

**VARIABILIDAD DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN EL RÍO CESAR DEL
ÁREA DE INFLUENCIA DE STAR DEL MUNICIPIO DE LA PAZ CESAR.**



ANDREA CAROLINA CONTRERAS PEDRAZA

GLORIA MARCELA GONZÁLEZ VILLAFANEZ

DIRECTOR:

YIM JAMES RODRÍGUEZ DÍAZ

Ing. Ambiental y sanitario

MSc. En ingeniería ambiental

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR-CESAR

2021



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

**VARIABILIDAD DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN EL RÍO CESAR DEL ÁREA
DE INFLUENCIA DE STAR DEL MUNICIPIO DE LA PAZ CESAR.**

ANDREA CAROLINA CONTRERAS PEDRAZA:

C.C. 1065847629

GLORIA MARCELA GONZÁLEZ VILLAFANEZ:

C.C. 1065838801

**PROYECTO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

DIRECTOR:

YIM JAMES RODRÍGUEZ DÍAZ

Ing. Ambiental y sanitario

MSc. En ingeniería ambiental

Asesor 1:

MANUEL MORIMON

Químico

Asesor 2:

OSCAR BELEÑO

Ing. Ambiental y sanitario

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR-CESAR

2021

AGRADECIMIENTOS

A mi director de proyecto, el ingeniero Yim James Rodríguez Díaz sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no hubiese culminado de esta manera, sus consejos y regaños fueron muy útiles para poder escribir y avanzar con el desarrollo del presente trabajo. A mi padre, Nazario Contreras Ruíz, quien con dedicación y esfuerzo pagó mis estudios y me ayudó a seguir. A mi familia por el apoyo brindado, en especial a mi hermana Betsi Marelis Contreras, quien me ayudó en el transcurso del proyecto. A mi amiga Mary Perdomo por ayudarme en los laboratorios cuando sentía que no podía. Este proyecto quiero dedicarlo a mi abuelo Euclides Rafael Pedraza, quien ya no está, pero desde el cielo siento su orgullo por este logro, gracias.

- Andrea Contreras Pedraza

A mi tía Gloria Martínez Calderón quien me enseñó que todo puede ser logrado a través de la disciplina, la perseverancia y el amor. A Yim Rodríguez Díaz por guiarnos y apoyarnos durante la realización de este proyecto.

- Gloria González Villafañez

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
3. JUSTIFICACIÓN	13
4. OBJETIVOS	15
4.1. OBJETIVO GENERAL	15
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
5. MARCO REFERENCIAL	16
5.1. ANTECEDENTES	16
5.2. MARCO TEÓRICO	19
5.2.1. Agua cruda	19
5.2.2. Sistemas Lóticos	19
5.2.3. Características de los Sistemas Lóticos.....	21
5.2.4. Ríos	21
5.2.5. Río Cesar	22
5.2.6. Contaminación de los Sistemas Lóticos	23
5.2.7. Contaminantes Emergentes	26
5.2.8. Técnicas instrumentales para su Identificación y Cuantificación.....	31
5.2.9. Análisis de regresión lineal	32
5.3. MARCO CONCEPTUAL	33
5.4. MARCO CONTEXTUAL	42
5.4.1. Generalidades	42
5.4.2. Contexto	42
5.4.3. Sistema de tratamiento de agua residual del municipio de La Paz	44
5.5. MARCO LEGAL.....	46
6. MARCO METODOLÓGICO	48
6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	48
6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	48

6.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	49
6.4.	POBLACIÓN DE ESTUDIO	49
6.5.	MUESTRA POBLACIONAL	49
6.6.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	50
6.6.1.	Etapa 1: <i>Identificación de la presencia de Bisfenol A, Ibuprofeno, eritromicina, etinilestradiol, progesterona, Gemfibrozil, cafeína, Triclosán y Carbamazepina antes, durante y después del vertimiento de aguas residuales de STAR del municipio de La Paz, Cesar por medio de cromatografía líquida.</i>	50
6.6.2.	Etapa 2: <i>Establecimiento de las correlaciones entre las concentraciones de contaminantes emergentes y los parámetros físicos y químicos de cada punto de análisis del sistema lótico.</i>	51
6.6.3.	Etapa 3: <i>Determinar la influencia de las características hidrográficas del río Cesar en los puntos de análisis con respecto a las concentraciones de contaminantes emergentes para la prospectiva causa-efecto y posibles soluciones.</i>	53
6.7.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
7.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	55
8.	CONCLUSIÓN.....	79
9.	RECOMENDACIONES.....	82
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
11.	ANEXOS.....	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clases de contaminantes emergentes.	27
Tabla 2. Normatividad colombiana referente a las aguas residuales.	46
Tabla 3. Valores de contaminantes emergentes encontrados	55
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos comparados con la normativa correspondiente en las Temporada Lluviosa y Seca.	59
Tabla 5. Características de las secciones de aforo en las temporadas de muestreo.	65
Tabla 6. Matriz de coeficientes de correlación de Pearson correspondiente a la temporada de Lluviosa realizada en el software XLstat	69
Tabla 7. Matriz de coeficientes de correlación de Pearson correspondiente a la temporada de Seca realizada en el software XLstat	70
Tabla 8. Resumen de datos para cálculo de caudal (Q) Temporada Lluviosa.	942
Tabla 9. Resumen de datos para el cálculo de caudal (Q) Temporada Sequía	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sección transversal de un río y sus unidades morfológicas asociadas.....	20
Figura 2. Sección río Cesar a la altura del puente Salguero, entre La Paz y Valledupar.	24
Figura 3. Ciclo Hidrológico de los antibióticos.....	29
Figura 4. Localización general de la subcuenca del río Chiriaimo.	44
Figura 5. Área de influencia STAR del municipio de la paz, Cesar.....	45
Figura 6. Valores de contaminantes encontrados.	59
Figura 7. Linealidad y límites de detección y cuantificación de los contaminantes emergentes.	72
Figura 8. Características hidrográficas del río Guatapurí en la subcuenca “Guatapurí bajo”.	75
Figura 9. Sección transversal del río en E1 (Antes del vertimiento) durante la Temporada Lluviosa	97
Figura 10. Sección transversal del río en E3 (Después del vertimiento) durante la Temporada Lluviosa.....	98
Figura 11. Sección transversal del río en E1 (Antes del vertimiento) durante la Temporada seca.....	99
Figura 12. Sección transversal del río en E3 (Después del vertimiento) durante la Temporada seca.	100
Figura 13. Regresión lineal entre los sólidos sedimentables y la cafeína.	101

Figura 14. Regresión lineal entre Triclosán y Progesterona	102
Figura 15. Regresión lineal entre Triclosán y BPA	103
Figura 16. Regresión lineal entre BPA y Progesterona.	104
Figura 17. Regresión lineal entre Temperatura y sólidos suspendidos.....	105
Figura 18. Regresión lineal entre Turbiedad y Dureza total.....	106
Figura 19. Regresión lineal entre Sólidos sedimentables y Triclosán.	107
Figura 20. Regresión lineal entre Sólidos suspendidos total y Sólidos suspendidos volátiles	108
Figura 21. Regresión lineal entre Carbamazepina y Triclosán	109
Figura 22. Regresión lineal entre Carbamazepina y Cafeína	110
Figura 23. Regresión lineal entre Carbamazepina y Gemfibrozilo	111
Figura 24. Regresión lineal entre Carbamazepina e Ibuprofeno.....	112
Figura 25. Regresión lineal entre Triclosán y cafeína.	113
Figura 26. Regresión lineal entre Cafeína y Gemfibrozilo.	114
Figura 27. Regresión lineal entre Cafeína e Ibuprofeno.....	115
Figura 28. Regresión lineal entre Gemfibrozilo e Ibuprofeno.....	116
figura 29. Regresión lineal entre Ibuprofeno y BPA.....	118

1. INTRODUCCIÓN

El progreso de la ciencia y la tecnología han permitido la síntesis de diversas sustancias que pueden compensar necesidades en la industria, el comercio, la agricultura, la alimentación y la medicina. Estas sustancias caracterizadas por una alta persistencia y un bajo nivel de degradación en los ecosistemas y utilizadas como aditivos industriales, plastificantes, pesticidas, reactivos, tensoactivos y fármacos, son denominadas contaminantes emergentes debido a no estar reguladas y representar un peligro potencial para la salud y el medio ambiente (Salazar, 2016).

La irrupción de los Contaminantes Emergentes (CE's) en las aguas superficiales se da a través de vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y hospitalarias, también por actividades de ganadería y agricultura (Gil et al. 2012). La contaminación de las aguas superficiales constituye un peligro para los ecosistemas acuáticos, afectando los hábitats y la biodiversidad de las especies que se encuentran allí, lo cual hace necesario evaluar la variabilidad de los CE's (Galvañ, 2016).

El río Cesar es una fuente hídrica donde se efectúan diversas actividades económicas significativas en el departamento del Cesar, como la agronomía, la pesca, la explotación de arrastre y la ganadería, desempeñando un papel importante para el desarrollo de los municipios que se abastecen de él. Este río es receptor de las aguas residuales del municipio de La Paz, Cesar, lo que representa un foco de contaminación (Guzmán, 2013).

Esta investigación tiene como objetivo Analizar la variabilidad de CE's por medio de cromatografía líquida en el área de influencia de la cuenca media del río Cesar, para la determinación de correlaciones entre las concentraciones de

los contaminantes emergentes y las características fisicoquímicas relacionadas con el vertimiento puntual del sistema de tratamiento de agua residual del municipio de La Paz, Cesar y el grado de influencia de las características hidrológicas en los puntos de estudio.

Los CE's identificados a través de la cromatografía líquida fueron ibuprofeno, Etinilestradiol, Eritromicina, bis-fenol a, progesterona, Gemfibrozil, cafeína, Tricotan y Carbamazepina. Se realizaron a su vez mediciones de parámetros físico-químicos (pH, turbidez, temperatura, DQO, alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, cloruros, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos fijos y sólidos volátiles) que permitieron establecer una correlación con los contaminantes emergentes detectados en el área del vertimiento de las aguas residuales.

Finalmente, mediante análisis se determinó la influencia de las características Hidrográficas del río Cesar bajo los lineamientos de la guía POMCA en los puntos de análisis con respecto a las concentraciones de contaminantes emergentes determinando la causa-efecto.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación en el agua se deriva de la inserción de cualquier sustancia, en dosis que excedan los niveles de autodepuración de la naturaleza y que a su vez causen efectos nocivos para esta. Entre los diferentes tipos de contaminantes se encuentran los contaminantes emergentes, los cuales se especifican como compuestos químicos frecuentes en el medio ambiente, cuya presencia y vertido en las aguas, así como su trascendencia y toxicidad, están siendo evaluados recientemente, puesto que no están regulados, como son los fármacos, productos de cuidado personal, tensoactivos, aditivos y agentes industriales, edulcorantes y drogas de abuso (Arbeláez, 2015).

