodorantes, entre otros, y contienen químicos que son persistentes y bio acumulativos en el ambiente (Sanz, 2017).

Se necesita conocer más acerca del origen de los CEs, efectos y transformación de este tipo de contaminantes para generar tratamientos para su eliminación en el agua (Tejada, Quiñonez, & Peña, 2014).

La limitada información que existe de los CEs en el agua es porque estudiarlos representa un gasto considerable y la dificultad de su análisis debido a que no hay protocolos establecidos (Murray, Thomas, & Bodour, 2010).

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente, existe un gran interés en la comunidad científica sobre todo lo relacionado a los compuestos orgánicos generados por el hombre y la interacción que tienen con el ambiente. Con lo que respecta al agua, no existe una regulación de todos los contaminantes presentes como consecuencia de la poca información que se tiene acerca de sus efectos en el medio acuático (Tejada et al., 2014).

Los CEs tienen un potencial de generar impactos en el funcionamiento ecológico y también efectos adversos en la salud humana (Stuart, Lapworth, Crane, & Hart, 2012). La principal característica de este tipo de contaminantes es que no se encuentran regulados en el agua (Gil et al., 2012).

El consumo a largo plazo de contaminantes emergentes es probable que cause efectos adversos en la salud de los organismos en concentraciones tan bajas como de ng/L (Murray et al., 2010).

Determinar los efectos en la salud humana sigue siendo una tarea compleja dada la alta cantidad de CEs que se encuentran en el agua; el efecto de los CEs dentro de los ecosistemas acuáticos no está definido todavía porque se necesitan más estudios sobre los efectos que generan (Petrovic, Eljarrat, Lopez De Alda, & Barceló, 2004).

En los últimos años se han desarrollado técnicas analíticas para identificarlos además su liberación en el recurso hídrico no se encuentra regulada. Es muy probable que el número de CEs en el medio acuático aumente con el tiempo, dado que hasta el momento se ha detectado una pequeña parte de los cerca de 30.000 productos químicos que se encuentran en el mercado (Helen, Poyton, Chris, & Vulpe, 2009).

Los pioneros en el estudio de los contaminantes emergentes y su interacción con el medio acuático son Estados Unidos y la Unión Europea. La Enviromental Protection Agency (EPA) ha desarrollado listas de contaminantes que se encuentran regulados y monitoreados y otros que están en estudio para su regulación. La Unión Europea cuenta con una lista de contaminantes los cuales se encuentran en monitoreo y análisis de los efectos en para salud (Murray et al., 2010).

En la actualidad los CEs no están considerados dentro de los programas de monitoreo de agua nacionales, por lo cual no se conoce el destino final de este tipo de compuestos además, por ahora tampoco es muy amplia la información acerca de la toxicidad que pueden ocasionar los CEs cuando están presentes en el ambiente acuáticos (Geissen et al., 2015).

Los contaminantes emergentes están presentes en aguas residuales, escorrentías, lagos y aguas superficiales (UNESCO, 2017). Cada año se vierten en aguas superficiales en concentraciones por debajo de μg l^{-1} cerca de 300 millones de toneladas de sustancias sintéticas entre las cuales se encuentran contaminantes emergentes como productos farmacéuticos, industriales y de consumo, (Kümmerer, 2011).

Los contaminantes emergentes pueden ser persistentes en el medio acuático, lo cual afecta a la eficiencia de los tratamientos de aguas residuales donde se encuentran presentes, por lo cual se requieren tratamientos especiales para remover este tipo de contaminantes (Hugo et al., s. f.).

A nivel mundial, el 70% de los países que tienen altos ingresos económicos tratan sus aguas residuales ya sea de origen municipal o industrial, mientras que en los países con ingresos medianos se da el 38% y en los países con ingresos medianos bajos, el 28% (UNESCO, 2017).

Apenas el 8% de los países de bajos ingresos realizan algún tipo de tratamiento de aguas residuales. Estas aproximaciones respaldan la tesis de que más del 80% de las aguas residuales que se vierten en aguas superficiales se descargan sin ningún tipo de tratamiento previo (UNESCO, 2017).

A lo largo de la cuenca del Río Esmeraldas existen ciudades con alta densidad poblacional como Quito y Santo Domingo que generan altas cantidades de descargas de aguas residuales directas a la cuenca, estas ciudades no poseen plantas de tratamiento de aguas residuales (Voloshenko-Rossin et al., 2014)

La planta de Agua potable de Esmeraldas no cuenta con la tecnología para la eliminación de CEs presentes en el agua, además la ciudad tampoco cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, esto sumado a la falta de control y regulación de las descargas de origen industrial y municipales, hacen muy probable la existencia de contaminantes emergentes en las aguas superficiales que son utilizadas para la potabilización y distribución del agua en las ciudades de Esmeraldas.

Por esta razón la presente investigación busca responder las siguientes preguntas: ¿Existen compuestos emergentes presentes en las aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas?, ¿En qué concentración se encuentran?, ¿Qué riesgos presentan para el ambiente la presencia de estos compuestos? Y ¿Cómo se encuentra el entorno ambiental y ecosistemas cercanos a los puntos de muestreo?

1.3. Justificación

En Ecuador, el pésimo manejo integral de las aguas residuales de las ciudades e industriales y la ausencia de tecnologías que eliminen los contaminantes emergentes en la potabilización del agua genera dudas sobre la calidad del agua superficial y potable que se utiliza diariamente. El pésimo control y regulación de las descargas de aguas residuales ponen en riesgo a la fauna que se encuentra presente en los afluentes.

A nivel nacional la información relacionada a la presencia de contaminantes emergente en los afluentes y aguas superficiales ecuatorianas es muy escasa, lo cual no permite que se evalúe la efectividad y vulnerabilidad de la potabilización y tratamientos de aguas residuales que llevan a cabo las ciudades del país. En Latinoamérica, varios países como Colombia, México y Argentina han desarrollado estudios para determinar la presencia de contaminantes

emergentes en aguas residuales, encontrándose sustancias como diclofenaco, ibuprofeno y cafeína, entre otros, en concentraciones considerables (Elorriaga, Marino, Carriquiriborde, & Ronco, 2012).

En el país, solo se tiene referencia de un estudio de compuestos emergentes que detectó la presencia de fármacos y productos del cuidado personal en los afluentes Esmeraldas – Guayllabamba y San Pedro – Machangara (Voloshenko-Rossin et al., 2014).

Dada la escasa información sobre la presencia de CEs en Ecuador, el objetivo principal de este estudio es determinar la presencia de CEs en aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas. Esta investigación aportará información para que a futuro se pueda evaluar la necesidad de generar políticas públicas que ayuden al control y regulación de contaminantes emergentes en las aguas superficiales, de esta forma preservar óptimamente los ecosistemas acuáticos y mejorar la calidad del agua que consume y utiliza la población.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar la presencia de contaminantes emergentes en aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas, mediante el análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el entorno ambiental de los lugares de muestreo.
- Cuantificar los CEs en las aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas.
- Establecer los posibles efectos sobre el medio ambiente que puedan causar los compuestos encontrados en las muestras de agua.

2. Capítulo II: Marco teórico

2.1. Bases teórico-científicas

2.1.1. Contaminantes emergentes

Los CEs son todas aquellas sustancias de origen sintético u orgánico que no están reguladas, que puede ser candidatas a control en un futuro dependiendo de su riesgo para la salud o el medio ambiente. Uno de los principales problemas que causan los CEs es su eliminación del recurso hídrico, debido a que muchos países no cuentan con la tecnología desarrollada para su remoción (Narvaez & Jimenez, 2012).

En el siglo XIX, aparecieron las primeras investigaciones sobre contaminantes emergente, la pionera en este campo fue Raquel Carson, que en el año 1960 publicó *Silent Spring,* en el cual mencionó los efectos adversos en los animales al entrar en contacto con el DDT. Entre la década de los 90 y 2000 empezó la preocupación mundial de los efectos producidos por los fármacos cuando entran en contacto con el medio ambiente (Terzić et al., 2008).

Estados Unidos es uno de los países pioneros en estudiar la interacción de contaminantes emergentes en el medio acuático. La EPA ha determinado una lista de 126 contaminantes de alta prioridad que se encuentran principalmente en las aguas residuales, los cuales son regulados y monitoreados con el fin de preservar el agua dulce en este país (Helen et al., 2009).

Para la regulación de los CEs se necesita fundamentarse en su incidencia y efectos que producen en la salud humana (Murray et al., 2010). La Unión Europea a través de su marco legal determinó un estándar de calidad ambiental para el control de los contaminantes emergentes en las aguas superficiales. Este control se realiza con una lista de 33 sustancias. El objetivo de la UE es el de identificar la fuente de los contaminantes y tratarla (Helen et al., 2009).

Para conocer los efectos que tienen los contaminantes emergentes en el ambiente, se realizan pruebas de ecotoxicidad, las cuales se expresan en (ED_{50}) o dosis efectiva al 50% que es la dosis mínima capaz de causar el efecto

deseado de una sustancia, lleva ese nombre porque produce el efecto deseado en el 50% de la población. Las sustancias se clasifican según su toxicidad, en muy toxica con concentraciones de (<1 mg/L, en *Daphnia magna*), tóxicas con valores máximos hasta 10 mg/L y toxicas nocivas cuando oscila entre 10 a 100 mg/L (COMMUNITIES, s. f.).

El Multicentro de Evaluación de Citotoxicidad in vitro de la comisión de comunidades europeas realiza estudios toxicológicos, entre los cuales también han experimentado con fármacos para conocer la toxicidad que tienen en *Daphnia magna* (Jiménez, 2011). La dificultad de determinar el riesgo que representan los contaminantes emergentes en los humanos es que las pruebas de toxicidad no evalúan el riesgo en el agua potable (Jiménez, 2011).

En los últimos 50 años, se ha ido desarrollando paulatinamente la tecnología para identificar los compuestos emergentes, haciendo posible cuantificar analitos del agua de g/L a µg/L. A medida que la tecnología ha ido avanzando se han estudiado ciertos CEs y los efectos adversos que producen en las personas (Marín Galvín, 2017).

Ahora se conoce que determinados CEs alteran al sistema endocrino y perturban el normal funcionamiento de las hormonas lo cual aumenta la probabilidad de contraer cáncer de mama en la mujer y trastornos en el anti andrógeno en el hombre (Tejada et al., 2014).

2.1.2. Productos farmacéuticos

Medicamento es cualquier sustancia o mezcla que es generada, comercializada o recomendada con el fin de ser empleada para el tratamiento o prevención de un determinado problema de salud. Los productos farmacéuticos son agentes químicos que generalmente están acompañados con otras sustancias que no son terapéuticas pero que cumplen un rol fundamental para la eficiencia del producto, permitiendo que pueda conservarse por largos periodos y tenga estabilidad. Las sustancias que no tienen una función terapéutica se denominan excipientes (Ministerio del Ambiente, 2007).

Los fármacos comprenden un grupo muy amplio de sustancias y mezclas químicas, de gran diversidad y cantidad. En la década de los 70, en Estados Unidos se dieron los primeros indicios de la existencia de fármacos en los medios acuáticos, cuando se detectó ácido clofíbrico que es un compuesto perteneciente a los reguladores de lípidos en la sangre. Desde la década de los 90, los estudios sobre la presencia de fármacos en el agua se han incrementado como lo corroboran las publicaciones de artículos que se han realizado desde esa fecha (Petrovic et al., 2004).

En los últimos años, la comunidad científica ha estado estudiado el comportamiento de los fármacos en las aguas superficiales para conocer los impactos que causa en el ambiente y si generan impactos en la salud humana. Luego de que el fármaco es administrado, se metaboliza y los residuos terminan siendo excretados y generalmente llegan a los cuerpos hídricos (Elorriaga et al., 2012).

Una gran cantidad de fármacos han sido identificados en cuerpos hídricos como aguas superficiales y subterráneas. Los fármacos luego que son excretados llegan a las plantas de tratamiento de aguas residuales y son transportados hacia las aguas superficiales; esto sucede porque los residuos de los fármacos generalmente no son removidos en las plantas de tratamiento. Los residuos de los productos fármacos utilizados en el campo veterinario habitualmente son vertidos directamente en las aguas superficiales (Gil et al., 2012).

La preocupación con respecto a los productos farmacéuticos y el medio acuático se dio cuando se hallaron residuos de fármacos como ácido clofíbrico, carbamacepina, diclofenaco e ibuprofeno en aguas potables (Gil et al., 2012).

Los productos farmacéuticos pueden llegar a acuíferos o quedar retenidos en el suelo, esto depende las características físico – químicas de los fármacos, específicamente sus productos de degradación, metabolitos y las propiedades de los suelos. Este tipo de productos pueden acumularse en la cadena trófica, debido a que no pueden ser eliminados fácilmente y esto puede afectar al ecosistema de forma general (Stuart et al., 2012).