Las aguas residuales son la principal fuente de entrada de estos compuestos al medio ambiente acuático, se destaca el papel de otras fuentes precursoras como la agricultura y la ganadería por contaminación difusa de pesticidas y antibióticos, respectivamente (Barceló, Los contaminantes emergentes: Descripción y tratamientos, 2014). Se incluyen también como fuentes potenciales de contaminantes emergentes los efluentes hospitalarios y los tanques sépticos, todas estas vías contienen contaminantes que se engendran a distintas concentraciones en aguas superficiales cuyos criterios ambientales no han podido identificarse y las plantas de tratamiento de aguas residuales no han sido diseñadas para eliminarlos. (Gil et al., 2012).

A causa de sus propiedades físico-químicas (alta solubilidad en agua y poco biodegradable) los contaminantes emergentes son capaces de arribar a cualquier medio, perjudicando a especies animales y representando un peligro para el agua potable y su consumo (Janssens, Tanghe, & Verstraete, 1997). Estos compuestos son también interruptores endocrinos lo que genera la suspensión de procesos

fisiológicos que controlan las hormonas, modificando comportamientos tanto en humanos como en otros organismos vivos. En organismos acuáticos alteran sus mecanismos de defensa, el estimulante de la glándula tiroides y desarrollo del folículo, al igual que su feminización y la afectación de los tejidos en bronquios y riñones (Aguilar, 2013).

A nivel nacional, Colombia está experimentando un apremiante crecimiento poblacional, aumentando la posibilidad de que se encuentren en el ecosistema acuático contaminantes emergentes, expulsados por el hombre a través de la orina, la excreta y el sudor, llevado por el sistema de alcantarillado a la planta de tratamiento de agua residual, que a su vez dispone sus vertimientos en los cuerpos de agua (Henriquez, 2012). El panorama en costa norte del país no es muy alentador, los deficientes tratamientos que se les hacen a las aguas residuales antes de hacer un vertimiento no son los óptimos para disminuir la carga contaminante que trae y uno de los ríos que sufre esta problemática es el río Cesar. Este hace un recorrido por once municipios, entre estos La Paz-Cesar un municipio que hace parte del área metropolitana de Valledupar, Cesar (Guzmán, 2013).

La paz cuenta con un sistema de alcantarillado con una cobertura del 90% en el municipio, vertiendo sus aguas residuales al río Cesar luego de ser procesadas en el STAR del municipio de La Paz, mediante una laguna de oxidación (Superservicios, 2017). El río se ha visto afectado en gran medida por los vertimientos de aguas residuales, proliferando la contaminación por agroquímicos (pesticidas y fertilizantes) debido a la actividad agrícola de municipios aledaños, lo que ha provocado el descenso de poblaciones de peces, especies faunísticas e incrementa la necesidad de tratamientos para que el agua sea apta para el consumo humano (Guzmán, 2013).

Por lo antes expuesto, en este contexto, se hace necesario el análisis de posibles contaminantes emergentes en el río cesar del área de influencia del STAR del municipio de La Paz Cesar.



CO-SC-CER518726



3. JUSTIFICACIÓN

El agua actualmente es un recurso muy escaso, no toda el agua del planeta es potable o al menos dulce, solo el 2.5% lo es y de este más del 90% se encuentra en glaciares, nieve, hielo, o son aguas subterráneas de difícil acceso. De este pequeño porcentaje, cerca del 1% del agua se usa para consumo humano y de los ecosistemas, siendo un recurso invaluable para la vida humana y el sostenimiento del medio ambiente, pero a consecuencia del descontrolado desarrollo humano, social y económico, además del mal uso que se les ha dado a los cuerpos de agua como sitio de vertido de aguas residuales y desechos en general, ha sufrido un deterioro preocupante (Centro Virtual de Información del Agua, 2017).

El río Cesar es la fuente de agua para varias actividades económicas importantes en la provincia de Cesar, como la agricultura, la pesca y la ganadería, desarrollando un papel importante en el progreso urbano que proporciona. Este río es receptor de aguas residuales en el municipio de La Paz, Cesar, fuente de contaminación (Guzmán, 2013). Se pretende demostrar que los tratamientos de aguas residuales utilizados para la remoción de contaminantes en el río Cesar no son eficientes al momento de eliminar los contaminantes emergentes, dando a conocer la presencia de estos en las aguas de estudio (Aguilar, 2013).

En cuanto a la existencia, impacto y tratamientos de contaminantes emergentes Son escasos los conocimientos que se tienen. Debido a esto no se cuenta con una legislación vigente, pero las autoridades ambientales podrían establecerla dependiendo de investigaciones y datos de monitoreo tomadas como base línea a esta nueva problemática (Montellano, Cortés Muñoz, García Figueroa, & Sánchez Guzmán, 2017).

De acuerdo a estos argumentos, se pretende con la investigación, generar información sobre el posible origen del impacto negativo de los contaminantes emergentes y que este estudio sea línea base para futuras investigaciones sobre contaminantes emergentes, cuyo desafío precede a los procesos regulativos, con el fin de garantizar la conservación de las cuencas hidrográficas y comprender los riesgos asociados a los estándares actuales de crecimiento poblacional y demanda de agua, que traen consecuencias para la salud del medio ambiente que nos rodea (Montagner, Vidal, & Acayaba, 2017).



CO-SC-CER518726



4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la variabilidad de contaminantes emergentes por medio de cromatografía líquida en el área de influencia de la cuenca media del río Cesar para la determinación de correlaciones entre las concentraciones de los contaminantes emergentes y las características fisicoquímicas relacionadas con el vertimiento puntual del sistema de tratamiento de agua residual del municipio de La Paz, Cesar y el grado de influencia de las características hidrológicas en los puntos de estudio.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1. Identificar la presencia de contaminantes emergentes antes, durante y después del vertimiento de aguas residuales de STAR del municipio de La Paz, Cesar mediante el proceso de cromatografía líquida.
- 4.2.2. Establecer correlaciones entre las concentraciones de los contaminantes emergentes y los parámetros físico-químicos de cada punto de análisis del sistema lotico utilizando el Software XLstat.
- 4.2.3. Determinar la influencia de las características Hidrográficas del río Cesar en los puntos de análisis con respecto a las concentraciones de contaminantes emergentes para la determinación causa-efecto.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. ANTECEDENTES

Robledo, et al., (2017) Desarrollaron la investigación “Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas residuales urbano industriales de Morelia, Michoacán, México” Con la finalidad de precisar las propiedades físicas y químicas e identificar y cuantificar los contaminantes emergentes en los influentes y efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Morelia, utilizando metodologías estandarizadas, espectrometría de masas e infrarrojas. Como resultado las propiedades físicas y químicas se encontraron dentro de los límites permisibles en la norma mexicana y los contaminantes emergentes determinados fueron: tetraciclina, dimetoxianfetamina, cefaclor, cefadroxilo, ampicilina, metadona, clonazepam, lormetazepam, secobarbital, polietilenglicol, maprotilina, levotiroxina, cis-androsterona, paracetamol, lidocaína, bromfeniramina, fexofenadina, amfetamina, morfina, benzoilecgonina y fenciclidina. La anterior investigación nos brinda bases en los análisis físicos y químicos de las aguas residuales y la determinación de contaminantes emergentes como antibióticos que tuvieron mayor relevancia.

Ordoñez & Aparicio, (2019) “Detección de antibióticos de uso animal y humano como contaminantes emergentes en los ríos del Distrito de Salud 07D04 (Ecuador) cantones Balsas, Marcabell y Piñas”. Tiene como objetivo evaluar la presencia de residuos antibióticos de uso animal y humano con el kit AuroFlow™ BTS Combo, usando bandas de detección, las cuales son fotografiadas en condiciones igualitarias para ser analizadas a través del programa R studio. Al analizar las 48 bandas en las muestras realizadas resultó positiva la presencia de betalactámicos en las 48 muestras, sulfamidas en 46 y tetraciclinas en 29. Valoradas las

concentraciones, se obtuvieron los puntos de mayor incidencia de los antibióticos. Esta investigación es necesaria para determinar la incidencia de antibióticos y se puede aplicar a nuestro trabajo.

Pérez Álvarez, (2017), desarrolló la investigación titulada “Fármacos como contaminantes emergentes: caracterización, cuantificación y eliminación en plantas de tratamientos residuales” para optar el título de doctor en química. La investigación se dividió en 4 etapas: la primera “definición del estudio y parámetros a analizar” etapa en la cual se estimaron y examinaron los fármacos en el lugar de influencia de la cuenca del río Caudal. La segunda etapa “Metodología y plan de trabajo” donde se realizó la toma de muestras. La tercera “parámetros físico-químicos, ensayos de bioindicación y análisis microbiológicos” en la cual se caracterizaron y cuantificaron los contaminantes en la planta. La cuarta “procesos de oxidación avanzada” donde se eliminan los contaminantes emergentes. La metodología usada en este trabajo se puede aplicar a nuestra investigación porque busca caracterizar y cuantificar estos contaminantes emergentes por medio de pruebas de laboratorio, y nos brinda las bases para plantear mejor nuestra investigación.

Montagner, et al., (2017) “Contaminantes emergentes en matrices acuáticas en Brasil: escenario actual y aspectos analíticos, ecotoxicológicos y regulatorios” en el cual se identifica y se hace un debate sobre los contaminantes emergentes, sus efectos biológicos, aspectos analíticos, y la legislación que los rige en las aguas brasileñas. A través de 58 artículos que consideran la existencia de fármacos, pesticidas, hormonas y otros compuestos presentes en aguas superficiales, subterráneas, residuales y potables. Como resultado se encontraron escenarios de contaminación los cuales empeoran por la baja calidad de saneamiento, los

vertimientos de aguas residuales y el consumo humano por bienes aportando así investigaciones que funcionan como precursores en las regulaciones políticas. Esta investigación es necesaria porque es un estudio pionero debido a que hace un análisis de los contaminantes emergentes por medio de relaciones causa- efecto en aguas superficiales y nos brinda material de trabajo para las correlaciones que se pretenden desarrollar en la investigación.

Corbacho Lopera, (2018) desarrollaron la investigación titulada “Eliminación de contaminantes emergentes en aguas residuales mediante filtros intermitentes de arena/coke para reutilización” con el objetivo de eliminar estimulantes y antibióticos, examinando así, sistemas que puedan ser ejercidos por personal no calificado y en poblaciones pequeñas. Usando para ello un sistema de filtración intermitente que consta de los siguientes sustratos: arena, arena y coque, arena estratificada y por último coque, implementando también el flujo como otra variable. Los resultados de la investigación apuntan a que el sistema utilizado tiene la capacidad de eliminar los contaminantes estudiados (Cafeína, Teobromina, Teofilina, Amoxicilina y Penicilina G). Esta investigación aporta criterios prácticos y teóricos con respecto a la determinación y eliminación de la cafeína, estimulante que hace parte del grupo que es objeto de estudio.