En el medio ambiente, existen agentes inertes que cumplen la función de descomposición como agua, luz y oxígeno. Este proceso puede desarrollarse en meses o años. Referente a los tipos de descomposición que tienen los productos farmacéuticos en el ambiente, estas pueden ser fotólisis, oxidación e hidrolisis (Tejada et al., 2014).

Los productos químicos tienen actividad biológica cuando entran en reacción con algún organismo. Esta característica diferencia a los fármacos de otros contaminantes emergentes que se encuentran inmersos en las aguas superficiales. La persistencia y la bioacumulación de estos compuestos están determinadas por las propiedades fisicoquímicas que poseen. Los fármacos generalmente se encuentran en baja concentración en el medio acuático (Villa, 2012)

La distribución de los fármacos depende mucho del pH y la acidez del medio que los acoge, esto es debido a que este tipo de compuestos son ácidos y tienen bases débiles. En los ecosistemas acuáticos, un buen indicador de la biomagnificación de los compuestos emergentes son los peces debido a que algunos tienen una naturaleza lipófila (Jiménez, 2011).

La presencia de los productos farmacéuticos en el medio acuático es un problema silencioso que lleva décadas sin ser estudiadas a fondo con respecto a sus consecuencias con el ambiente y la salud humana. Es fundamental continuar con estudios que determinen la presencia de estos productos, para de esta forma aplicar las distintas tecnologías para su remoción del recurso hídrico (Ramos Alvariño, 2006).

Los fármacos más usados a nivel mundial son los de tipo: antimicrobianos, antihipertensivos y analgésicos (Gil et al., 2012). Mientras que a nivel nacional los productos farmacéuticos más utilizados según el Ministerio de Salud Pública del Ecuador se muestran en la *(Tabla 1).*

Tabla 1 *Fármacos más consumidos de Ecuador*

PRODUCTOS FARMACEUTICOS	
Clase	**Genérico**
Analgésico	Cafeína
	Tramadol
Antinflamatorios	Naproxeno
	Ketorolaco
	Paracetamol
	Diclofenaco
Antibióticos	Ampicilina
	Sulfametoxazol
	Trimetropin
Antidiabéticos	Metformina
Antiepilépticos	Carbamazepina
Antihistamínicos	Cetirizina
Estatinas	Simvastatina
Inhibidores de la bomba de protones	Omeprazol
Psiquiátricos	Fluoxetina

2.1.3. Productos de cuidado personal

Los productos de cuidado personal comprenden una gran diversidad de compuestos que son empleados diariamente por todo tipo de persona. Entre los productos más habituales de este tipo tenemos champús, cosméticos, pasta de dientes y detergentes, entre otros. Dependiendo el tipo de uso que tenga el producto se lo puede clasificar como repelentes de insectos, fragancias, filtros UV, biocidas y conservantes La demanda de estos productos es masiva a nivel mundial. En el año 2015, este mercado movió 465.000 millones de dólares, mientras que para el año 2020 se cree que este valor aumente hasta los 500.000 millones (Marín Galvín, 2017).

Estas sustancias tienen dos vías habituales para llegar a las aguas superficiales o a las aguas residuales, luego de su aplicación estos productos son absorbidos por la piel y luego los residuos terminan siendo excretados, o por acción de lavado con agua en la zona donde se ha aplicado el producto (Reinoso, Yamilet, Delgado, Fernando, & Cobos, 2017).

Hay productos de cuidado personal que son eliminados parcialmente por medio de las plantas de tratamiento de aguas residuales porque los metabolitos más lipófilos se retienen en los lodos mientras que los demás metabolitos se liberan al agua superficial. En las últimas décadas, se ha incrementado la preocupación de conocer más sobre los efectos que generan los metabolitos vertidos en los ecosistemas acuáticos (Reinoso et al., 2017).

Hay productos del cuidado personal que son bioacumulativos y persistentes en el medio ambiente. Estos compuestos están siendo detectados en varios cuerpos hídricos como: Aguas residuales, aguas costeras cercanas a la Antártida y aguas superficiales, por lo cual se los considera como CEs que necesitan ser estudiados con profundidad (Gil et al., 2012).

2.2. Antecedentes

En los últimos años varios organismos internacionales como la OMS, la UNESCO, la Unión Europea y los Estados Unidos están realizando estudios para determinar la presencia de CEs en los cuerpos hídricos y de esta manera generar normas legales que permitan controlar estos contaminantes (El Paìs, 2013).

En la actualidad, los métodos para los muestreos y análisis de CEs no se encuentran normalizados. Además, las metodologías que se encuentran disponibles generalmente se centran en el estudio de los productos farmacéuticos (Schultz & Furlong, 2008).

En el año 2013, se realizó una investigación en China acerca de la determinación de 32 productos farmacéuticos en el agua de grifo, con el objetivo de evaluar los riesgos que implican en la salud humana los contaminantes emergentes, para proveer y gestionar riesgos en el futuro (Cheung et al., 2013).

En este estudio se tomaron 113 muestras distribuidas en 13 ciudades y las concentraciones detectadas se compararon con los niveles de seguridad para evaluar el riesgo. Se detectaron 17 fármacos en el 89% de las muestras, los principales fármacos fueron (las concentraciones están expresadas en ng/L y

los valores corresponden a la media y el valor máximo): cafeína (24.4–564), metronidazol (1.8 – 19.3), ácido salicico (16.6 – 41.2), ácido clofibrico (1.2 – 3.3), carbamazepina (1.3 – 6.7) y dimetridazol (6.9 – 14.7). Referente a los niveles de riesgo para la salud, 13 fármacos son de riesgo muy bajo, pero los compuestos claritromicina, tiamfenicol, dimetridazol y sulfametazina presentan un riesgo alto. El dimetridazol no representa un riesgo alto para la salud humana, a pesar de que fue habitual. La detección de los productos fármacos es primordial para la gestión de riesgos en China (Cheung et al., 2013).

En el año 2014 se desarrolló una investigación en la India sobre riesgo ecológico y de salud que presentan los contaminantes emergentes. Este estudio tuvo como objetivo investigar la presencia de 15 productos del cuidado personal y 5 edulcorantes artificiales a lo largo del río Ganges (Sharma et al., 2019).

La sustancia con la concentración más alta de productos del cuidado personal fue cafeína con 743 ng/L. mientras que la concentración de edulcorantes artificiales estuvo entre 0,2 a 102 ng/L. EL riesgo que presentan los CEs identificados es insignificante para los seres humanos, mientras que la cafeína, el sulfametoxazol, el triclocarban, el triclosan y la sucralosa representan un riesgo moderado para los organismos acuáticos (Sharma et al., 2019).

Los residuos de los fármacos y sus metabolitos generalmente se detectan en bajos niveles (ng/L o µg/L) en el medio ambiente pero pueden causar efectos tóxicos, especialmente los antibióticos y esteroides, los cuales pueden causar resistencia en bacterias y alteraciones endocrinas (Hernando, Mezcua, Fernández-Alba, & Barceló, 2006).

En este estudio evaluaron el riesgo ecológico que presentan los residuos de los fármacos a través de datos de otros estudios, para lo cual se aplicó el método de cociente de riesgo (RQ) de los fármacos que tuvieron mayor frecuencia en efluentes, aguas superficiales y sedimentos (Hernando et al., 2006).

En aguas superficiales, la presencia de algunos antibióticos como oxitetraciclina, flumequina, reguladores de lípidos como gemfibrocil, ácido clofíbrico no representan un riesgo ecológico. Los fármacos que representan un riesgo ecológico son ibuprofeno, diclofenaco, naproxeno y ketoprofeno. Para

conocer más sobre los riesgos que estos compuestos representan se necesitan hacer pruebas de toxicidad o estudios de bioacumulación (Hernando et al., 2006).

Un estudio de 2014 sobre fármacos psiquiátricos en el Rio Guanda tuvo como objetivo evaluar la presencia de CEs en el agua destinada al municipio de Rio de Janeiro. Este estudio reveló la presencia de benzodiacepinas con alta concentraciones como bromazepam (42 ng/L), clonazepan 198 (ng/L) y diazepam (335 ng/L). Los fármacos para el tratamiento psiquiátrico presentan un riesgo ecológico, pero realmente no se conoce el impacto que genera y se necesita evaluar su persistencia en el medio (Ferreira, 2014)

A nivel nacional solo se ha realizado un estudio sobre contaminantes emergentes en la cuenca del río Esmeraldas en el año 2013. Esta investigación se desarrolló en los ríos San Pedro – Guayllabamba y Esmeraldas. Para determinar la presencia de CEs se utilizaron cromatógrafos LC/MS/MS (Voloshenko-Rossin et al., 2014)

Los CEs que tuvieron mayor presencia en las muestras fueron carbamazepina y acesulfame que fueron encontrados a lo largo de los ríos estudiados. También se encontró la presencia de metabolitos de cafeína, Sulfametoxazol, venlafaxine, O-desmethylvenlafaxine, y esteroides, Se detectó la presencia de cocaína, lo que presume que hay plantaciones de coca en las riveras de estos afluentes. Los CEs encontrados no causan efectos adversos para la salud humana (Voloshenko-Rossin et al., 2014).

2.3. Marco legal

Ecuador no cuenta con una legislación para regular o controlar el amplio grupo de los contaminantes emergentes, pero cuenta con la constitución y ley de aguas para tratar todo lo relacionado al derecho que tienen los ciudadanos al uso del agua. En la constitución ecuatoriana en el Art. 14 se menciona que "*toda población tiene el derecho a vivir en un ambiente sano*" además en el Art. 12 establece al agua como "*un derecho fundamental e irrenunciable*" Estos artículos

son la pauta para el sustento legal de este trabajo investigativo (Republica del Ecuador, 2008).

En el Art. 264, numeral 4, perteneciente a la constitución ecuatoriana, se establece que los GAD tienen que "*prestar servicio de agua potable, alcantarillado, depuradora de aguas residuales*" en el caso de la provincia de Esmeraldas los GAD solo prestan el servicio de agua potable, el cual no es muy eficiente mientras que el alcantarillado en algunos lugares todavía ni existe y si existe sabe ser muy ineficiente, por otro lado ningún GAD de la provincia cuenta con depuradoras para tratar aguas residuales (*Ley orgánica de recursos hídricos, usos*, 2015).

El control y regulación de los compuestos emergentes es una tarea pendiente para la autoridad nacional competente, a pesar de que en la constitución ecuatoriana en el Art. 411, se menciona que "toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua y equilibrio de los ecosistemas será regulada" (Republica del Ecuador, 2008).

3. Capítulo III: Metodología

3.1. Área de estudio

La provincia de Esmeraldas se encuentra en la región litoral de la República del Ecuador. Limita al oeste y norte con el océano Pacífico con una franja marítima de 230 km. Al este con Imbabura y Carchi, al norte con Colombia específicamente con el departamento de Nariño, al sur con Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas (*Figura 1*) (GADPE, 2015).

La provincia de Esmeraldas está constituido por 7 cantones. Cuenta con una superficie total de 15954 Km ^{2} y un total de 534 092 hab. Esmeraldas cuenta con un clima que varía desde subtropical muy húmedo hasta tropical subhúmedo, con una temperatura promedio anual de 23 °C (GADPE, 2015).

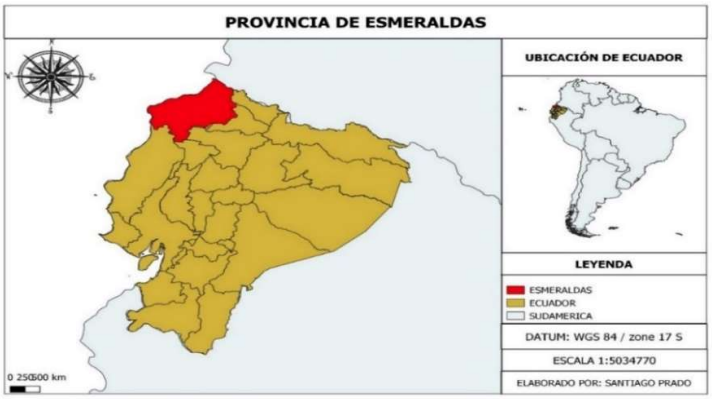


Figura 1 *Ubicación de la Provincia de Esmeraldas.*
Fuente: Servidor WFS del INEC.

Para determinar la presencia los CEs en aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas se tomaron muestras en 14 playas: Las Peñas, Las Palmas, Tonsupa, Atacames, Súa, Same, Mompiche, Portete, Paufí, África, Tonchigüe, Galera y Muisne (*Figura 2*) (*Tabla 2*).

ID	Puntos de muestreo	UTMX	UTMY
1	África	690473	10119175
2	Atacames	630588	10097869
3	Las Palmas	649427	10109728
4	Estero de Plátano	601359	10085849
5	Galera	606149	10090438

6	Las Peñas	704830	10121448
7	Mompiche	608826	10055884
8	Muisne	608344	10066724
9	Paufí	686303	10118794
10	Portete	606055	10053323
11	Same	619599	10093741
12	Súa	625225	10095623
13	Tonchigüe	617262	10091566
14	Tonsupa	632717	10099096

Tabla 2 Georreferenciación de los puntos de muestreo.



Figura 2 *Puntos de muestreo de CEs en la provincia de Esmeraldas. Fuente: Propia.*

3.2. Recolección de muestras

Se realizó un muestreo in situ en cada playa mencionada, a lo largo de 4 lugares distantes, se tomaron parámetros fisicoquímicos como: Salinidad, pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. En cada uno de estos puntos, también se recolectaron muestras de agua de 500 ml, que se mezclaron en un contenedor de 2 l, para finalmente conservar una muestra compuesta de 500 ml; la cual se almacenó en botellas de cristal para realizar posteriormente los análisis de CEs. Los muestreos se desarrollaron el 5, 9, 11 y 13 de noviembre del 2020.

3.3. Evaluación del entorno

En los puntos de muestreo se realizó una estimación del número de personas que estuvieron en la playa al momento de tomar las muestras. Se realizó el análisis de la cobertura y uso de suelos (CUT) en un radio de 2 km, considerando como eje central el punto de muestreo de cada playa seleccionada. Para este proceso se utilizó capas vectoriales, disponibles en los servidores del Ministerio del Ambiente y del Instituto Geográfico Nacional, que fueron analizadas y geo procesadas por medio del programa QGIS versión 3.5.

3.4. Análisis en laboratorio

Posteriormente a la toma de las muestras de agua (500 ml) de los lugares seleccionados, en el laboratorio de gestión ambiental de la PUCESE se procedió a realizar la extracción en fase sólida de las muestras para lo cual se utilizó el metanol como disolvente.

Las muestras en fase sólida fueron envidas y luego procesadas por dos docentes y dos tesistas de la PUCE Quito en el laboratorio de química analítica de la mencionada institución. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron sometidas al método de análisis empleado por Schultz & Furlong (2008), el cual consistió en el análisis cromatógrafo de gases, como fase móvil acetonitrilo y ácido fórmico en una columna de fase reversa. El grupo de CEs de interés en el estudio fue el de los fármacos. Para la cuantificación se empleó el método del estándar externo, previa verificación de los siguientes parámetros de desempeño: límites de detección y cuantificación, linealidad, repetitividad y porcentaje de recuperación (Schultz & Furlong, 2008).

3.5. Estimación del riesgo de los CEs para el medio ambiente

La evaluación de riesgos ambientales es un intento de estimar el impacto negativo potencial generado por sustancias en su interacción con el ambiente que puede ser causada por descargas o de liberación de sustancias que producen efectos en la estructura y funcionalidad del ecosistema (Muñoz et al., 2009).

La estimación del riesgo que representan los CEs identificados en el medio ambiente se calculó por medio de la fórmula propuesta por Sharma et al. (2019) donde el cociente de riesgo (RQ) se calculó dividiendo la concentración de cada CE (SW) por la concentración prevista sin efecto conocido (PNEC) para los organismos acuáticos más estudiados en esta área como algas y *Daphnia magna*.

$$RQ = \frac{SW}{PNEC}$$

PNEC se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$PNEC = \frac{EC_{50}\ o\ LC_{50}}{AF}$$

EC_{50} es la concentración efectiva, reduciendo un proceso biológico en un 50%, mientras que LC_{50} es la concentración letal para el 50% de los individuos; estas variables se obtuvieron mediante la recopilación bibliográfica de investigaciones realizadas previamente. AF es un factor de evaluación estándar con un valor de 1000 que se introduce para considerar la extrapolación de la variabilidad de sensibilidad inter especies. El riesgo se lo clasificará en tres categorías: bajo (RQ < 0,1), moderado (0.1 < RQ < 1) y riesgo alto (≥1) (Sharma et al., 2019).

Para evaluar la problemática que está causada por los productos farmacéuticos en las aguas superficiales, la cual consistió en una revisión bibliográfica, se aplicó un método propuesto por (Vicentin, Ferreirós Gago, & Magnatti, 2021); para esto se buscó investigaciones de toxicología en los CEs encontrados en este estudio. Los motores de búsqueda que se emplearon fueron Medline y BVS,

que se complementaron con Elsevier, Google Académico, así como también en la bibliografía citada en cada uno de los artículos encontrados previamente.

3.6. Análisis de datos

Los resultados de la cromatografía y la cobertura de suelo fueron tabulados en el programa Excel, mientras que en el software R se realizó el análisis de componentes principales (ACP), para mostrar las cargas de las variables que resultaron seleccionadas mediante el método de la distribución del bastón roto. Con la información obtenida, se procedió a la interpretación de resultados en función de los compuestos en los diferentes puntos de muestreo.

4. Capítulo IV: Resultados

4.1. Evaluación del entorno ambiental de los lugares de muestreo

Se evidencia que en 11 lugares de muestreo (África, Estero de Plátano, Galera, Las Peñas, Mompiche, Muisne, Paufí, Portete, Same, Súa y Tonchigüe) tienen de predominancia el uso de tierra para fines agropecuarios con una variación que oscila entre 49,8 y 97,7% del área total de cada lugar. Por otro lado, en los lugares restantes (Atacames, Esmeraldas y Tonsupa) prevalece la zona antrópica con una variación que oscila entre 54.2% hasta 65.4% (*Tabla 3*).

	Usos de tierra							
	Bosque		**Cuerpo de agua**		**Tierra agropecuaria**	**Zona antrópica**		**Otros**
Puntos de muestreo	**BOSQUE NATIVO**	**PLANTEAMIENTO FORESTAL**	**ARTIFICIAL**	**NATURAL**	**TIERRA AGROPECUARIA**	**ÁREA POBLADA**	**INFRAESTRUCTURA**	**ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL**
África	18.2%	-	3.8%	-	**77.2%**	0.8%	-	-
Atacames	9.4%	-	9.6%	2.6%	24.2%	**54.2%**	-	-
Las Palmas	13.0%	-	-	9.9%	8.7%	**65.4%**	1.3%	1.3%
Estero de Plátano	45.0%	-	-	3.3%	**49.8%**	1.8%	-	-
Galera	20.2%	-	-	0.3%	**77.0%**	2.1%	-	0.4%
Las Peñas	1.1%	-	-	-	**94.0%**	4.9%	-	-
Mompiche	19.3%	-	1.5%	0.6%	**73.8%**	1.1%	-	3.8%
Muisne	10.4%	-	4.4%	18.1%	**42.7%**	14.8%	-	9.6%
Paufí	1.7%	-	-	-	**97.7%**	0.7%	-	-
Portete	7.2%	-	-	1.1%	**83.0%**	2.8%	-	6.0%
Same	9.8%	-	-	0.02%	**73.2%**	17.0%	-	-
Súa	24.5%	-	1.6%	**-**	**55.6%**	17.8%	-	0.4%
Tonchigue	1.3%	-	10.9%	0.3%	**75.9%**	11.5%	-	-
Tonsupa	5.2%	0.7%	-	-	29.7%	**64.1%**	0.4%	-

Tabla 3 Categorización y cuantificación de la cobertura y usos de tierra de los lugares de muestreo en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia.

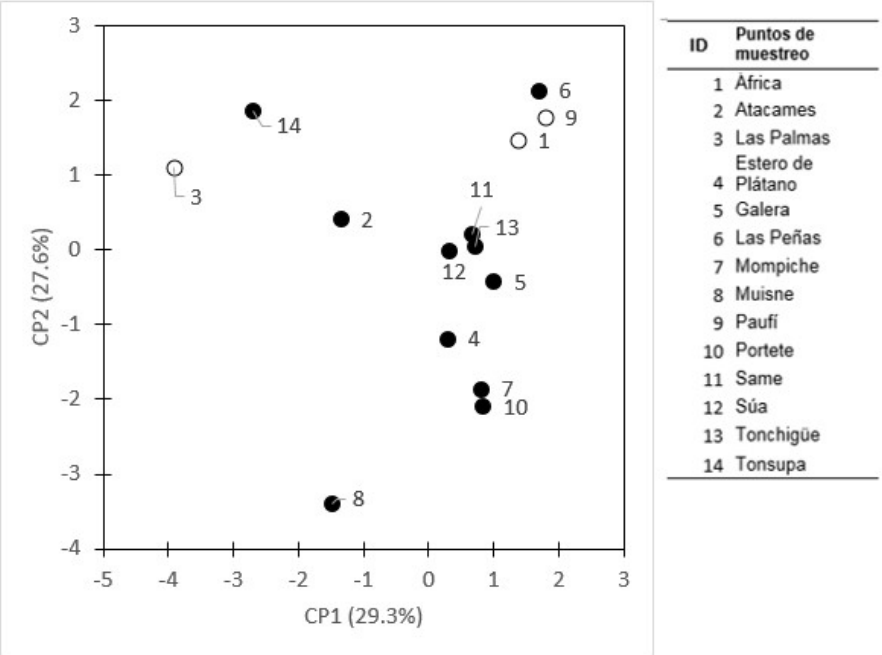
En la *tabla 4* se puede constatar el análisis de componentes principales (ACP) de la cobertura y uso del suelo de los lugares de muestreo. Se muestran las cargas de las variables que resultaron seleccionadas mediante el método de la distribución del bastón roto, de 10 CP utilizados, los CP1 Y CP2 tienen una varianza acumulada del 56.9%. En CP1 las variables que tienen presencia son cuerpo de agua de origen natural, tierra agropecuaria, área poblada e

infraestructura, mientras que para CP2 son UTMX, UTMY, área sin cobertura vegetal y cuerpo de agua de origen natural.

	CP1	CP2
% Varianza	29.3	27.6
% Acum. Varianza	29.3	56.9
Variables	CP1	CP2
UTMX	---	0.466
UTMY	---	0.547
BOSQUE NATIVO	---	---
PLANTEAMIENTO FORESTAL	---	---
CUERPO DE AGUA DE ORIGEN ARTIFICIAL	---	---
CUERPO DE AGUA DE ORIGEN NATURAL	-0.335	-0.306
TIERRA AGROPECUARIA	0.551	---
ÁREA POBLADA	-0.527	---
INFRAESTRUCTURA	-0.456	---
ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	---	-0.487

Tabla 4 Análisis de componentes del uso de tierra

En la *Figura 3* se puede visualizar que lugares como Las Peñas, Paufí, África, Same, Tonchigüe, Galera, Súa, Estero de Plátano, Mompiche y Portete están muy cercanas en el eje de CP1, porque tienen de dominancia el uso de suelo tierra agropecuaria, mientras que lugares como Atacames, Tonsupa y Las Palmas están más relacionadas con el uso del suelo destinado para área poblada. Por ultimo tenemos a Muisne que en su uso del suelo tiene un gran dominio de cuerpo de agua de origen natural y área sin cobertura vegetal.



ID	Puntos de muestreo
1	África
2	Atacames
3	Las Palmas
4	Estero de Plátano
5	Galera
6	Las Peñas
7	Mompiche
8	Muisne
9	Paufí
10	Portete
11	Same
12	Súa
13	Tonchigüe
14	Tonsupa

Figura 3 *Relación entre los puntos de muestreo y su uso de suelo (●, lugares sin presencia de CEs; ○, lugares con presencia de CEs)*

La categorización de la cobertura y uso de la tierra en los lugares de muestreo fue analizado de manera individual, por lo cual se presentará a continuación la tabla de atributos y representación gráfica de cada lugar.