5.2. MARCO TEÓRICO

5.2.1. Agua cruda

El agua cruda o agua bruta, como se le conoce comúnmente, es aquella que no ha sido tratada. El agua cruda generalmente no es segura para el consumo humano, por lo que el uso de la misma para beber y cocinar en algunos países en desarrollo es un problema de salud considerable, ya que se encuentra en fuentes y reservas naturales tanto de aguas superficiales (ríos, lagos, humedales, torrentes) como aguas subterráneas (pozos, manantiales). El agua cruda contiene materia orgánica, inorgánica y microorganismos, por esto se recomienda realizar una serie de pruebas, para que pueda considerarse agua potable, y así poder distribuirla y posteriormente consumirla (Zarza, 2017). La ingesta del agua cruda sin tratamiento no es aconsejable, por médicos y expertos en salud y nutrición. Existe una nociva tendencia que pone en peligro la salud pública, esta consiste en ingerir el agua cruda por sus propiedades naturales (Pérez Vidal, Díaz Gómez, Salamanca Rojas, & Torres Rojas, 2015).

5.2.2. Sistemas Lóticos

Los ecosistemas lóticos, también conocidos como ecosistemas ribereños, son aquellos cuyas aguas están fluyendo constantemente, a excepción de cuando hay época de sequía grave en la que se reduce este movimiento, pudiendo desaparecer del todo, es decir, son sistemas con aguas que fluyen de forma rápida en un único sentido. Incluyen cualquier cuerpo de agua en movimiento, como ríos, arroyos, manantiales, canales (Cartón, 2020).

Tres cuartas partes de la superficie de la tierra están cubiertas por las aguas de los océanos, lagos, ríos, arroyos y manantiales. El proceso conocido como "ciclo del

agua" es cuando el agua del océano se evapora y se deposita en la tierra, y luego se distribuye en ríos y lagos. Estos son principalmente para asegurar la reposición del nivel del agua subterránea, y el agua es utilizada por plantas, animales y humanos. El vapor circula en la atmósfera y se deposita en el aire, en forma de lluvia o nieve. Después de llegar a la superficie de la tierra, el agua sigue dos trayectorias (Ramírez González & Viña Vizcaíno, 1998).

La clasificación de ecosistemas y hábitats acuáticos se dificulta por la continuidad que existe entre las diferentes unidades; así, los arroyos se convierten en ríos y éstos pueden formar ciénagas o lagos. No obstante Ramírez González y Viña Vizcaíno, (1998) proponen un sistema en el cual se diferencian cuatro tipos principales de ecosistemas acuáticos no marinos en Colombia: Ríos y otros sistemas de aguas corrientes (sistemas lóticos); Lagos y otros sistemas de aguas lentas (sistemas lenticos o leníticos); Humedales; Embalses.

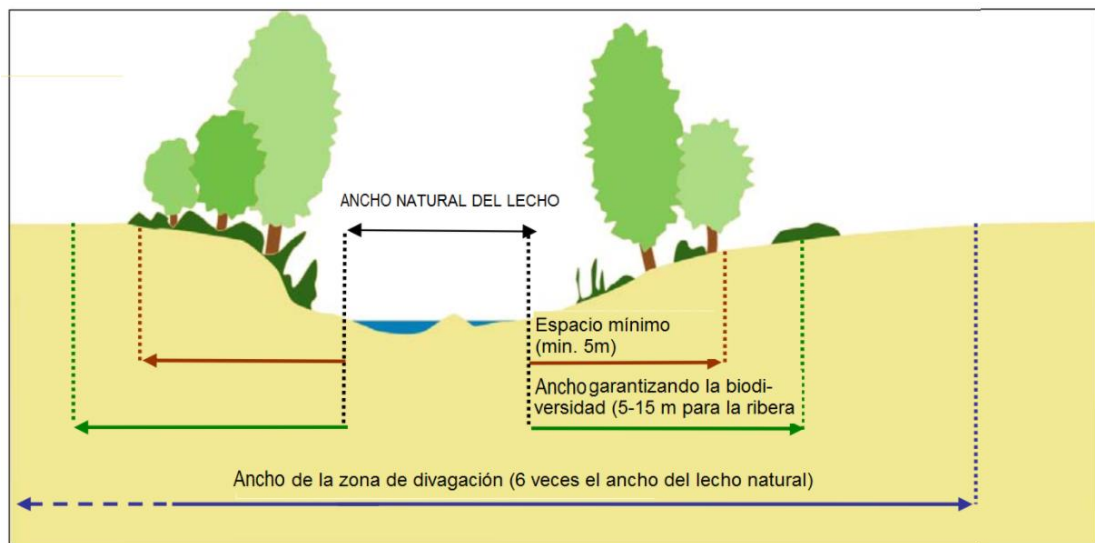


Figura 1.
Sección transversal de un río y sus unidades morfológicas asociadas

Fuente: Nélida & Hernández, 2018

5.2.3. Características de los Sistemas Lóticos

- Su corriente es unidireccional: es decir, la corriente sigue un solo curso. Por lo general estas corrientes se originan de erosiones y/o depresiones en la corteza terrestre que crean caminos por los cuales el agua correrá siempre en una sola dirección.
- A lo largo de sus aguas, transportan sustancias disueltas, es decir, sustancias de la carga de sedimentos a la solución (suelen ser iones de la abrasión química del sustrato).
- El agua está en constante movimiento y turbia: eso trae como resultado que la luz penetre hasta el fondo del río con gran dificultad. Estas dificultan la supervivencia de algunas especies de algas y microorganismos en el fondo del río que dependen de los rayos del sol.
- Se producen cambios longitudinales: cuando el río aún está en calma, la temperatura del agua aumenta gradualmente, la concentración de oxígeno disminuye y los sedimentos se depositan en el fondo del río conocido como "limo".
- Extrae algunos de sus nutrientes de la superficie terrestre: estos llegan a las corrientes de los ríos a través de la erosión de la tierra y el transporte de partículas de las superficies vecinas. (Ramírez González & Viña Vizcaíno, 1998).

5.2.4. Ríos

La historia humana se ha visto desde siempre influida por los ríos, que nos proporcionan agua, transporte y los medios para la eliminación de desechos. Aunque el área superficial total de ríos y arroyos es pequeña comparada en relación

con la de océanos y masas de tierra, los ríos se encuentran entre los ecosistemas naturales más intensamente utilizados por el ser humano. (Briñez, et al, 2011).

Los ríos se caracterizan por el movimiento horizontal de sus aguas e interacción con su cuenca hidrográfica, donde se produce la contribución permanente de material autóctono, principalmente de origen orgánico (hojas, frutos, insectos acuáticos). Por otro lado, la producción de material autóctono en estos ecosistemas se encuentra asociada a la disponibilidad de luz y consecuentemente a la productividad primaria. La fauna de invertebrados es dominada por la comunidad bentónica y la de vertebrados por peces (Moacyr, 2012).

Ríos y riachos en las cuencas hidrográficas son clasificados de acuerdo con su orden. A cada nivel de curso de agua es atribuido un número de orden. Los ríos de primer orden son menores y están situados en las regiones de nacientes (no presentan tributarios aguas arriba). Dos ríos de primer orden se combinan para formar un río de segundo orden. El río de tercer orden resulta de la confluencia de dos ríos de segundo orden y así sucesivamente (Moacyr, 2012)..

5.2.5. Río Cesar

La cuenca del río Cesar está conformada por territorios de dos departamentos que son La Guajira y el Cesar. El área de drenaje en la cuenca abarca unos 22 931 km², que desemboca en la ciénaga de Zapatosa, y de ahí al río Magdalena (Universidad del Atlántico. Grupo de investigación en diversidad del Caribe Colombiano, 2011). En La Guajira la cuenca comprende los municipios de San Juan del Cesar, El Molino, Villanueva, Urumita y La Jagua del Pilar, los cuales hacen parte de la zona conocida como la provincia de La Guajira. Por su parte, en el departamento del Cesar el valle de este río ocupa parte de Agustín Codazzi, Astrea, Becerril,

Bosconia, Chimichagua, Chiriguaná, Curumaní, Tamalameque, El Copey, El Paso, La Jagua de Ibérico, La Paz, Pailitas, San Diego y Valledupar (CORPOCESAR & Universidad de Córdoba, 2012).

La ecorregión Valle del Río Cesar cuenta con suelos de alta productividad por lo que tradicionalmente se ha constituido en uno de los pilares sobre los que se sustenta el potencial económico del departamento del Cesar, ya que en ella tienen asiento los procesos productivos más importantes que contribuyen de manera principal con el desarrollo socioeconómico del departamento. Dentro de estos sobresalen la ganadería, la agricultura, la agroindustria y la minería.

En La Guajira, de acuerdo con factores hidrológicos, físico-bióticos y políticos, entre otros, la cuenca del río Cesar es la segunda en importancia, después de la cuenca del río Ranchería. El río Cesar que nace en la Sierra Nevada de Santa Marta a una altura aproximada de 1800 metros sobre el nivel del mar, recorre 706 kilómetros en el departamento de La Guajira, ocupando así un área de 197,79 hectáreas (Corpoguajira & Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, 2010)

5.2.6. Contaminación de los Sistemas Lóticos

Los recursos disponibles de agua, se ven reducidos por la contaminación generada por residuos orgánicos, minerales y plaguicidas, que provienen de las actividades humanas, en industria, agricultura, producción pecuaria y domésticas. Estos contaminantes, comunican propiedades tóxicas al agua afectando a los animales, plantas y seres que acceden a este recurso. La contaminación de las aguas puede tener un origen natural o puede ser provocado como consecuencia de la actividad del hombre al eliminar los desechos que su metabolismo y sus costumbres producen. Una y otra dan lugar a alteraciones físicas, químicas y biológicas del

agua. Las actividades de los hombres son en general contaminantes. Las domésticas, aportan detergentes, sustancias químicas (insecticidas caseros, hipoclorito de sodio, grasas, etc.), las industriales aportan desechos orgánicos, sustancias químicas inorgánicas y orgánicas, etc. y las agropecuarias, de gran impacto generan residuos de agro tóxicos, fertilizantes, restos de cultivos, etc. (Smith & Smith, 2007)



Figura 2.

Sección río Cesar a la altura del puente Salguero, entre La Paz y Valledupar.

Fuente: El tiempo, 2015.

De acuerdo con Roldán Pérez (1992) la contaminación del agua tiene que ver la simple transmisión de elementos, compuestos o microorganismos que pueden perjudicar la salud del hombre o de los animales que la beben, en dicho caso, el agua desempeña el papel de vehículo del agente contaminante y no está relacionada con un ambiente ecológico alterado, es decir que la calidad del agua puede ser alterada sin que el ecosistema lótico como tal sea perturbado. Por su parte la polución está más relacionada a los efectos deletéreos sobre los ecosistemas que implican transformaciones del medio ambiente en forma tal que

éste se tornaría inapropiado para el desarrollo normal de poblaciones de organismos acuáticos. Pese a que a menudo, tales cambios no interfieren con la calidad del agua para consumo humano o de animales, dichos cambios pueden no interferir con la calidad del agua para consumo humano. Cuando la demanda bioquímica de oxígeno DBO, que es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios, aumenta, ocasiona la disminución del oxígeno disuelto afectando la vida acuática (CORANTIOQUIA, 2016).