ÁFRICA

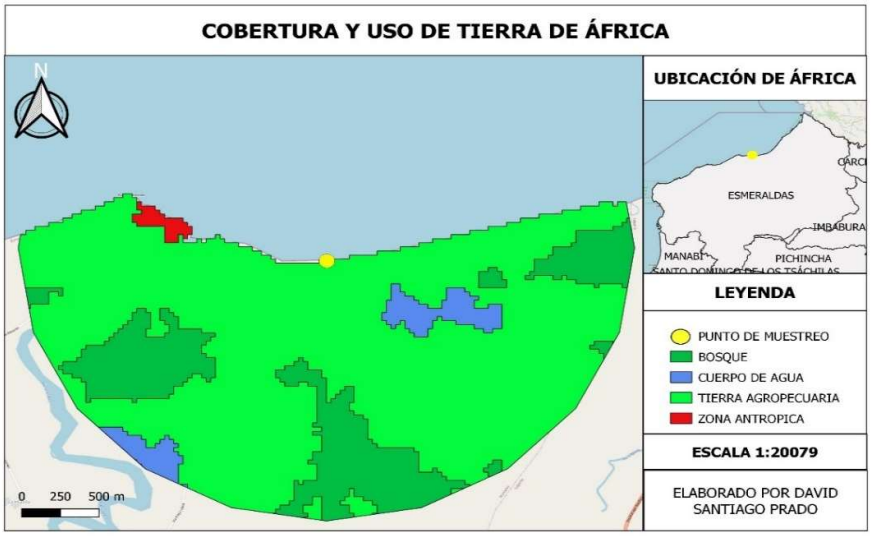


Figura 4 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de África en el año 2018.*

En la *Figura 3* se puede constatar que el 77.22% de la cobertura del suelo del lugar de muestreo ubicado en la comunidad de África está destinada para el uso tierra agropecuaria, mientras que la categoría que le sigue es bosque nativo con apenas el 18.22% (*Tabla 5*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	1217475	18.22
CUERPO DE AGUA	ARTIFICIAL	253262	3.79
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	5160155	77.22
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	51296	0.77
TOTAL		**6682188**	**100**

Tabla 5 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de África en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

ATACAMES

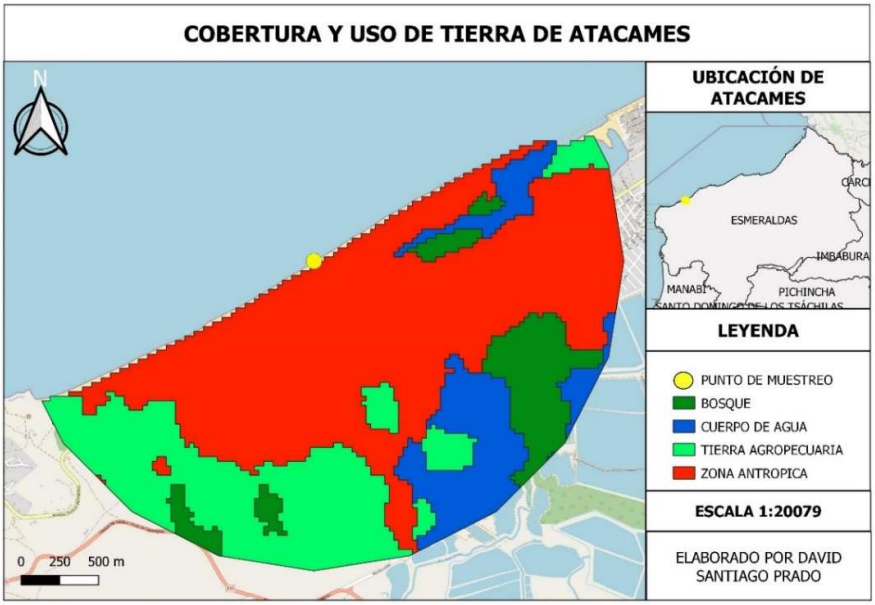


Figura 5 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Atacames en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la *Figura 4* podemos observar, en el lugar de muestreo situado en la playa de Atacames tiene como dominancia en el uso de tierras la área poblada con un 54.15%, mientras que la categoría que le sigue es de tierra agropecuaria que alcanza el 24.21% (*Tabla 6*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	576593	9.43
CUERPO DE AGUA	NATURAL	159362	2.61
	ARTIFICIAL	586653	9.6
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	1479978	24.21
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	3310045	54.15
TOTAL		**6112631**	**100**

Tabla 6 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Atacames en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia.

PLAYA LAS PALMAS (ESMERALDAS)

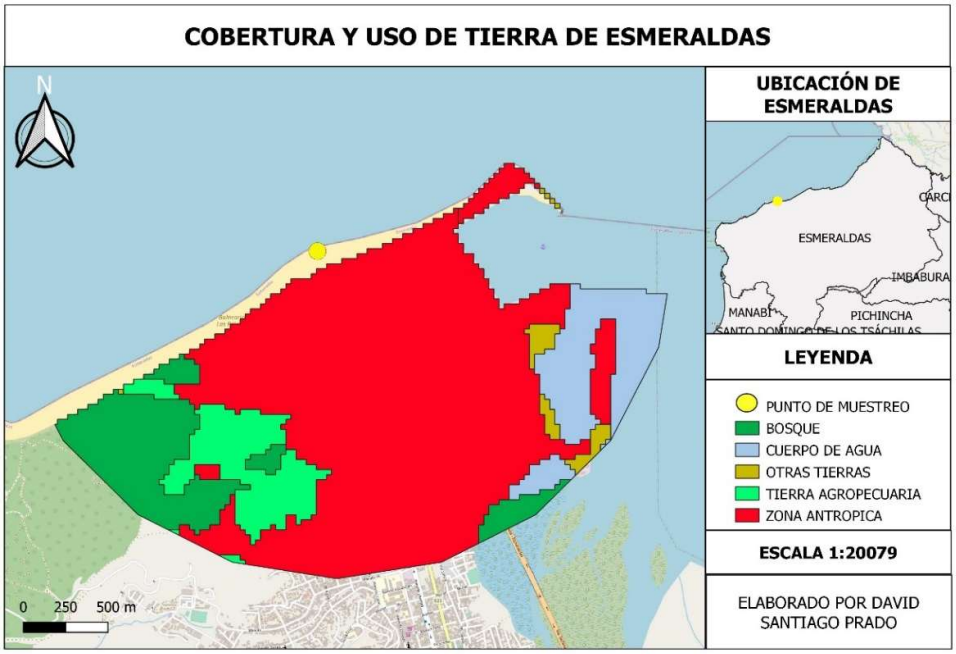


Figura 6 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Esmeraldas en el año 2018.*

Fuente: Servidor WFS del MAAE

En la Playa de Esmeraldas domina el uso de suelo para zona antrópica con un total de 66.67%, del cual, área poblada tiene el 65.41%, mientras que el porcentaje de área restante está siendo utilizado por infraestructura (*Tabla 7*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	614691	13.03
CUERPO DE AGUA	NATURAL	465011	9.86
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	411845	8.73
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	3085762	65.41
	INFRAESTRUCTURA	59414	1.26
OTRAS TIERRAS	ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	79749	1.25
TOTAL		**4716473**	**100**

Tabla 7 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Esmeraldas en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

ESTERO DE PLÁTANO

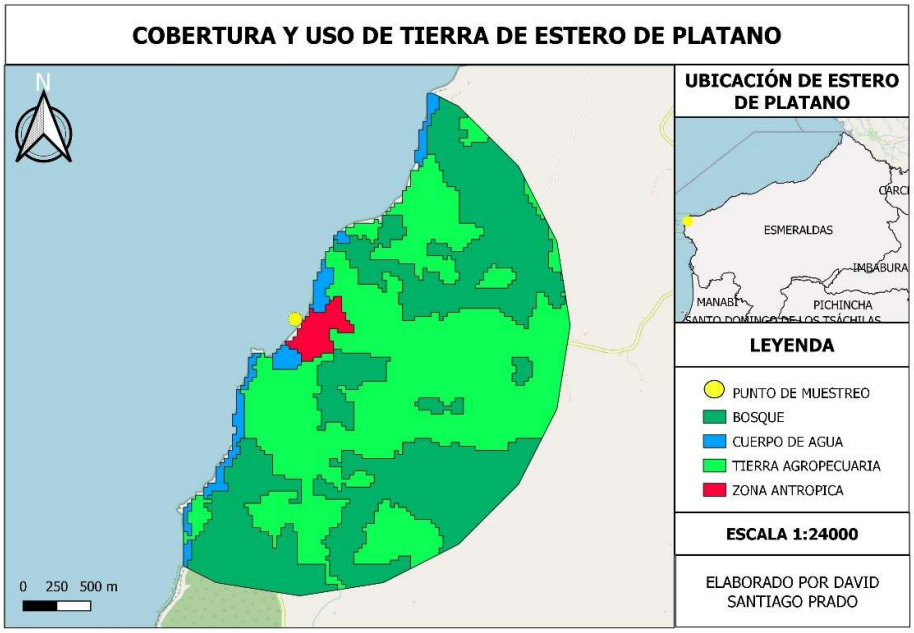


Figura 7 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Estero de Plátano en el año 2018.*

Fuente: Servidor WFS del MAAE.

Como se puede observar en la *Figura 6*, en la comunidad de Estero de Plátano con referencia al lugar de muestro; existen dos categorías (tierra agropecuaria y bosque nativo) que tienen más cobertura con respecto al resto. En el caso del uso para tierras agropecuarias es del 49.83%, mientras que el área de la cobertura de bosque nativo es del 45.04% (*Tabla 8*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	2787505	45.04
CUERPO DE AGUA	NATURAL	202809	3.28
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	3063955	49.83
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	114362,30	1.85
TOTAL		**6168631**	**100**

Tabla 8 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Estero de Plátano en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia.

GALERA DE SAN FRANCISCO

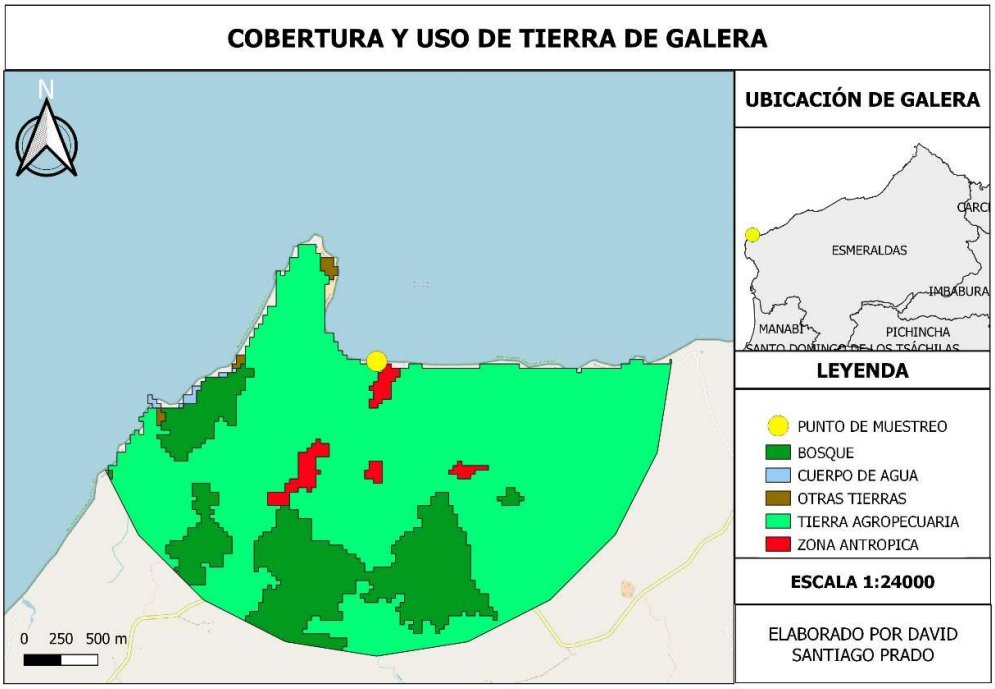


Figura 8 *Categorización de la Cobertura y uso de* tierra de Galera en el año 2018.

En la *Figura 7* se puede observar que la cobertura y uso de tierra en el punto de muestreo localizado en Galera, está prevalecido por el uso para tierra agropecuaria que abarca el 77.04% del total del área, mientras que la cobertura que le sigue es bosque nativo con 20.22% (*Tabla 9*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	1230830	20.22
CUERPO DE AGUA	NATURAL	16552	0.26
OTRAS TIERRAS	ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	23412	0.39
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	4690324	77.04
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	126966	2.1
TOTAL		**6088085**	**100**

Tabla 9 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Galera en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

LAS PEÑAS

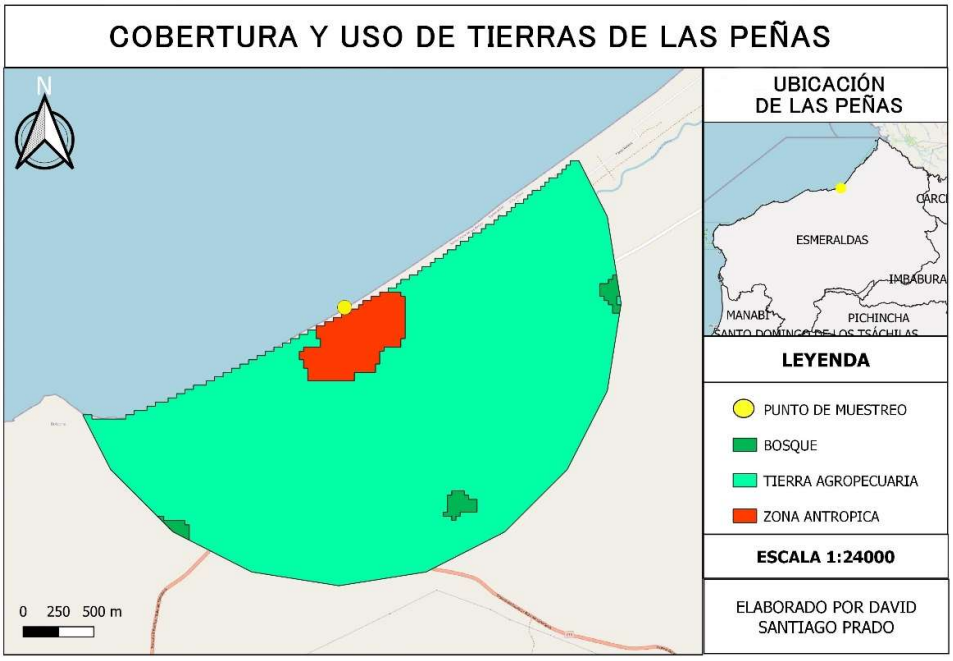


Figura 9 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Las Peñas en el año 2018.*

Fuente: Servidor WFS del MAAE.

En el lugar de muestreo localizado en Las Peñas, se puede apreciar en la *Figura 8* que casi la totalidad del área con el 93.99% está siendo utilizada para tierra agropecuaria, mientras que el uso de tierra que le sigue es para área poblada con apenas el 4.87% (*Tabla 10*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	69276	1.14
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	5708473	93.99
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	296030	4.87
TOTAL		**6073780**	**100**

Tabla 10 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Las Peñas en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

MOMPICHE

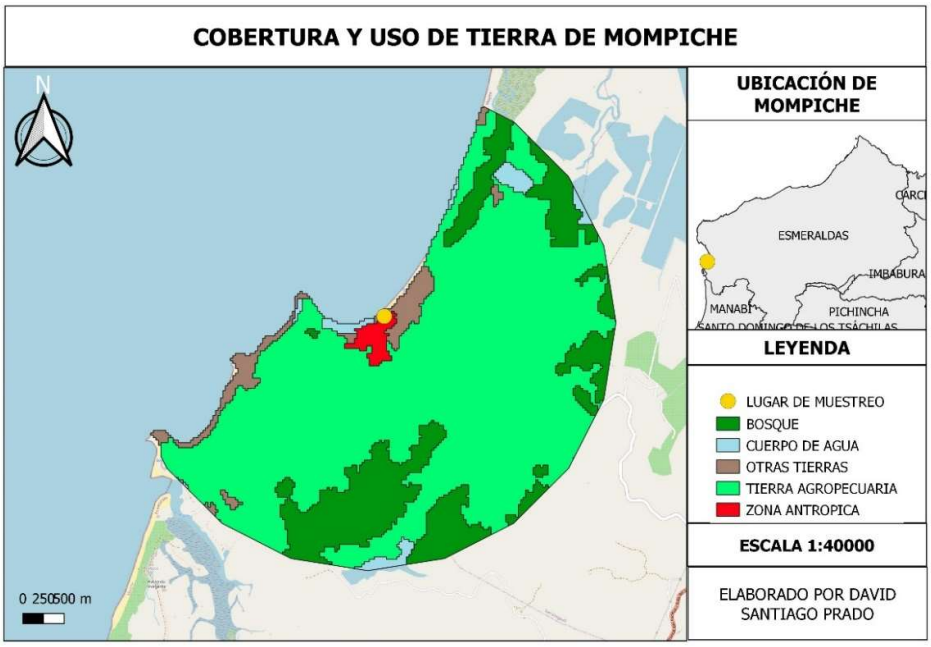


Figura 10 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Mompiche en el año 2018.*

Fuente: Servidor WFS del MAAE.

Como se puede observar en la *Figura 9* en el lugar de muestreo situado en Mompiche, el uso de tierra que tiene mayor supremacía es la destinada para tierra agropecuaria con un 73.76%, la cobertura que le continúa son remanentes de bosque nativo con el 19.25% (*Tabla 11*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	3192032	19.25
CUERPO DE AGUA	NATURAL	100621	0.6
	ARTIFICIAL	241284	1.5
OTRAS TIERRAS	ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	636649	3.8
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	12240156	73.76
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	182793	1.10
TOTAL		**16593536**	**100**

Tabla 11 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Mompiche en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

MUISNE

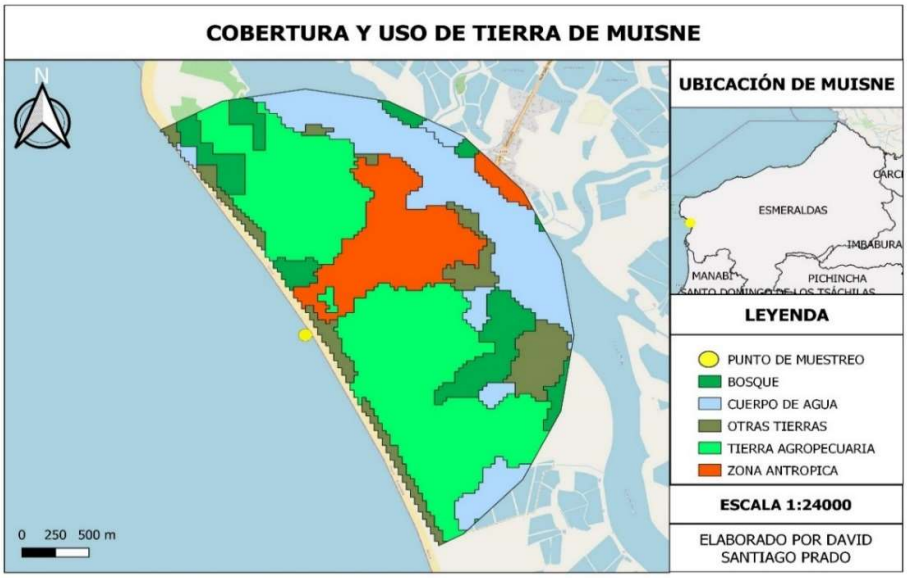


Figura 11 *Categorización de la cobertura y uso de tierra de Muisne en el año 2018.*

Fuente: Servidor WFS del MAAE.

En la *Figura 10* se puede constatar que con respecto a la cobertura y usos del suelo en el lugar de muestreo localizado en Muisne, el uso para tierra agropecuaria tiene mayor presencia con el 42.68% del área total. También se destacan usos del suelo como cuerpo de agua de origen natural con el 18.09%, área poblada con el 14.84% y bosque nativo con el 10.40% (*Tabla 12*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	625113	10.40
CUERPO DE AGUA	NATURAL	1087767	18.09
	ARTIFICIAL	266821	4.44
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	2566692	42.68
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	892607	14.84
OTRAS TIERRAS	ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	574518	9.55
TOTAL		**6013519**	**100**

Tabla 12 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Muisne en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

PAUFI

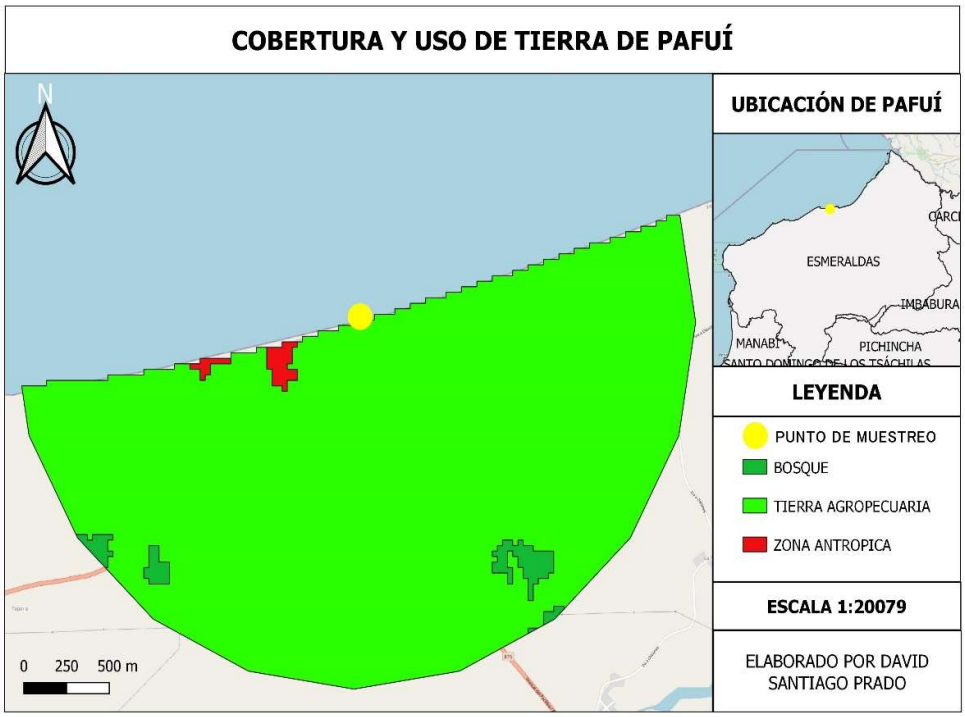


Figura 12 *Categorización de la cobertura y uso de tierra de Muisne en el año 2018*

Fuente: Servidor WFS del MAAE.

En la localidad de Paufí, se puede visualizar en la *Figura 11* que con respecto a la cobertura y uso de suelo, tierra agropecuaria abarca casi la totalidad del área total con el 97.65%, mientras que en el área restante corresponde a bosque nativo (1.65%) y área poblada (0.70%) (*Tabla 13*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	104373	1.65
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	6172766	97.65
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	44098	0.70
TOTAL		**6321237**	**100**

Tabla 13 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Paufí en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia.

PORTETE

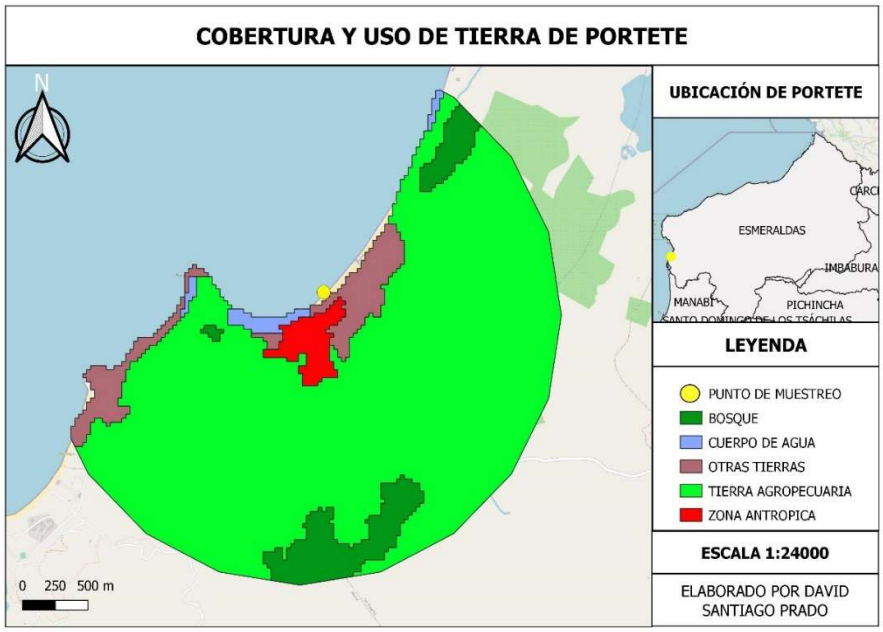


Figura 13 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Portete en el año 2018.*

Fuente: Servidor WFS del MAAE.

Como se puede observar en la *Figura 12,* la cobertura y uso del suelo en el lugar de muestreo localizado en Portete, está dominada por tierra agropecuaria que resalta con el 83.03% del área total, mientras que las categorías que le siguen son bosque nativo y área sin cobertura vegetal con apenas el 7.17 y 5.97% respectivamente (*Tabla 14*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	546323	7.17
CUERPO DE AGUA	NATURAL	95377	1.05
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	6326033	83.03
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	182793	2.78
OTRAS TIERRAS	ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	468246	5.97
TOTAL		**7618772**	**100**

Tabla 14 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Portete en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

SAME

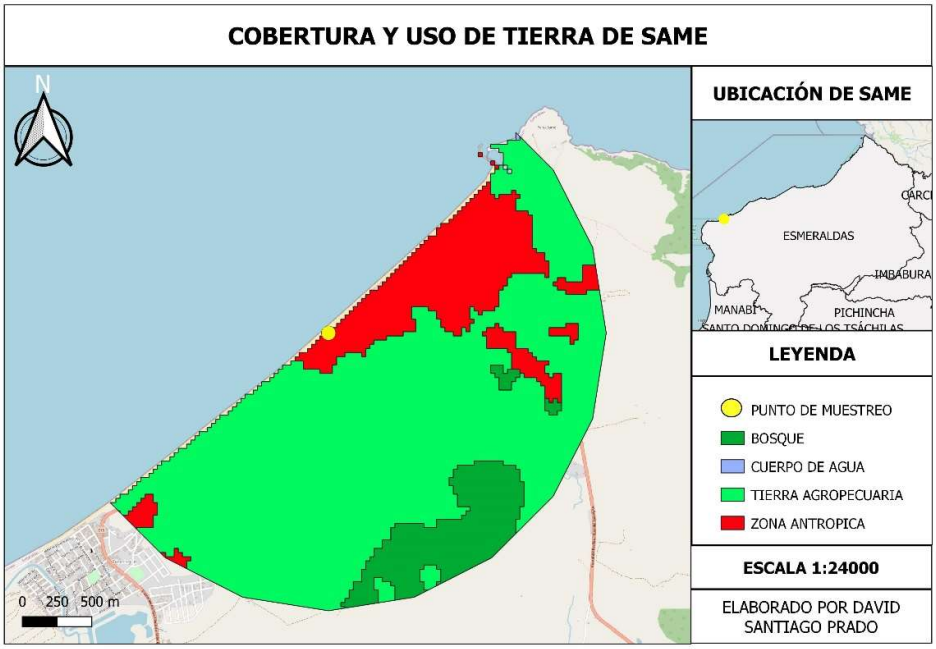


Figura 14 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Same en el año 2018.*

Fuente: Servidor WFS del MAAE.