Cuando se presenta la contaminación de los cuerpos de agua como consecuencia de las actividades humanas, las redes tróficas que conforman las cadenas alimenticias en dichos ecosistemas, se alteran y algunas especies pueden desaparecer, ser reemplazadas por otras o someterse a reducciones drásticas de sus poblaciones. Los macro-invertebrados acuáticos son organismos cuyo nicho y hábitat son temporales o permanentes en el agua. La presencia, abundancia y distribución de estos organismos, es el resultado de las relaciones con las variables físicas y químicas del agua. La mayoría son estenoicos, es decir, viven en medios acuáticos en donde las características ecológicas son poco fluctuantes. Su presencia es indicadora del estado del ecosistema lótico. Cuando las condiciones ecológicas varían significativamente, estos organismos pueden migrar a otros sitios, lo que les permite sobrevivir, o mueren y aparecen otros, que se adaptan a esas nuevas condiciones (Instituto Mi Río & Universidad de Antioquia, 2002).

De esta manera, existe una relación directa entre la calidad del agua, el tipo de contaminantes que pueden estar presentes en esta y la composición y abundancia de poblaciones de organismos acuáticos que constituyen las comunidades bióticas presentes en sistemas acuáticos.

5.2.7. Contaminantes Emergentes

Los contaminantes emergentes se los puede definir como cualquier sustancia química sintética o natural o cualquier microorganismo que no es detectado comúnmente en el medio ambiente, pero que puede entrar en él y causar efectos adversos ecológicos y/o para la salud humana (USGS, 2016), ocasionalmente son controlados o monitoreados y se necesitan más investigaciones para evaluar sus impactos sobre la salud humana y el medio ambiente (WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas), 2017). La característica principal que tienen estos contaminantes es causar efectos dañinos, debido a que los compuestos liberados en el medio ambiente pueden experimentar cambios estructurales por una variedad de procesos bióticos o no bióticos incluyendo fotólisis, hidrólisis y biotransformación, convirtiéndose en tóxicos inclusive más recalcitrantes y bioacumulables que los contaminantes precursores. (Galvañ, 2016). Estos contaminantes se encuentran distribuidos en los medios acuáticos y en el ambiente debido a que su clasificación y componentes son extensas, como se puede ver en la tabla 1.

La parte teórica de este estudio se enfoca al análisis primordialmente de los siguientes contaminantes emergentes (antibióticos):

- Tetraciclinas
- Betalactámicos
- Sulfamidas

La principal clasificación que tienen los antibióticos es la que se basa en la acción del antibiótico sobre la bacteria, que pueden ser: a) Bacteriostáticos: Las que inhiben la multiplicación bacteriana. Dentro de estas se encuentran: Tetraciclinas,



Eritromicina, Sulfonamida, Novobiocina y Cloranfenicol. b) Bactericidas: Tienen una acción terapéutica, es decir irreversible, destruyendo a la bacteria. Dentro de esta se encuentran: Betalactámicos (Penicilinas y Cefalosporinas), Aminoglucósidos, Rifampicina, Quinolonas, Monobactámicos y Polimixinas (Cordi, Machado Reyes, & Hamilton Cordi, 1998)

Tabla 1.

Clases de contaminantes emergentes.

Fármacos	Compuesto Detectado	Uso
Analgésicos y Antiinflamatorios	Acetaminofeno (analgésico), diclofenaco, ibuprofeno, cetoprofeno, naproxeno, fenazona, indometacina	Estos compuestos son los más usados en el mundo debido a su fácil acceso.
Antibióticos	Sulfonamidas, fluoroquinolonas, trimetoprim, clortetraciclina, eritromicina, lincomicina, oxitetraciclina, tetraciclina, roxitromicina, tilosina	Los antibióticos / antimicrobianos son medicamentos vitales para el tratamiento de infecciones bacterianas tanto en humanos como en animales
Antiepilépticos	Carbamazepina	Los antiepilépticos se usan comúnmente en la medicina para detener, prevenir, o convulsiones de control (convulsiones, convulsiones parciales, convulsiones tónico-clónicas, etc.)
Beta Bloqueadores	Benzofenona, metilbencilideno alcanfor, octilmetoxicinamato	Los agentes de protección solar proporcionan la protección contra los efectos nocivos de la radiación ultravioleta procedente del sol
Anticonceptivos	7 α -etinilestradiol	Los anticonceptivos orales son sustancias químicas tomadas por vía oral para inhibir la fertilidad normal actuando sobre el sistema hormonal

Fuente: Vanegas, 2013

A continuación, se recopilan investigaciones de los últimos años acerca de la presencia de algunos fármacos en los cuerpos de agua, al igual que el impacto de la actividad farmacéutica sobre el ambiente.

Analgésicos

Son fármacos de gran consumo mundial, considerados los de mayor automedicación (Richardson, 2009), el naproxeno, el ibuprofeno y el acetaminofén se reportaron en aguas residuales hospitalarias (Gomez, 2006). De igual forma, se ha reportado la presencia de metabolitos del ibuprofeno (Buser, Poiger, & Muller, 1999); lo anterior es indicador importante de la necesidad de conocer las rutas metabólicas de cada uno de los compuestos, para determinar o descartar el origen de su toxicidad (Jimenez, 2011).

Antihipertensivos

Constituyen un grupo muy amplio dentro de los cuales se destacan el calcio-antagonista, los inhibidores de la enzima convertidores de angiotensina (IECA) y los betas bloqueadores, entre otros. Algunos β -bloqueadores como el atenolol, el metoprolol y el propranolol han alcanzado niveles superiores a los $0.017\mu\text{g/L}$ en efluentes de aguas municipales (Jimenez, 2011).

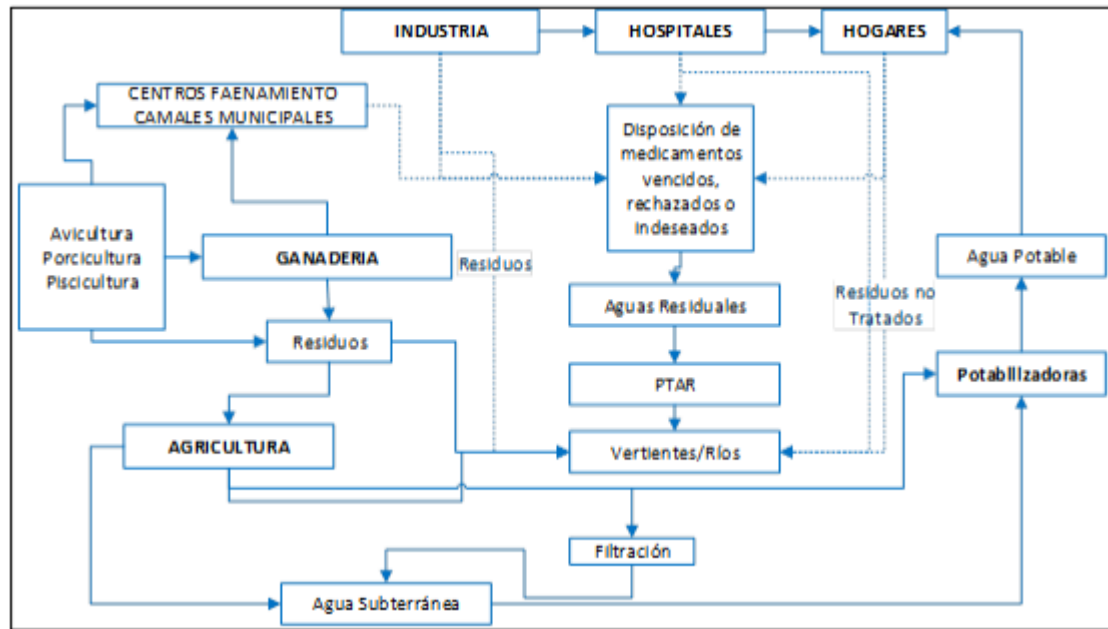
Antibióticos

De todos los contaminantes emergentes, los que probablemente suscitan mayor preocupación y estudio en los últimos años son los fármacos y, en particular, los antibióticos. El consumo de fármacos en los países de la UE se mide en toneladas por año, y de los más usados, como lo son los antibióticos, se emplean en cantidades similares a las de los pesticidas (Barceló & López, Contaminación y

calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes, 2012). Entre los fármacos más prescritos en medicina humana destacan los antibióticos como la amoxicilina y el sulfametoxazol, y entre los antibióticos con mayor reporte en los cuerpos de agua están las tetraciclinas (Dang, 2007), los aminoglicósidos (Shakil, Khan, Zarrilli, & Khan, 2008), los macrólidos, los betalactámicos y la vancomicina (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez, 2012), entre otros (Akinbowale et al., 2007), como resultado de las investigaciones llevadas a cabo hasta ahora, algunos fármacos están siendo considerados por la US EPA como posibles candidatos a ser incluidos en la lista de los contaminantes orgánicos prioritarios en el agua potable, como es el caso del cloranfenicol (Hernando, Mezcua, Fernandez-Alba, & Barceló, 2006).

Su efecto contra microorganismos patógenos en animales y humanos, así como su uso para la preservación de alimentos, han incrementado su producción y consumo, permitiendo grandes descargas sobre los cuerpos de agua con manifestaciones de resistencia microbiana en las zonas de estudio. Hay evidencia de la presencia de residuos de antibióticos en el ambiente y su implicación en los mecanismos de defensa propios de los organismos vivos (Jimenez, 2011).

Figura 3.
Ciclo Hidrológico de los antibióticos



Fuente: Silva A.

Reguladores de lípidos y Beta-bloqueadores

Los betabloqueadores bloquean los receptores beta que existen en el corazón, con lo que se logra disminuir la necesidad de oxígeno del corazón, reducir el ritmo cardiaco, disminuir la fuerza de contracción del corazón, y reducir la contracción de los vasos sanguíneos. Están indicados para combatir la hipertensión arterial, angina de pecho, arritmias cardíacas, etc. Los más utilizados son el Atenolol, Propanolol, Metoprolol, entre otros.

Los antilipídicos se aplican fundamentalmente para bajar los niveles de colesterol en la sangre de personas con arteriosclerosis. Los fármacos más frecuentes utilizados son los derivados del ácido fibríco como los fibratos, que permiten reducir los niveles de triglicéridos y aumentan los niveles de HDL (lipoproteína de alta

densidad, High Density Lipoprotein HDL, por sus siglas en inglés); y estatinas las que actúan más efectivamente sobre el LDL (lipoproteína de baja densidad, Low Density Lipoprotein LDL, por sus siglas en inglés) (Colerangle & Deodutta, 1997).

Antiepilépticos y antidepresivos

Los antidepresivos más frecuentemente utilizados son las benzodiazepinas, fármacos que permiten aumentar la actividad de ciertos neurotransmisores, reduciendo así el funcionamiento de ciertas áreas del cerebro, razón por la cual producen somnolencia, descenso de la ansiedad y relajación muscular (Colerangle & Deodutta, 1997).

Efectos de los Contaminantes Emergentes

Los compuestos emergentes presentan efectos significativos alterando al sistema endocrino y bloqueando o perturbando las funciones hormonales, afectan a la salud de los seres humanos y de especies animales aun cuando se encuentran en tan bajas concentraciones (tejada, quiñonez, & peña, 2014; tejada, quiñonez, & peña, 2014; tejada, quiñonez, & peña, 2014).