Se puede observar en la *Figura 13* que la cobertura y uso de tierra en el punto de muestreo localizado en Same, está prevalecido por tierra agropecuaria, que abarca el 73.22% del total del área, mientras que las coberturas que le siguen son área poblada y bosque nativo con el 16.96 y 9.81% respectivamente (*Tabla 15*)

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	626746	9.81
CUERPO DE AGUA	NATURAL	1226	0.02
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	4678176	73.22
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	1081680	16.96
TOTAL		**6387828**	**100**

Tabla 15 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Same en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

SÚA

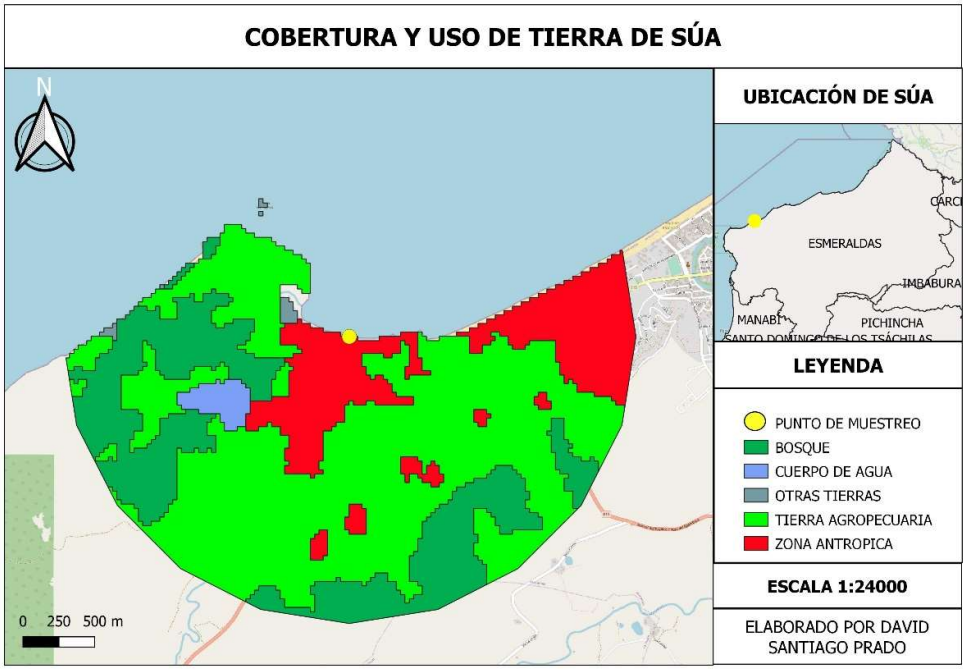


Figura 15 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Súa en el año 2018.*

Fuente: Servidor WFS del MAAE.

En la *Figura 14* se puede constatar que con respecto a la cobertura y usos del suelo en el lugar de muestreo localizado en Súa, el uso para tierra agropecuaria tiene mayor presencia con el 55.62% del área total. También se destacan usos del suelo como bosque nativo con el 24.53% y área poblada con el 17.82% (*Tabla 16*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	1774118	24.53
CUERPO DE AGUA	ARTIFICIAL	116148	1.61
OTRAS TIERRAS	ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	30613	0.42
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	4022274	55.62
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	1288447	17.82
TOTAL		**7231600**	**100**

Tabla 16 Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Súa en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia.

TONCHIGÜE

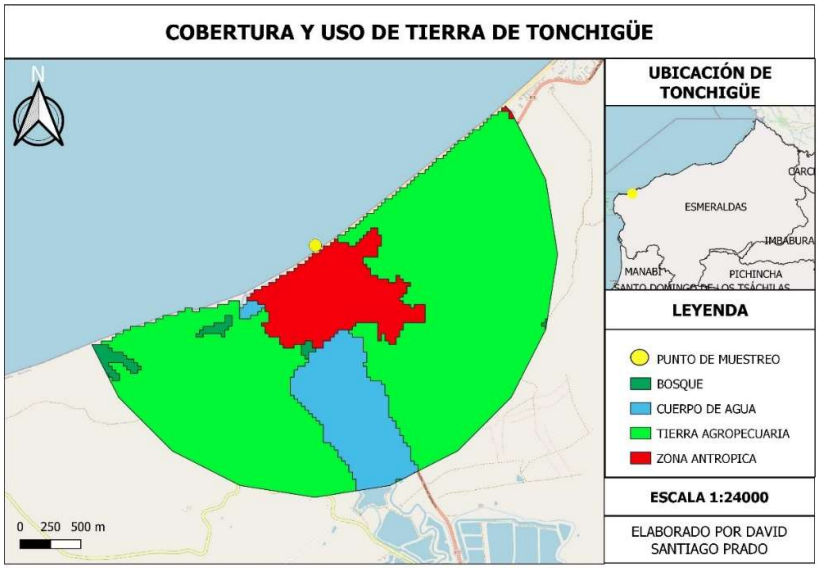


Figura 16 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Tonchigüe en el año 2018.*

Fuente: Servidor WFS del MAAE.

Como se puede constatar en la *Figura 15*, la cobertura y uso de tierra en el punto de muestreo localizado en Tonchigüe, está prevalecido por el uso para tierra agropecuaria que abarca el 75.93% del total del área, mientras que las coberturas que le siguen son área poblada y cuerpo de agua de origen artificial con el 11.53 y 10.93% respectivamente (*Tabla 17*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	86033	1.30
CUERPO DE AGUA	NATURAL	20710	0.31
	ARTIFICIAL	723209	10.93
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	5023757	75.93
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	762977	11.53
TOTAL		**6616686**	**100**

Tabla 17 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Tonchigüe en el año 2018*

Fuente: Elaboración propia.

TONSUPA

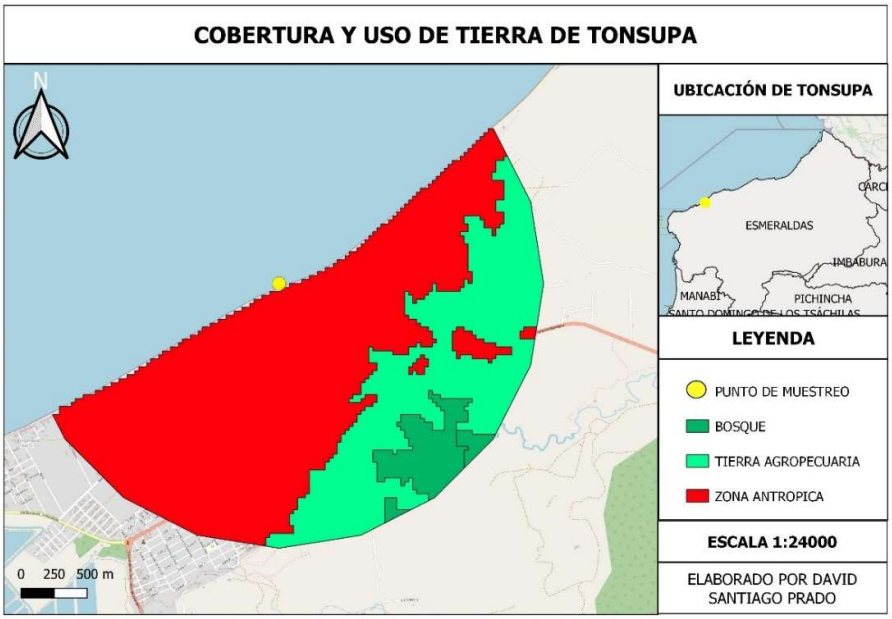


Figura 17 *Categorización de la Cobertura y uso de tierra de Tonsupa en el año 2018. Fuente: Servidor WFS del MAAE.*

En la localidad de Tonsupa en el lugar de muestreo, se puede visualizar en la *Figura 16* que gran parte del área está siendo utilizada para la zona antrópica especialmente para el área poblada que cuenta con el 64.06%, también es destacable que el uso para tierra agropecuaria que cuenta con el 29.71%, mientras que apenas hay un 5.20% de bosque nativo (*Tabla 18*).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁREA (m^2)	ÁREA (%)
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	322060	5.20
	PLANTEAMIENTO FORESTAL	40432	0.65
TIERRA AGROPECUARIA	TIERRA AGROPECUARIA	1841133	29.71
ZONA ANTROPICA	ÁREA POBLADA	3969625	64.06
	INFRAESTRUCTURA	23535	0.38
TOTAL		**6173250**	**100**

Tabla 18 *Área de las categorías de la Cobertura y uso de tierra de Tonsupa en el año 2018.*

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Presencia de los CEs en las aguas superficiales de la provincia de Esmeraldas.

En la ***tabla 19*** se puede constatar que en el nivel de sensibilidad del método cromatográfico que se utilizó no se encontró nada con respecto al grupo de fármacos que fueron analizados para determinar su presencia. Se detectaron dos compuestos que al no ser sujetos en la investigación no fueron cuantificados: p-propyl benzaldehído y Flexol A 26, en el caso del primero fue detectado en África y Paufí, mientras que el otro compuesto fue localizado en África, Paufí y Las Palmas.

	Compuestos identificados							**Otros compuestos**	
Lugar	Nicotina (ug l^{-1})	Ibuprofeno (ug l^{-1})	Acetaminofén (ug l^{-1})	Triclosán (ug l^{-1})	Diclofenaco sodio (ug l^{-1})	Estradiol (ug l^{-1})	Trimetroprim (ug l^{-1})	Benzaldehído	Flexol A 26
Las Peñas	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
Africa	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8	+	+
Paufí	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8	+	+
Las Palmas	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		+
Tonsupa	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
Atacames	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
Súa	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
Same	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
Tonchigüe	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
Galera	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
E. de Plátano	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
Muisne	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
Mompiche	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		
Portete	< 0.14	< 0.14	< 0.4	< 0.14	< 0.14	< 1.4	< 2.8		

Tabla 19 *Limite de cuantificación de los CEs detectados.*

Benzaldehído (p-propil benzaldehído)

El benzaldehído o también conocido por su fórmula química como p-propil benzaldehído, es un aldehído aromático muy utilizado en diferentes campos industriales. Tiene gran importancia en la industria cosmética debido a que

permite la elaboración de muchos productos destinados para tratar imperfecciones de la piel además también es un intermediario químico dentro de la fabricación de perfumes (Saux, Leal, & Pierella, 2012).

Este aldehído aromático es muy manejado en la industria alimentaria como aditivo alimentario y saborizante. Esta sustancia química también es utilizada en la industria farmacéutica en varias grupos de fármacos como analgésicos, antiespasmódicos y antipiréticos. Este químico tambien es manipulado en la industria de recubrimientos en el procesamiento de tinturas además de pigmentos tales como la verde malaquita (Saux et al., 2012).

El benzaldehído dentro de la industria química es utilizado como producto intermediario en la síntesis de reacciones orgánicas además permite la obtención de otras sustancias químicas como el benzoato de bencil, ácido mandelico, entre otros (Saux et al., 2012).

Flexol A 26

El Flexol A26 o también conocido por su fórmula bis (2-etilhexilo), es un di éster que se genera por la interacción del ácido adípico con 2-etilhexan-1-ol. Este químico tiene mucha utilidad en la producción de polímeros. En la industria el Flexol A 26 es utilizado como adhesivo, sellador químico, agente de acabado, aditivo lubricante, plastificante, ingrediente en pinturas, entre otros (EPA, s. f.)

4.3. Posibles efectos de los CEs identificados

Debido a que no se logró cuantificar la concentración de ningún Ce, no es posible realizar el cálculo del riesgo coeficiente (RQ) para estimar el riesgo que representan para el medio ambiente.

En un estudio desarrollado por Zajko & College. (2018), se investigó a los impactos que pueda ocasionar el benzaldehído que se encuentran presentes en los cigarrillos electrónicos. Para esta investigación se utilizó a *Daphnia magna* para conocer si esta sustancia afecta a su crecimiento y desarrollo, se utilizó una concentración de 5 µg/ml.

Los resultados mostraron que este aldehído aromático en esta concentración aumenta el crecimiento de *Daphnia magna* en comparación con el crecimiento que tuvieron los individuos del grupo de control, pero a una concentración de 50 µg/mL ya le provoca la muerte a *Daphnia magna* (Zajko & College, 2018).

De acuerdo con estudios se conoce que el Flexol A 26 es altamente toxico en *D. magna,* con una mortalidad del 50% en concentraciones de 1 mg/l, mientras que la concentración aceptable en esta especie fue de 0.024-0.052 mg/l (EPA, s. f.).

5. Capítulo V: Discusión

En la gran mayoría de países los CEs no son regulados por entes gubernamentales, por consiguiente, en base a investigaciones se evalúa la presencia y los potenciales efectos que podrían ocasionar sobre la salud humana y ecosistemas, de esta manera, si se identifican a CEs que generen impactos negativos, estos pueden llegar a ser regulados y controlados en sus descargas o liberación en el ambiente (Peñate et al., 2009).

Gil et al. (2012) manifiestan que los CEs abarcan una gran variedad de sustancias químicas que están agrupadas en función a su utilidad, por lo cual existen: productos de cuidado personal, aditivos industriales, plastificantes, productos farmacéuticos y agentes tensos activos.

El Grupo de CE que más está generando preocupación en la actualidad son los productos farmacéuticos, porque estos pueden ser transportados por distintos medios como sedimentos, suelo, agua y aire, dependiendo de las características del fármaco y del medio (Vicentin et al., 2021).

Los productos farmacéuticos están desarrollados para cumplir una acción específica en su receptor ya sea en animales como en seres humanos, estos productos químicos también poseen en sus características de acción efectos secundarios que no son deseables, Una vez que los fármacos llegan a un ecosistema pueden afectar a individuos y causarles afectaciones muchas veces mortales (Vicentin et al., 2021).

Algunos fármacos cuando entran a un ecosistema no se metabolizan y tampoco se degradan, lo cual pueden generar bioacumulación o biomagnificación en cadenas tróficas, resistencia en individuos de tratamientos farmacológicos para contrarrestar a virus y bacterias, enfermedades en especies y mutaciones (Vicentin et al., 2021).

La ausencia de CEs en especial al grupo de los fármacos, se puede deber a varios factores, como las restricciones de las playas a causa del COVID-19, cobertura y uso de tierra de los lugares de muestreo y la disposición final de las aguas residuales generadas en estos sectores.

Según lo determinado por Tejada et al. (2014), una de las principales vías para el ingreso de analitos de CEs en el agua superficial, son las excreciones directas mediante la orina y heces de los usuarios de las playas. La toma de muestras del presente estudio se realizó entre el 5 y 13 de noviembre del año 2020, en esas fechas en la provincia de Esmeraldas había restricción vehicular y cierres de playas.

El número de usuarios presentes en las playas durante la toma de muestras de agua fue muy bajo, en la Playa Las Palmas y Portete se registraron las mayores incidencias de bañistas con 10 y 4 usuarios respectivamente **(*Anexo 2*)**, mientras que antes del COVID – 19 en la Playa Las Palmas el 3 de noviembre del año 2019 se registraron alrededor de 1000 usuarios y en Portete el 2 de noviembre del mismo año se contabilizó una cifra cercana a 30 personas **(*Anexo 1*).** Esto deja en evidencia que es probable que las restricciones por el COVID – 19 hayan influido en la baja concentración de los CEs detectados en este estudio.

En el análisis de la cobertura y uso de suelo de los lugares de muestreo en un radio de 2 kilómetros se logró determinar que de 14 playas 11 de ellas tienen de dominancia el uso para tierras agropecuarias, mientras que las 3 restantes tienen más presencia de zonas antrópicas. Esto puede tener incidencia en los resultados del estudio porque en el análisis de las muestras tomadas, se centraron en la detección de analitos relacionados a productos farmacéuticos, más no en la detección de sustancias relacionadas a las actividades cercanas a la agricultura que es el uso de tierra que tiene mayor ocupación en esos territorios.

Como lo señala Kaplan (2013) en una revisión bibliográfica sobre investigaciones de CEs, la gran mayoría de estudios establece a los puntos de muestreo en base a lugares donde haya certeza de que se realizan descargas de aguas residuales provenientes de hogares, industrias, hospitales o descargas de aguas a fuentes hídricas provenientes de PTAR.

Tejada et al. (2014) manifiestan que una de las vías de acceso de los CEs a los cuerpos de agua es mediante las descargas de las aguas residuales provenientes de hogares, industrias u hospitales. En el caso de la provincia de Esmeraldas, según datos del INEC (2010) apenas el 30.72% de los hogares esmeraldeños están adheridos a un sistema de eliminación de aguas servidas, mientras que el 51.48% eliminan las aguas residuales de las viviendas mediante la utilización de pozos sépticos.

El sistema de alcantarillado se centra en las zonas urbanas con un 28.49%, mientras que en las zonas rurales predomina la utilización de pozos sépticos. A nivel de catones el acceso a la red pública de alcantarillado por debajo del Cantón Esmeraldas es muy bajo el porcentaje de hogares que cuentan con este servicio, en el caso de Muisne es el 6.26%, Eloy Alfaro con el 3.07% y Río Verde con el 1.78% (INEC, 2010).

Considerando que la mayoría de las viviendas a nivel provincial utilizan pozos sépticos para eliminar sus aguas residuales y que además a nivel de los cantones el porcentaje de hogares con acceso al servicio de alcantarillado (excepto el cantón Esmeraldas) es inferior a 7%, esto deja en evidencia que es muy poco probable que haya la presencia de aguas residuales en las playas donde fueron tomadas las muestras de agua para la identificación de los CEs, por consiguiente, la vía más probable de ingreso de los CEs (en especial los fármacos) al agua superficial podría ser los usuarios de las playas.

La principal problemática con los CEs es que no requieren de una alta incidencia en el ambiente para generar impactos negativos, esto se debe a que la probable transformación o supresión de estos compuestos es equilibrada con el ingreso de estos contaminantes al ambiente debido a la alta oferta y demanda en la vida cotidiana. Por este motivo es necesario conocer los CEs que puedan generar bioacumulación o biomagnificación (Peñate et al., 2009).

Beek et al. (1994), Realizaron una propuesta para la clasificación de la bioacumulación y lo denominó factor de bioacumulación (BCF), que es aplicado por la EPA hasta la actualidad. Se encuentra categorizado en bajo, moderado y alto, en función de característica a ser bioacumulables. Esta clasificación permite conocer más sobre la complejidad de los procesos de bioacumulación y de cómo se podría desarrollar la biomagnificación en cadenas tróficas.

De las sustancias que tuvieron un límite de cuantificación en el presente estudio según lo determinado por Beek et al. (1994), el BCF para acetaminofén, diclofenaco, ibuprofeno, nicotina, trimetroprim, benzaldehído y flexol a 26 es considerado bajo, pero para el triclosán y estradiol es moderado y alto respectivamente, ambos fármacos pueden generar bioacumulación en los organismos si no son correctamente metabolizados.

No existen estudios acerca de la afectación que podrían provocar los CEs en aguas superficiales en una cadena trófica, como lo ha señalado Peng y Luo (2013), por lo cual la información que está disponible relacionada a los CEs y las afectaciones que pueden causar en el medio ambiente son estimaciones aritméticas para determinar el riesgo ambiental de un determinado CE e investigaciones sobre la afectación a determinadas sustancias sensibles a la contaminación.

6. Capítulo VI: Conclusiones

Esmeraldas, Atacames, y Tonsupa tienen el uso de tierra de mayor ocupación; se destinado para zona antrópica un rango que oscila entre 54.2% hasta 65.4%, mientras que en los demás lugares de muestreo el uso de suelo destinado para la agricultura es el que tiene mayor uso con un rango del 49.8 al 97.7%.

Se obtuvo un límite de cuantificación para 7 fármacos y 2 sustancias adicionales, lo cual no asegura la presencia de esas sustancias en las muestras. Por tal motivo no se logró cuantificar ningún CE y se asume que el riesgo ambiental es bajo.

La ausencia de CEs identificados podría deberse a factores como la restricción del COVID-19, la cobertura y uso de suelo de los lugares de muestreo y el destino final de las aguas residuales.

7. Capítulo VII: Recomendaciones

Es necesario la creación de un protocolo para establecer como se deben tomar las muestras de agua, de esta manera se evitará que sean contaminadas por quienes las tomen, además si se quiere identificar la presencia de los CEs que genera una determinada población se deben establecer los puntos de muestreo en base a la presencia y certeza de la existencia de tuberías que hagan la descarga de sus aguas residuales en afluentes o en el mar, caso contrario la dispersión o degradación de los contaminantes influirá mucho en las concentraciones de las sustancias que se identifiquen.

En la actualidad existen innumerables investigaciones publicadas sobre la toxicidad aguda que puedan generar los fármacos en organismos acuáticos, pero esta información no es suficiente para establecer el riesgo ambiental que ocasionan los medicamentos. Se necesitan realizar estudios sobre la toxicidad crónica, conocer los volúmenes de venta, metabolismo, biodegradación y la capacidad de los fármacos para adherirse a los lodos, de esta manera se podrá tener una mejor idea de la eco toxicidad que generan los productos farmacéuticos en los medios acuáticos.

Con respecto al análisis de los CEs es necesario utilizar y optimizar métodos muy sensibles y selectivos, debido a que es muy probable que las sustancias identificadas se encuentren a nivel traza, por tal razón a través del análisis CL-MS es posible llegar a límites de detección y cuantificación más bajos.

8. Referencias

Beek, B., Böhling, S., Bruckmann, U., Franke, C., Jöhncke, U., & Studinger, G. (1994). The Assessment of Bioaccumulation. *Bioaccumulation – New Aspects and Developments*, *29*(7), 235–276. https://doi.org/10.1007/10503050_4

Buerge, I. J., Kahle, M., Buser, H. R., Müller, M. D., & Poiger, T. (2008). Nicotine derivatives in wastewater and surface waters: Application as chemical markers for domestic wastewater. *Environmental Science and Technology*, *42*(17), 6354–6360. https://doi.org/10.1021/es800455q

Castro, L., Medina, M., López, M., & Torres, B. (2015). Ecofarmacovigilancia en México: perspectivas para su implementación. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, *46*(3), 16–40.

Cheung, P. C., Chun, Y. K., Jin, L., Zhou, B., Murphy, M. B., Wei, S., … Jiao, L. (2013). Pharmaceuticals in Tap Water: Human Health Risk Assessment and Proposed Monitoring Framework in China. *Environmental Health Perspectives*, *121*(7), 839–846. https://doi.org/10.1289/ehp.1206244

COMMUNITIES, C. O. T. E. (s. f.). *Methods for determination of ecotoxici- ty; Annex V, C.20, Daphnia magna reproduction test.*

De Leon, I. R., Byrne, C. J., Peuler, E. A., Antoine, S. R., Schaeffer, J., & Murphy, R. C. (1986). Trace organic and heavy metal pollutants in the Mississippi River. *Chemosphere*, *15*(6), 795–805. https://doi.org/10.1016/0045-6535(86)90047-0

Deo, R. P. (2014). Pharmaceuticals in the Surface Water of the USA: A Review. *Current environmental health reports*, *1*(2), 113–122. https://doi.org/10.1007/s40572-014-0015-y

El Paìs. (2013, marzo 20). *Un estudio detecta 15 tipos de fármacos en aguas del marjal de Pego-Oliva*. Recuperado de https://elpais.com/ccaa/2013/03/20/valencia/1363778778_678414.html

Elorriaga, Y., Marino, D., Carriquiriborde, P., & Ronco, A. (2012). *Contaminantes emergentes: productos farmacéuticos en el medio ambiente*. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26491/39-CONTAMINANTES+EMERGENTES.pdf;jsessionid=7C4E29EB00AC6AF6112B22B4680BBC10?sequence=1

EPA. (s. f.). *Chemical Data Reporting under the Toxic Substances Control Act*. Recuperado de https://www.epa.gov/chemical-data-reporting

Ferreira, A. (2014). Environmental Investigation of Psychiatric Pharmaceuticals: Guandu River, Rio De Janeiro State, Southeast Brazil. *Journal of Chemical Health Risks*, *4*, 25–32.

Fontela, M., Galceran, M., & Ventura, F. (2007). *Ultraperformance liquid chromatography− tandem mass spectrometry analysis of stimulatory drugs of abuse in wastewater and surface waters*. *79*(10), 3821–3829.

GADPE. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Esmeraldas 2015-2025*. 248.

Galus, M., Kirischian, N., Higgins, S., Purdy, J., Chow, J., Rangaranjan, S., … Wilson, J. Y. (2013). Chronic, low concentration exposure to pharmaceuticals impacts multiple organ systems in zebrafish. *Aquatic Toxicology*, *132–133*, 200–211. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.12.021

Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., van der Ploeg, M., … Ritsema, C. J. (2015). Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. *International Soil and Water Conservation Research*, *3*(1), 57–65. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.03.002

Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutierrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, *7*, 52–73. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf

Han, S., Choi, K., Kim, J., Ji, K., Kim, S., Ahn, B., … Giesy, J. P. (2010). Endocrine disruption and consequences of chronic exposure to ibuprofen in Japanese medaka (Oryzias latipes) and freshwater cladocerans Daphnia magna and Moina macrocopa. *Aquatic Toxicology*, *98*(3), 256–264. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.02.013

Helen, C., Poyton, D., Chris, D., & Vulpe. (2009). Ecotoxicogenomics: Emerging technologies for emerging contaminants. *JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION*, *45*.