5.2.8. Técnicas instrumentales para su Identificación y Cuantificación.

Los tratamientos de aguas residuales empleando métodos convencionales no son del todo satisfactorios, al punto que se ha detectado que muchos compuestos persisten sin alteración alguna aún después de aplicar tratamientos terciarios (Teijon, 2004). Por tal razón, es importante identificar y evaluar la eficiencia de otras tecnologías para el tratamiento de aguas, con el fin de proponer alternativas que permitan minimizar la presencia de contaminantes emergentes un bajo costo económico, energético y ambiental (Barceló & López, Contaminación y calidad

química del agua: el problema de los contaminantes emergentes, 2012). Los métodos de tratamientos para la eliminación de contaminantes emergentes se pueden clasificar en tres categorías: fisicoquímicos, biológicos y avanzados (Bolong, Ismail, Salim, & Matsuura, 2009)); dentro de los tratamientos descritos anteriormente se encuentran: Tratamientos fisicoquímicos, ultrafiltración, oxidación, empleo de adsorbentes, tratamientos biológicos, tratamiento con membranas, tratamientos combinados, tratamientos avanzados, y nanofiltración con membranas.

La adsorción en carbón activado depende del carácter no-polar de las sustancias. A nivel experimental (Ternes, y otros, 1999) se utilizó el coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}) para predecir las eficiencias de remoción de algunos fármacos. Por otro lado, la ósmosis reversa (OR) y la nanofiltración corresponden a medios físicos de remoción efectiva de fármacos desde el agua. Debido a la baja presión de operación que se requiere la nanofiltración es la opción más económica de las dos. Para fármacos con cargas negativas las eficiencias de remoción fueron mayores que para los compuestos neutros (Henriquez, 2012).

5.2.9. Análisis de regresión lineal

El análisis de regresión es una técnica estadística que trata de encontrar un modelo matemático que explique los cambios en una variable (dependiente) en función de otra u otras (independiente o independientes). Mediante los valores del coeficiente de determinación (R^2) y P-VALOR principalmente: Tener en cuenta que el valor de R^2 deberá ser mayor a 0,70 y el ($p\text{-valor} \leq 0,05$) esto sugiere que el Modelo lineal es significativo y valido para hacer una predicción (Reyes, 2014)

5.3. MARCO CONCEPTUAL

Acuífero: Es el conjunto de rocas que permiten la permeabilidad del agua y la pueden acumular en sus poros o grietas. A esta agua retenida en las estructuras rocosas se la conoce como agua subterránea y puede llegar a presentar manifestaciones de hasta dos millones de kilómetros cuadrados de tamaño. Los acuíferos presentan dos partes diferenciadas: la zona de saturación, que retiene el agua e impide que esta siga circulando o filtrándose, y la zona de aireación que es la que se encuentra justo encima de la zona de saturación y se mantiene sin agua retenida.¹

Anticonceptivos: Son sustancias, objetos o procedimientos utilizados por la mujer y/o el hombre para evitar que se presente un embarazo.²

Antidepresivos: son medicinas que receta un médico para tratar la depresión. Estos medicamentos ayudan a mejorar la forma en que el cerebro utiliza ciertas sustancias químicas naturales. A veces, es necesario probar más de uno hasta encontrar el que surta un mejor efecto.³

Biodisponibilidad: es la fracción (porcentaje) de una dosis administrada de fármaco inalterado que llega al flujo sanguíneo (circulación sistémica).⁴

Biorreactor de Membrana- MBR: La tecnología de Biorreactor de Membrana (MBR) la integra la degradación biológica, la separación de fangos y el reciclaje en un solo paso. Por tanto, cuando se instala un BRM en una planta de tratamiento y

¹ Ingeoexpert, 2018. ¿Cómo se forma un acuífero?

² EAFIT, s.f. Métodos de concepción.

³ MedlinePlus, 2019. Antidepresivos.

⁴ EUPATI, 2015. Biodisponibilidad y Bioequivalencia.

regeneración de aguas residuales, no se necesita un segundo decantador para separar y reciclar los fangos activados.⁵

Bisfenol A: (usualmente abreviado como BPA) es una sustancia química industrial que desde los años 60 se usa para fabricar plásticos y resinas.⁶

Cadena trófica: o ciclo alimenticio a la natural interconexión de todas las cadenas alimenticias pertenecientes a una comunidad ecológica.⁷

Cancerígeno: es un agente físico, químico o biológico potencialmente capaz de producir cáncer al exponerse a tejidos vivos. Los carcinógenos químicos se definen por la capacidad de desarrollo de tipos de tumores que no se ven en los controles.⁸

Compuestos orgánicos: todas aquellas sustancias químicas que contienen algún átomo de carbono en su molécula. La diferencia fundamental entre un compuesto orgánico y uno inorgánico es que el primero cuenta con enlaces del tipo carbono-carbono, carbono-nitrógeno o carbono hidrógeno, mientras que los inorgánicos no tienen este tipo de enlaces.⁹

Contaminantes Emergentes: son todos aquellos contaminantes cuya presencia en el medio ambiente ha sido reconocida recientemente, debido a la preocupación existente por las consecuencias que conllevan dado su efecto contaminante para el medio y para la salud.¹⁰

⁵ Aware, 2017. Biorreactores de membrana (BRM).

⁶ Unidad de Salud del Tiempo. 2019. Bisfenol A, el químico que preocupa, está donde usted menos se imagina.

⁷ Raffino, 2020. Concepto de red trófica.

⁸ Educalingo, 2018. Carcinógeno.

⁹ Cerdanya ecoresort, 2018. Compuestos orgánicos: qué son y para qué se utilizan.

¹⁰ Fernández, 2020. Contaminantes emergentes: definición, ejemplos y cómo nos afectan.

Cromatografía Líquida de Alta Resolución - HPLC: Técnica que realiza la separación de una mezcla de compuestos a través de la interacción selectiva entre los solutos, una fase estacionaria y una fase móvil, haciendo uso de instrumentación automatizada de alta eficiencia.¹¹

Disruptor Endocrino: Es la sustancia exógena o mezcla que altera la función del sistema endocrino y, por tanto, causa efectos adversos sobre la salud en un organismo intacto, o en su progenie, o en la población¹²

Ecosistemas acuáticos: Conforman de forma general los lagos, ríos, arroyos, lagunas, océanos, mares y todos aquellos hábitats donde se localiza agua que alberga vida, es una simbiosis que se produce tanto en agua dulce como en agua salada.¹³

Efluente: Son aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias. Los productos tóxicos presentes en los efluentes son muy variados, tanto en tipo como en cantidad, y su composición depende de la clase de efluente que los genera. Los desechos que contienen los efluentes pueden ser de naturaleza química y/o biológica.¹⁴

Equipo GC-MS: En la unión de técnicas de cromatografía de gases (GC) y espectrometría de masas (MS), unidas en un poderoso tándem, GC-MS, son herramientas imprescindibles en los análisis ambientales, forense, de productos

¹¹ Camejo, 2017. Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución HPLC.

¹² Agencia catalana de seguridad alimentaria, 2019. Disruptor Endocrino.

¹³ Ovacen, 2018. Ecosistemas acuáticos; tipos, flora, fauna y características.

¹⁴ Hernández & González, 1993. Recurso hídrico y ambiente. En: Elementos de política ambiental. Goin, F. y Goñi, R. Eds. H. Cámara de Diputados de la provincia de Buenos Aires, Argentina.

naturales, control de doping, alimentos, toxicología y en muchas más áreas de investigación.¹⁵

Etinilestradiol: Es un estrógeno esteroídico sintético, derivado del estradiol, para la administración oral. Ocasiona un aumento del grosor y la cornificación de la vagina y promueve la proliferación del endometrio; se utiliza en el tratamiento del hipogonadismo femenino y para prevenir o reducir los síntomas asociados a la menopausia. En combinación con gestágenos, forma parte de los anticonceptivos orales.¹⁶

FÁRMACO o PRINCIPIO ACTIVO: Se entiende como una sustancia con composición química exactamente conocida y que es capaz de producir efectos o cambios sobre una determinada propiedad fisiológica de quien lo consume; un fármaco puede ser exactamente dosificado y sus efectos (tanto benéficos como perjudiciales) perfectamente conocidos, luego de utilizar dicho fármaco en un número de personas lo suficientemente grande.¹⁷

Ganadería: Es una actividad económica de origen muy antiguo que consiste en la crianza de animales para su aprovechamiento. Dependiendo de la especie ganadera, se obtienen diversos productos derivados, como la carne, la leche, los huevos, los cueros, la lana y la miel, entre otros.¹⁸

Genotoxicidad: es la capacidad relativa de un agente de ocasionar daño en el material genético, originando efectos biológicos adversos.¹⁹

¹⁵ Stashenko y Martínez, 2010. GC-MS: Más de un Analizador de Masas, ¿para qué?

¹⁶ Saludemia, s.f. Etinilestradiol.

¹⁷ García, 2014.

¹⁸ EcuRed, 2019. Ganadería.

¹⁹ Abrevaya, 2008. Genotoxicidad.

Herbicida: Producto fitosanitario utilizado para matar plantas indeseadas. Los herbicidas selectivos matan ciertos objetivos, mientras preservan la cosecha relativamente indemne. Algunos actúan interfiriendo con el crecimiento de las malas hierbas y se basan frecuentemente en las hormonas de las plantas. Los herbicidas utilizados para limpiar grandes terrenos no son selectivos y matan toda planta con la que entran en contacto.²⁰

Ibuprofeno: Producto farmacéutico que pertenece a una clase de medicamentos llamados antiinflamatorios no esteroides (AINE). Actúa deteniendo en el cuerpo la producción de una sustancia que provoca dolor, fiebre e inflamación.²¹

LC-MS: La espectrometría de masas de cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC-MS, o más comúnmente LC-MS) es una técnica analítica extremadamente versátil que combina las capacidades de separación física de la cromatografía líquida con las capacidades de análisis de masas de la espectrometría de masas.²²

LCMS-IT-TOF: Es un nuevo tipo de espectrómetro de masas que combina las tecnologías QIT (trampa de iones) y TOF (tiempo de vuelo). Al combinar QIT y TOF, los mayores desafíos tecnológicos fueron la introducción eficiente de iones en el QIT y la expulsión simultánea de iones atrapados al TOF.²³

Metabolito: es cualquier molécula intermediaria, simple o compleja, que se produce durante los distintos procesos metabólicos que tienen lugar en cualquier organismo. Estas moléculas son producto de un proceso químico y, a su vez, “desaparecen” por transformación en otras sustancias en el siguiente paso del proceso.²⁴

²⁰ EcuRed, 2019. Herbicida.

²¹ MedlinePlus, 2016. Ibuprofeno.

²² Merck, s.f. Water for LC-MS.

²³ SHIMADZU, s.f. LCMS-IT-TOF: Liquid Chromatograph Mass Spectrometer.

²⁴ Magnaplan, s.f. Metabolito.