Hernando, M. D., Mezcua, M., Fernández-Alba, A. R., & Barceló, D. (2006). Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments. *Talanta*, *69*(2 SPEC. ISS.), 334–342. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2005.09.037

Hugo, V., Zacarías, R., Alicia, M., Machuca, V., Luis, J., Soto, M., … González, J. V. (s. f.). *Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas residuales urbano industriales de Morelia, Michoacán, México*. https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.04

INEC. (2010). *Censo de población y vivienda*. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/

Jiménez, C. (2011). Contaminantes orgánicos emergentes en el ambiente: Productos farmaceuticos. *Revista Lasallista de Investigacion*, *8*(2), 143–153.

Johnson, G. R., & Anderson, L. A. (1981). *Summary of geochemical coastal zone research of the Southeastern, United States*. 81–669.

Kaplan, S. (2013). Review: Pharmacological pollution in water. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *43*(10), 1074–1116. https://doi.org/10.1080/10934529.2011.627036

Kolpin, D. W., Furlong, E. T., Meyer, M. T., Thurman, E. M., Zaugg, S. D., Barber, L. B., & Buxton, H. T. (2002). Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000: A national

reconnaissance. *Environmental Science and Technology*, *36*(6), 1202–1211. https://doi.org/10.1021/es011055j

Kümmerer, K. (2011). *Emerging Contaminants in Treatise*. 69–87.

Ley orgánica de recursos hídricos, usos. (2015). 1–23.

Marín Galvín, R. (2017). Contaminación emergente: sustancias prioritarias y preferentes, productos farmacéuticos, drogas de abuso, disruptores endocrinos, microplásticos y patógenos emergentes. *sustancias prioritarias y preferentes, productos farmacéuticos, drogas de abuso, disruptores endocrinos, microplásticos y patógenos emergentes*, pp. 66–77. Recuperado de https://www.tecnoaqua.es/media/uploads/noticias/documentos/articulo-tecnico-contaminacion-emergente-tecnoaqua-es.pdf

Ministerio del Ambiente. (2007). *Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos*.

Muñoz, I., Gómez-Ramos, M. J., Agüera, A., Fernández-Alba, A. R., García-Reyes, J. F., & Molina-Díaz, A. (2009). Chemical evaluation of contaminants in wastewater effluents and the environmental risk of reusing effluents in agriculture. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, *28*(6), 676–694. https://doi.org/10.1016/j.trac.2009.03.007

Murray, K. E., Thomas, S. M., & Bodour, A. A. (2010). Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment. *Environmental Pollution*, *158*(12), 3462–3471. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.08.009

Narvaez, J., & Jimenez, C. (2012). Pharmaceutical products in the environment: sources, effects and risks. En *Vitae* (Vol. 19). Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042012000100010&lang=es

Peñate, Q., Haza, J., Javier, U., Peñate, I. Q., Javier, U., Haza, J., … Delmas, H. (2009). Contaminación de las aguas con productos farmaceuticos. Estrategias para enfrentar la problemática. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, *40*(3), 173–179.

Peng, Y., & Luo, Y. (2013). *Toxic effects of Triclosan on the detoxification system and breeding of Daphnia magna*. *8*, 1384–1394. https://doi.org/10.1007/s10646-013-1124-3

Pérez, N. (2009). *Nicotina y adicción, un enfoque molecular del tabaquismo.*

Petersen, F., Dabrowski, J., & Forbes, P. (2017). Identifying potential surface water sampling sites for emerging chemical pollutants in Gauteng Province, South Africa. *Water SA*, *43*(1), 153. https://doi.org/10.4314/wsa.v43i1.17

Petrovic, M., Eljarrat, E., Lopez De Alda, M. J., & Barceló, D. (2004). Endocrine disrupting compounds and other emerging contaminants in the environment: A survey on new monitoring strategies and occurrence data. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *378*(3), 549–562. https://doi.org/10.1007/s00216-003-2184-7

Pinzón, A. (2013). *¡Trimetropin!* (Vol. 38).

Ramos Alvariño, C. (2006). Los residuos en la industria farmacéutica. *Revista CENIC Ciencias Biologicas*, *37*(1), 25–31.

Reinoso, C., Yamilet, C., Delgado, S., Fernando, D., & Cobos, O. (2017). *Contaminantes emergentes y su impacto en la salud*. 55–59.

Republica del Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial*, (20 de Octubre), 173. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Rosales, R. (2017). *Contaminantes emergentes* (UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO). https://doi.org/0370694X

Sanz, M. (2017). *Contaminantes emergentes y cadena alimentaria. Productos farmaceuticos, de cuidado personal y drogas de abuso*. Recuperado de http://www.academiadefarmaciadearagon.es/docs/Documentos/Documento98.pdf

Saux, C., Leal, C., & Pierella, L. (2012). Síntesis Selectiva De Benzaldehído Usando Zeolitas Modificadas Con Metales De Transición. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, *3*(2), 57–66.

Schultz, M. M., & Furlong, E. T. (2008). Trace Analysis of Antidepressant Pharmaceuticals and Their Select Degradates in Aquatic Matrixes by LC/ESI/MS/MS. *Analytical Chemistry*, *80*(5), 1756–1762. https://doi.org/10.1021/ac702154e

Schwaiger, J., Ferling, H., Mallow, U., Wintermayr, H., & Negele, R. D. (2004). *Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac Part I : histopathological alterations and bioaccumulation in rainbow trout*. *68*, 141–150. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2004.03.014

Sharma, B. M., Bečanová, J., Scheringer, M., Sharma, A., Bharat, G. K., Whitehead, P. G., … Nizzetto, L. (2019). Health and ecological risk assessment of emerging contaminants (pharmaceuticals, personal care products, and artificial sweeteners) in surface and groundwater (drinking water) in the Ganges River Basin, India. *Science of the Total Environment*, *646*, 1459–1467. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.235

Stuart, M., Lapworth, D., Crane, E., & Hart, A. (2012). Review of risk from potential emerging contaminants in UK groundwater. *Science of The Total Environment*, *416*, 1–21. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.11.072

Tejada, C., Quiñonez, E., & Peña, M. (2014). *Contaminantes emergentes en aguas: Metabolitos de farmacos. Una revision*. *10*(1), 80–101.

Terzić, S., Senta, I., Ahel, M., Gros, M., Petrović, M., Barcelo, D., … Jabučar, D. (2008). Occurrence and fate of emerging wastewater contaminants in Western Balkan Region. *Science of The Total Environment*, *399*(1–3), 66–77. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.003

Triebskorn, R., Casper, H., Scheil, V., & Schwaiger, J. (2007). Ultrastructural effects of pharmaceuticals (carbamazepine, clofibric acid, metoprolol, diclofenac) in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) and common carp

(Cyprinus carpio). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *387*(4), 1405–1416. https://doi.org/10.1007/s00216-006-1033-x

UNESCO. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017.Aguas Residuales.El recurso desaprovechado. En *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*.

Vanderford, B. J., & Snyder, S. A. (2006). Analysis of pharmaceuticals in water by isotope dilution liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Environmental Science and Technology*, *40*(23), 7312–7320. https://doi.org/10.1021/es0613198

Vicentin, E., Ferreirós Gago, L., & Magnatti, C. (2021). Farmacontaminación El lado B de los medicamentos. *Rev. argent. salud publica*, 1–7.

Villa, H. D. (2012). *Presencia De Contaminantes Emergentes En Aguas Y SU IMPACTO EN EL ECOSISTEMA. ESTUDIO DE CASO: PRODUCTOS FARMACÉUTICOS EN LA CUENCA DEL RIO BIOBÍO, REGION DEL BIOBÍO, CHILE*. 223.

Voloshenko-Rossin, A., Gasser, G., Cohen, K., Gun, J., Cumbal-Flores, L., Parra-Morales, W., … Lev, O. (2014). Environmental Science Processes & Impacts rsc.li/process-impacts Emerging pollutants in the Esmeraldas watershed in Ecuador: discharge and attenuation of emerging organic pollutants along the San Pedro-Guayllabamba-Esmeraldas rivers †. *Environmental Science: Processes & Impacts*, *17*. https://doi.org/10.1039/c4em00394b

Wu, C., Witter, J. D., Spongberg, A. L., & Czajkowski, K. P. (2009). Occurrence of selected pharmaceuticals in an agricultural landscape, western Lake Erie basin. *Water Research*, *43*(14), 3407–3416. https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.05.014

Zajko, A., & College, A. (2018). *The Effects of Benzaldehyde on Daphnia magna*. Recuperado de https://oldsite.annamaria.edu/honors-program/honors-thesis/fall-2018/499-the-effects-of-benzaldehyde-on-daphnia-magna-by-alexandra-zajko/file

Zaroogian, G., Gardner, G., Borsay Horowitz, D., Gutjahr-Gobell, R., Haebler, R., & Mills, L. (2001). Effect of 17β-estradiol, o, p′-DDT, octylphenol and p, p′-DDE on gonadal development and liver and kidney pathology in juvenile male summer flounder (Paralichthys dentatus). *Aquatic Toxicology*, *54*(1–2), 101–112. https://doi.org/10.1016/S0166-445X(00)00177-6

Zuñiga, I., & Lozano, J. (2017). Controversia por el uso de triclosán en los productos antibacteriales de uso común. *Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica*, *30*(3), 93–96. Recuperado de https://www.medigraphic.com/pdfs/infectologia/lip-2017/lip173b.pdf

Anexos

Anexo 1 *Registro de muestreos del 2019*

FECHA	HORA	ESTACIÓN	PERSONAS EN EL AGUA	PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS					
				Ph	Salinidad	Turbidez	Temp (°C)	OXI (mg/l)	OXI (%)
01/11/2019	13:12	Playa las Peñas	25	8.03	24.2	40	28.5	6.6	82
01/11/2019	15:24	Playa de África	0	8.03	19	22	28.5	6.5	81
01/11/2019	16:29	Playa de Pafuí	7	8	24.3	81	28.5	6.98	80
02/11/2019	18:10	Playa Tonchigue	0	8	37.1	26	27.1	8.22	104.5
02/11/2019	16:43	Estero de Plátano	3	8	36.1	9	27.5	8.15	104.2
02/11/2019	11:11	Playa Muisne	0	7.7	37	1	26.3	8.12	101.4
02/11/2019	13:30	Playa Mompiche	20	7.7	35.8	0	28.4	7.84	101.9
02/11/2019	13:00	Playa Portete	30	7.8	36.2	0	28	7.93	102.5
02/11/2019	17:16	Playa Galera	3	8.1	36.3	8	29	8.08	106.2
03/11/2019	15:50	Playa Las Palmas	1000	8	25	25	29	7.68	103.2
03/11/2019	12:12	Playa Tonsupa	1000	8	25.4	8	29.7	7.88	105.7
03/11/2019	11:33	Playa Atacames	1000	8	25.5	5	29.2	7.9	104.7
03/11/2019	10:30	Playa Súa	5	8	25.9	12	29.1	7.49	98.2
03/11/2019	9:15	Playa Same	0	7.9	27.1	2	27.4	8.1	103.2

Anexo 2 *Registro de muestreos del 2020*

FECHA	HORA	ESTACIÓN	PERSONAS EN EL AGUA	PARAMETROS-FISICOS-Y-QUIMICOS					
				pH	Salinidad	Turbidez	Temp (°C)	OXI-(mg/l)	OXI-(%)
5/11/2020	12:56	Las-Peñas	2	7.84	28.8	64	30.8	7.51	101.7
5/11/2020	15:24	Playa-de-África	0	7.91	29.7	75	28.6	7.9	103
5/11/2020	16:47	Playa-de-Paufí	0	7.77	22.6	127	28.1	7.92	102.6
13/11/2020	10:20	Las-Palmas	10	8.08	-	18	28.8	-	-
9/11/2020	13:16	Playa-Tonsupa	-	8	21.42	19	27	8.32	105.2
11/11/2020	17:30	Playa-Atacames		8.12	-	5	26.7	-	-
9/11/2020	12:02	Playa-Súa	1	8.01	-	11	27.5	8.26	105.2
9/11/2020	11:28	Playa-Same-	0	8.05	-	16	25.9	8.41	106,0
9/11/2020	11:08	Playa-Tonchigüe	0	7.93	-	58	27.4	8.17	103.9
9/11/2020	9:35	Estero-de-Plátano		7.99	16.1	0	27.7	7.97	102.8
11/11/2020	14:00	Playa-Muisne		7.98	-	0	28.2	-	-
11/11/2020	11:06	Mompiche	0	7.91	-	6		-	-
11/11/2020	10:43	Portete	4	7.91	-	7	28.5	8.44	109.3
9/11/2020	10:18	Playa-Galera	0	7.91	-	10	29.4	7.78	102.42

Anexo 3 *Compuestos volátiles identificados a partir del cromatográma y de los espectros de masas correspondientes.*

Compuesto identificado	Tiempo de retención (min)	Factor de identificación (%)
Triclosán	22.595	97.60%
Trimetroprim	30.872	96.20%
Ibuprofen	12.234	93%
Diclofenaco sódico	24.417	90%
Nicotina	9.842	81%
Acetaminofen	14.614	75.50%
Estradiol	31.645	66%