Método CG-EM: La Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS, por sus siglas en inglés) es una técnica analítica dedicada a la separación, identificación y cuantificación de mezclas de sustancias volátiles y semivolátiles. La separación de dichas sustancias depende de la diferente distribución de las sustancias estudiadas entre las fases móvil y estacionaria que conforman el sistema.²⁵

Método MEFS: Micro extracción en Fase Solida (SPME) es una técnica de concentración que no necesita solventes y en la que la fase de preparación a menudo consiste solamente en la toma de la muestra. Esta técnica permite tratar muestras que presentan propiedades diferentes (sólidas, líquidas, gaseosas) y encuentra múltiples aplicaciones en numerosos campos como el farmacéutico y el agroalimentario.²⁶

Mutación: Es una variación espontánea e impredecible en la secuencia de genes que componen el ADN de un ser vivo, que introduce cambios puntuales de tipo físico, fisiológico o de otra índole en el individuo, los cuales pueden o no ser heredados a sus descendientes.²⁷

Pesticida: Los pesticidas no solo sirven para matar insectos, también incluyen sustancias químicas para el control de hierbas, roedores, moho, gérmenes y otros.²⁸

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como objetivo eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano.²⁹

²⁵ Universidad Veracruzana, 2019. Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas (GC/MS).

²⁶ Infowine, 2005. Aplicación de la micro extracción en fase sólida (SPME) al análisis de los vinos.

²⁷ Concepto.de, 2019. Mutación.

²⁸ MedlinePlus, 2019. Pesticida.

²⁹ Mobius, 2017. ¿Qué es una PTAR – Planta de Tratamiento de Aguas Residuales?

Principio Activo: es, por lo tanto, toda sustancia o mezcla de sustancias (de origen animal, vegetal o sintetizado de modo artificial por el hombre) utilizadas en la fabricación de un medicamento para ejercer una acción farmacológica, inmunológica o metabólica.³⁰

Productos farmacéuticos: son sustancias químicas sintéticas o naturales que se pueden encontrar en medicamentos recetados, de venta libre y veterinarios.³¹

Progesterona: Es una hormona con efecto antiinflamatorio, antiproliferativo y prepara el endometrio para poder acoger el óvulo fecundado en caso de embarazo y es un neurotransmisor ya que estimula el sistema gabaérgico del cerebro que tiene efectos calmantes y relajantes, reduce la angustia, la impaciencia, regula tu tolerancia al estrés y, consecuentemente, condiciona nuestra salud emocional, nuestra conducta y la forma de enfrentar la vida.³²

STAR (Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales): El sistema de tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de estructuras que realizan diferentes procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para la disposición o rehúso. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.³³

³⁰ Engenérico, 2017. Hablemos de medicamentos genéricos: el principio activo.

³¹ OMS, 2020. Agua Saneamiento e Higiene.

³² Verdaguer, 2017. Progesterona.

³³ [Consultado: 11 de febrero de 2020] Disponible en:
https://www.ecured.cu/Tratamiento_de_aguas_residuales).

Tensioactivo: Son las sustancias que disminuyen la tensión superficial de un líquido o la acción entre dos líquidos. Se encuentran en las sustancias sintéticas que se utilizan regularmente en el lavado, entre las que se incluyen productos como detergentes para lavar la ropa, lavavajillas, productos para eliminar el polvo de superficies, gel de ducha y champús.³⁴

Teratogénico: Se trata de un adjetivo que califica a aquello que provoca una deformación o una anomalía en el feto.³⁵

Triclosán: Es un antimicrobiano utilizado en algunos dentífricos, colutorios y otros productos de higiene personal, inhibe el crecimiento de bacterias y hongos.³⁶

Variabilidad: La variabilidad se refiere a todo aquello que tiene la posibilidad de cambiar, en general la variabilidad es la facilidad de mutar o que tiene una inconsistencia para continuar haciendo algo que ha sido planificado. Otra forma de utilizar esta palabra es cuando se refiere a las variables de opciones que se pueden dar al momento de tomar una decisión, existiendo un número ilimitado de probabilidades.³⁷

Vertimiento: Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido. Existen dos tipos de vertimientos, el vertimiento puntual que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo y el vertimiento no puntual que es aquel en el cual

³⁴ AulaNatural, 2015. Tensioactivo.

³⁵ Pérez y Merino, 2014. Teratogénesis.

³⁶ Corbella, 2018. Triclosán.

³⁷ [Consultado: 15 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://diccionarioactual.com/variabilidad/>).

no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.³⁸

Vitelogenina: Es una L-fosfolipoglicoproteína con alto peso molecular, característica de las hembras debido a su utilización en como vitelo en el ovocito, constituyendo una reserva energética para los primeros estadios de desarrollo del individuo.³⁹

³⁸ [Consultado 15 de febrero] Disponible en: <http://portal.anla.gov.co/permiso-vertimientos>).

³⁹ Martínez, et al. 2013. Inducción a la síntesis de vitelogenina plasmática en machos de pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) mediante el uso de 17 β Estradiol.

5.4. MARCO CONTEXTUAL

5.4.1. Generalidades

Colombia se destaca por ser uno de los países con mayor abundancia en el recurso hídrico, presentando un escurrimiento promedio mayor a $66,344 \text{ m}^3/\text{s}$ en sus importantes regiones hidrográficas. En la región hidrográfica del norte de Colombia, presenta valores de $15,430 \text{ m}^3/\text{s}$ de escurrimiento y acoge al macizo montañoso de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el que aflora las fuentes de agua de corto trayecto, pero torrentosos, los cuales son empleados en el regadío y la generación de energías a través de hidroeléctricas. En esta cuenca se destacan los ríos Ranchería, Riohacha, Fundación y Cesar.⁴⁰

5.4.2. Contexto

El nacimiento del Río Cesar se da a una altura aproximada de 1800 sobre el nivel del mar, recorriendo 79 706 km del departamento de la Guajira y abarca un área de 178 197,79 hectáreas.⁴¹ El río Cesar, realiza su trayecto de 280 km entre los departamentos de La Guajira y el Cesar, sus ríos tributarios conforman una cuenca localizada al sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta y al occidente de la Serranía de Perijá que se extiende por una superficie aproximada de 1 776 900 hectáreas. La cuenca del río Cesar abarca 11 municipios donde inicia su recorrido en el municipio de San Juan del Cesar en La Guajira, dirigiéndose al sur, mojando el costado oeste de Villanueva, Urumita y La Jagua del Pilar, para después cruzar

⁴⁰ Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar), 2020. Caracterización e impactos ambientales por vertimientos en tramos de la cuenca media y baja del río Cesar, Valledupar.

⁴¹ Corporación Autónoma Regional de la Guajira (Corpoguajira), 2010. Registro de usuarios del recurso hídrico y reglamentación de la cuenca del río Cesar.

el Cesar, en su viaje por los municipios Valledupar, San Diego, La Paz, El Paso, Astrea, Chimichagua y Chiriguaná.

El río Cesar luego de pasar por La Jagua del Pilar, entra al departamento del Cesar y sigue su recorrido hasta la Ciénaga de Zapatosa donde finaliza. Las principales actividades económicas del Cesar han sido la explotación de minas y canteras; la agricultura junto con la caza, la silvicultura y la pesca⁴² En el departamento del Cesar, los municipios de Valledupar y la paz, hacen vertimientos de aguas residuales en el río Guatapurí y este desemboca en el río Cesar ⁴³

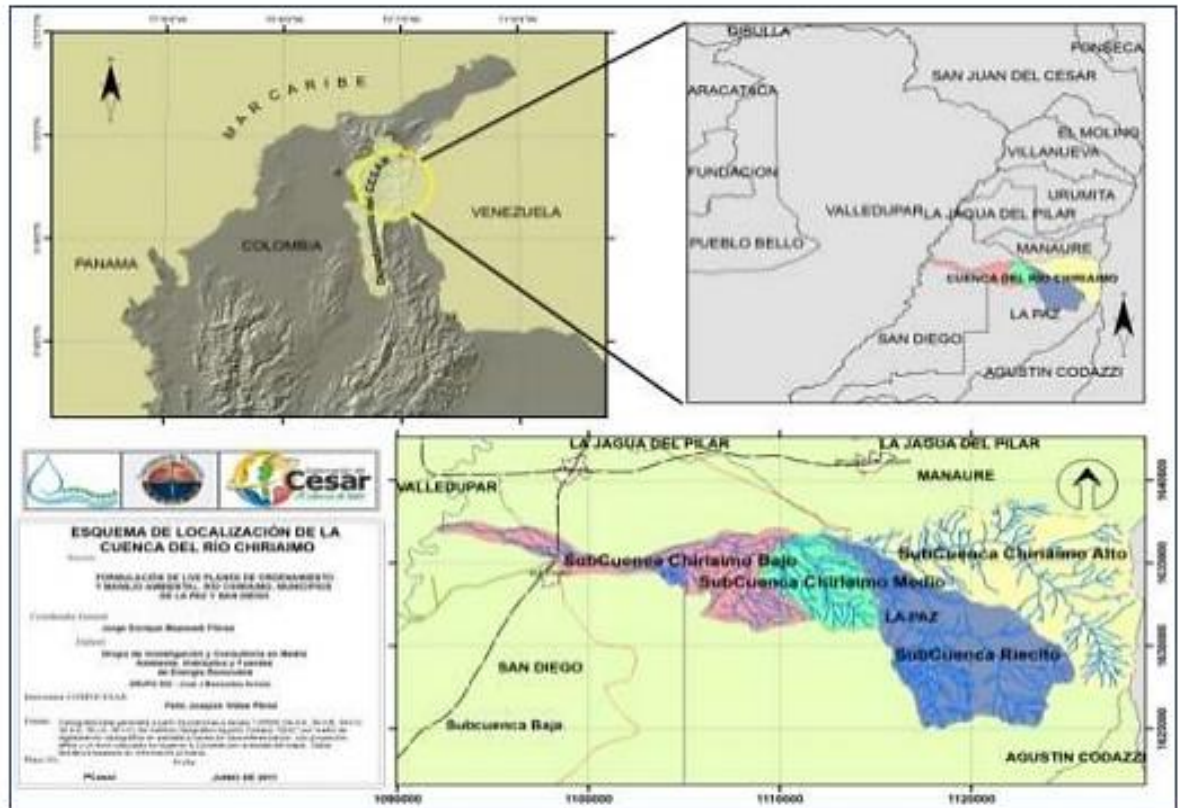
En el municipio de la Paz, Minguillo se utiliza como balneario, para alimentar el ganado y para la pesca, en donde abunda: el bocachico, el blanquillo, el comelón y el bagre. En tiempo de invierno, el nivel del agua aumenta generando inundaciones. En casi todos los municipios las actividades económicas principales son la agricultura y la ganadería, excepto por El Paso y Chiriguaná, donde es la minería. En el Paso, el puerto Santa Elena se ubica al margen izquierdo del Río Cesar y es vecino de los puertos San Martin y Capricho. Astrea, en su corregimiento Santa Cecilia, presenta una quebrada llamada Arjona que confluye con el río, aportándole aguas residuales. Chiriguana y Chimichagua son los últimos municipios en los que el río Cesar hace presencia, para fundirse en la Ciénaga de Zapatosa⁴⁴

⁴² Guzmán, (2013). La industria de lácteos de Valledupar: primera en la región Caribe.

⁴³ Universidad del Atlántico (2011). Caracterización e impactos ambientales por vertimientos en tramos de la cuenca media y baja del río Cesar, Valledupar.

⁴⁴ Guzmán, (2013). El río Cesar.

Figura 4.
Localización general de la subcuenca del río Chiraimo.



Fuente: CORPOCESAR, 2018

5.4.3. Sistema de tratamiento de agua residual del municipio de La Paz

El presente proyecto se desarrollará en el punto de vertimiento de la STAR del municipio de La Paz en el departamento del Cesar. La Paz es un municipio colombiano situado al norte del Departamento del Cesar. Se localiza a 12 km al sur de la ciudad de Valledupar, capital del departamento, y hace parte del área



metropolitana de la ciudad. Cuenta con una población de alrededor de 25.000 habitantes que utilizan el servicio de acueducto y alcantarillado (Alcaldía, 2014).

LAT/LONG: 10°23'53.42" N / 73°12'48.36"N

Figura 5.

Área de influencia STAR del municipio de la paz, Cesar



Fuente: Google maps, 2020.

5.5. MARCO LEGAL

Tabla 2.

Normatividad colombiana referente a las aguas residuales.

NORMA	DESCRIPCIÓN
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA	Señala las responsabilidades del Estado en tanto a prevención y control de los factores que pueden causar deterioro ambiental destacado principalmente en sus artículos 08 y 80.
LEY 9 DE 1979	Denominada Código Sanitario Nacional, en su <i>título I</i> especifica los aspectos generales referentes a residuos líquidos. Ésta se reglamentó con el Decreto 1594/84
DECRETO 1594 DE 1984.	Esta norma reglamentaria del Código Nacional de Recursos Naturales desarrolla ampliamente lo referente a los vertimientos de agua residual, determinando los límites de vertimiento de las sustancias de interés sanitario y ambiental, los permisos de vertimientos, estudios de impacto ambiental y procesos sancionatorios.
DECRETO 4728 DE 2010	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010. "Artículo 28. Fijación de la norma de vertimiento. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial fijará los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las

	aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillado público y al suelo.
DECRETO 2811 DE 1974.	Establece el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En su capítulo II la regulación cuando a la prevención y control de contaminación del recurso hídrico.
RESOLUCIÓN 0631 DE 2015.	Se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Fuente: Constitución Política de Colombia, 1991

6. MARCO METODOLÓGICO

En el Marco Metodológico se ordena y desarrollan las etapas de la investigación; que a su vez conlleva actividades en donde se le da solución a cada objetivo, propuesto al inicio de este proyecto. Según Riquelme (2018), La función de la metodología de la investigación como herramienta de trabajo es otorgarles vigor y severidad científica a los resultados alcanzados en el proceso de estudio. Así mismo, como parte de un proyecto, la metodología de la investigación tiene la función de exponer y describir los criterios que se adoptaran según la elección del método de trabajo y la exposición de las razones que dan pie a dichos procedimientos, siendo los más calificados para emprender el estudio del objetivo.

6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Nuestra línea de investigación es Sostenibilidad y Gestión Ambiental, con la sublínea Gestión integral Del Recurso Hídrico a que está basada en el desarrollo y aplicación de sistemas de detección, programas de seguimiento y metodologías para el análisis químico, físico y microbiológico del agua; y evaluación de la calidad de esta.

6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio o investigación que se utilizó fue descriptiva, según (Supo & Cavero, 2014) es aquella que va desde el punto de vista cognoscitivo hasta la descripción estadística, en nuestro caso describieron situaciones o eventos que examinaron las características del tema, definir y formular hipótesis, seleccionar la técnica para la recolección de datos y las fuentes a consultar.

6.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Tomando como referencia a (Supo & Caverro, 2014) los niveles de investigación que soporta el estudio que se va a realizar son la Investigación Correlacional y explicativa porque los objetivos planteados así lo ameriten, en el caso de la investigación explicativa no sólo describe el problema o fenómeno observado sino que se acerca y busca explicar las causas que originaron la situación analizada (relación causa-efecto) y para la Investigación Correlacional porque se intenta medir la relación entre dos o más variables.

6.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Río Cesar hace un recorrido de 280 km entre la Sierra Nevada de Santa Marta y su desembocadura en el río Magdalena, es una de las principales cuencas hidrográficas del norte del país y el sustento de las poblaciones ubicadas entre la Guajira y el Cesar (Guzmán, 2013)

La población objeto de estudio fue el Río Cesar en el punto de vertimiento de la STAR del municipio de La Paz, comenzando 50 m antes del punto de vertimiento y terminando aproximadamente 50 m después del punto de vertimiento (ver figura 6).

6.5. MUESTRA POBLACIONAL

La delimitación del área de estudio es primordial a la hora de realizar cualquier proyecto ya que toda la población no se puede analizar (en este caso el río Cesar), se elegirá la parte del mismo que se encuentra dentro del área de influencia de STAR del municipio de la Paz, Cesar.

6.6. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, definiremos las etapas (o fases) y las actividades que fueron necesarias para dar cumplimiento a los objetivos inicialmente planteados.

6.6.1. Etapa 1: *Identificación de la presencia de Bisfenol A, Ibuprofeno, eritromicina, etinilestradiol, progesterona, Gemfibrozil, cafeína, Triclosán y Carbamazepina antes, durante y después del vertimiento de aguas residuales de STAR del municipio de La Paz, Cesar por medio de cromatografía líquida.*

Actividad 1.1. Fase de campo.

Muestreos: Los muestreos se realizaron durante dos puntos del año (Temporada Lluviosa y de Seca) para comparar las concentraciones de los contaminantes Bisfenol A, Ibuprofeno, eritromicina, etinilestradiol, progesterona, Gemfibrozil, cafeína, Triclosán y Carbamazepina con las lluvias y sin ellas. Se contaron con tres muestras de 1L por visita, la primera muestra antes del vertimiento (alrededor de 50m) de la STAR, la segunda muestra se tomó en el punto de vertimiento de la STAR y por último se tomó la muestra después del vertimiento (alrededor de 50 m). Una vez se recolectó la muestra, se georreferenciaron las coordenadas del sitio de toma de muestra y se almacenaron en contenedores de vidrio rotulados a una temperatura de 2 a 4°C para su análisis.

Actividad 1.2. Fase de Laboratorio.

Caracterización fisicoquímica de las muestras: Una vez en el laboratorio, las muestras de agua recolectadas se caracterizaron realizando los análisis fisicoquímicos correspondientes: Conductividad, PH, Sólidos Suspendidos,

Turbiedad, DQO, DBO, Alcalinidad Total, Dureza Total, Dureza Cálctica y Cloruros (Gonzalo López, Olivera Martínez, Rey Benito, & Nava Tovar, 2011).

Actividad 1.3. Determinación de la presencia de contaminantes emergentes.

La técnica que se utilizó para determinar los contaminantes emergentes (Bisfenol A, Ibuprofeno, eritromicina, etinilestradiol, progesterona, Gemfibrozil, cafeína, Triclosán y Carbamazepina) fue la cromatografía líquida. Esta prueba consiste en separar los componentes individuales de la muestra mediante las interacciones químicas o físicas de la misma (Facultad de Ciencias (Ciències Nord acceso carrer dels Til·lers), 2016). Este proceso se llevó a cabo en la Universidad de Córdoba, ya que ellos cuentan con los equipos necesarios para la realización de las pruebas.

6.6.2. Etapa 2: Establecimiento de las correlaciones entre las concentraciones de contaminantes emergentes y los parámetros físicos y químicos de cada punto de análisis del sistema lótico.

Actividad 2.1. Modelar el flujo de caudal.

Para el cálculo del caudal se utilizó el método del molinete con el que se pudo efectuar una estimación aproximada utilizando el método velocidad/superficie en las secciones del río (Román, 2017). Un molinete mide la velocidad en un único punto y para calcular la corriente total hacen falta varias mediciones. Los cálculos de caudal se realizaron con la ecuación que relaciona la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal (Hudson, 1997), calculándose a partir de la fórmula:

Ecuación 1. Ecuación de Caudal (Q).

$$Q \left(m^3 / seg \right) = A(m^2) \times V(m / seg)$$

Cabe resaltar que la profundidad máxima del caudal en una corriente a veces se puede deducir por la altura de los residuos atrapados en la vegetación de los márgenes o de señales más elevadas de socavación o de depósitos de sedimentos en la orilla. Una vez que se conoció la profundidad máxima de la corriente, se pudo medir el área de la sección transversal correspondiente del canal y calcular la velocidad por la ecuación mencionada anteriormente, teniendo presente que la velocidad en un caudal elevado suele ser superior a la de un caudal normal (Hudson, 1997).

Actividad 2.2. Utilizar el modelo matemático adecuado para establecer la correlación

Para analizar la relación entre variables se utilizaron los llamados «coeficientes de correlación». Se realizaron sobre variables cuantitativas o cualitativas. Ello determinó si se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, el de Spearman, o el de Kendall. Hasta el momento la aplicación de la correlación ha sido amplia y diversa en diferentes campos como ciencias naturales, economía, psicología, etc. y por supuesto, en investigaciones de todo tipo incluida la nuestra (Suárez, 2015).

Actividad 2.3. Manejo de herramientas y software para realizar análisis de datos y correlaciones.

En la actualidad existen multitud de herramientas para realizar este tipo de análisis de dato el método que se utilizará es el programa XLstat que nos sirve para conjuntos de datos pequeños, aunque no preparadas exactamente para ello, si no

para usos más generalistas, y que son óptimas por su campo de datos finito (Contreras Navarrete, 2011).

6.6.3. Etapa 3: Determinar la influencia de las características hidrográficas del río Cesar en los puntos de análisis con respecto a las concentraciones de contaminantes emergentes para la prospectiva causa-efecto y posibles soluciones.

Actividad 3.1.: Revisión Bibliográfica y/o cálculos de los parámetros hidrográficos de la cuenca del río Cesar.

Se realizó la búsqueda de información en los lineamientos de la GUÍA TÉCNICA PARA LA FORMULACIÓN DE LOS PLANES DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS (POMCA) y análisis de la información sobre las características hidrográficas del río Cesar en el tramo de influencia de la STAR del municipio de la Paz, bajo los lineamientos de la guía POMCA anteriormente mencionada, en prospectiva a la identificación y valoración de los contaminantes emergentes encontrados.

Actividad 3.2.: Recolección y procesamiento de datos obtenidos en la salida de campo con los parámetros hidrográficos del río Cesar.

Se procedió a la recopilación de los datos tomados y su debido cálculo para determinar el comportamiento del flujo (hidrodinámica) en los diferentes puntos de muestreo teniendo en cuenta los aspectos como pendiente del cauce, topografía, densidad de drenaje, entre otros; de la zona y considerar si estas características favorecen a las concentraciones de contaminantes emergentes.

Actividad 3.3.: Posibles Alternativas al control de la concentración de los CE's.

En esta etapa se buscaron las posibles alternativas para el manejo, disminución o prevención de los contaminantes emergentes en el vertimiento puntual en las aguas del río Cesar.

6.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En este proyecto la investigación es de campo, por lo que no se manejó ninguna variable, y se realizó el levantamiento de línea base en materia de una de las características del agua como son los contaminantes emergentes en los puntos tomados en el río Cesar.

7. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Etapas 1: Identificación de la presencia de Bisfenol A, Ibuprofeno, eritromicina, etinilestradiol, progesterona, Gemfibrozil, cafeína, Triclosán y Carbamazepina antes, durante y después del vertimiento de aguas residuales de STAR del municipio de La Paz, Cesar.

Identificación de contaminantes emergentes

Las sustancias emergentes fueron identificadas en dos etapas de muestreo realizadas, la primera el 12 diciembre 2019 y la segunda el 1 marzo de 2020, teniendo en cuenta las temporadas de lluvias que se presentan en la región.

Los resultados obtenidos en diciembre del 2019 corresponden a la Temporada lluviosa dado que es un mes precedido por altas precipitaciones, mientras que los resultados obtenidos en marzo de 2020 corresponden a la Temporada seca por ser precedido por los meses más secos del año (IDEAM 2014).

Las sustancias emergentes a analizar (Bisfenol A, Ibuprofeno, eritromicina, etinilestradiol, progesterona, Gemfibrozil, cafeína, Triclosán y Carbamazepina) fueron detectadas en las muestras de agua mediante la cromatografía líquida, obteniendo como resultado la siguiente tabla:

Tabla 3.

Valores de contaminantes emergentes encontrados

		Temporada lluviosa (Diciembre 2019)				Temporada seca (marzo 2020)			
CE's	Unidades	E1	E2	E3	Media	E1	E2	E3	Media
BPA	µg/L	0,104	0,204	ND	0,15	ND	2,06	ND	2,06

EE2	µg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Progesterona	µg/L	0,185	0,372	ND	0,28	ND	ND	ND	ND
Ibuprofeno	µg/L	ND	ND	ND	ND	0,2	7,06	3,22	3,49
Gemfibrozilo	µg/L	ND	ND	0,1	0,1	0,04	2,87	1,41	1,44
Cafeína	µg/L	0	3286	1592	1626	0,58	4,48	3,58	2,88
Triclosán	µg/L	0,11	0,378	ND	0,24	ND	0,49	0,64	0,57
Carbamazepina	µg/L	ND	ND	ND	ND	ND	0,71	0,4	0,56

Fuente: Autores, 2021.

La presencia de hormonas esteroideas en las muestras de agua tomadas durante la Temporada lluviosa resultó positiva para la progesterona en los puntos E1 y E2, en el punto E3 no se detectó la sustancia, en promedio obtuvimos 0,279 µg/L de progesterona presente en el río Cesar en el área de influencia del STAR del municipio de la Paz, obteniendo una mayor concentración durante el vertimiento de las aguas residuales. Durante la Temporada seca la progesterona no fue detectada en ninguno de los puntos de vertimiento. Esta hormona es habitual encontrarla en aguas superficiales donde inciden aguas residuales, debido a que es una sustancia que el hombre contiene de forma congénita, desarrollada en los ovarios y secretadas por la placenta (Gil et al. 2012), concordando con los resultados encontrados en la Temporada lluvia.

En el caso del 17α-Etinilestradiol (EE2), la detección resultó negativa en todas las muestras de agua de ambas Temporadas (lluviosa y seca). Esta hormona sintética proviene esencialmente de píldoras anticonceptivas, siendo estas eliminadas y/o biodegradadas de forma neutra por procesos de tratamientos para aguas residuales (Ferreira, A. 2017).

El ibuprofeno, siendo un analgésico de alta automedicación muy presente en aguas residuales, al igual que el anti-epiléptico Carbamazepina (Aguilar, F. 2013), no fueron detectados en ningunos de los puntos de muestreo durante la Temporada lluviosa, Para la Temporada seca la presencia de ibuprofeno en E1 fue de 0,20 $\mu\text{g/L}$, en E2 7,06 $\mu\text{g/L}$ y finalmente en E3 3,22 $\mu\text{g/L}$ presentándose en mayor proporción durante el área de vertimiento de las aguas residuales. La Carbamazepina no fue detectada en el punto E1, En E2 fue de 0,71 $\mu\text{g/L}$ y en E2 0,40 $\mu\text{g/L}$. Ambos fármacos tienen una baja persistencia en el agua contrastando con otros fármacos (Sánchez, B. 2019) Lo que nos indicaría porque no fueron detectados durante la Temporada lluviosa.

El fármaco lipo-regulador Gemfibrozilo, utilizado para reducir el colesterol en la sangre, fue detectado únicamente en la muestra correspondiente al punto después del vertimiento de aguas residuales E3 con un valor de 0,1 $\mu\text{g/L}$ en Temporada lluviosa. Se pudo detectar su presencia en los puntos E1 0,04 $\mu\text{g/L}$, E2 2,87 $\mu\text{g/L}$ y E3 1,41 $\mu\text{g/L}$. Este fármaco es hidrofóbico y suele adherirse a los sedimentos o suelos (Madera et al. 2017) lo que explicaría su detección en todos los puntos de la Temporada seca.

El bisfenol A fue detectado en la Temporada lluviosa en los puntos E1 0,104 $\mu\text{g/L}$ y E2 0,204 $\mu\text{g/L}$, obtuvo una mayor concentración en el punto durante de vertimiento de las aguas residuales del STAR del municipio de la Paz. En Temporada seca fue detectado únicamente en el punto E2 con 2,06 $\mu\text{g/L}$. Este tipo de aditivos industriales es usado con frecuencia en la fabricación de plásticos con resinas epóxicas, entrando con facilidad al medio ambiente (Tejada Et al. 2014). La Resolución 4143 de 2012 en su artículo 12 prohíbe el contacto del BPA con

alimentos o bebidas para el consumo humano ya que es considerado dañino para el organismo.

El Triclosán biosida es usado para productos de cuidado personal y del hogar como lo son: Dentífricos, jabones corporales y anti-bacteriales, y artículos de belleza; fue detectado para la Temporada lluviosa antes y durante el vertimiento de aguas residuales (E1 y E2), con una media de 0,244 $\mu\text{g/L}$ presente en el área de influencia, para Temporada seca obtuvimos una media de 0,57 $\mu\text{g/L}$, detectando el Triclosán en los puntos E2 y E3. Según estudios analizados por Bermudez Zuluaga & Torres Romero (2019) exponen que es común hallar la presencia de este compuesto con variabilidad en aguas superficiales (0,0002-0,285 $\mu\text{g/L}$) y aguas residuales (0,0109-86,2 $\mu\text{g/L}$), concordando con los resultados obtenidos en los puntos donde se detectó el contaminante.

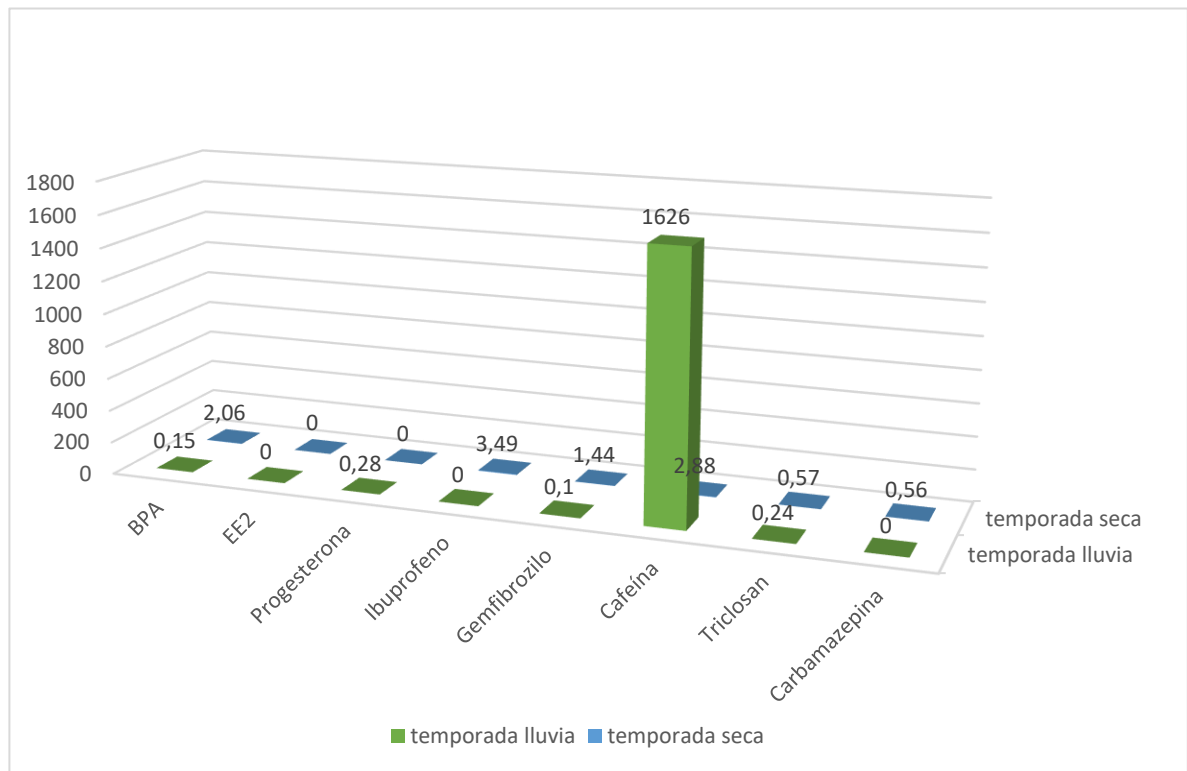
La cafeína representa la sustancia emergente de mayor magnitud encontrada en el área de influencia durante la Temporada lluviosa, obteniendo una media de 1626 $\mu\text{g/L}$ presente en los puntos durante y después del vertimiento de aguas residuales (E2 y E3) de la STAR del municipio de La Paz. En la Temporada seca, su detección resultó positiva en todos los puntos, aunque en menor magnitud (E1 0,58 $\mu\text{g/L}$, E2 4,48 $\mu\text{g/L}$, E3 3,58 $\mu\text{g/L}$).

La cafeína se contempla en una gran variedad de plantas como el café, cacao, guaraná, hojas de té y nuez de cola, también es añadido en algunos productos como energizantes, refrescos y medicinas, además de ser usado en ocasiones como un pesticida natural. Este estimulante actúa como oponente de la adenosina, contribuyendo al alivio de migrañas, justificando su uso en muchos analgésicos (Bermúdez et al. 2019). El basto uso y según Arias & Escuderos (2011), la

resistencia de esta sustancia a los tratamientos, nos indica que es válida la presencia en gran cantidad de la sustancia.

Las cantidades de $\mu\text{g/L}$ determinadas para cada sustancia emergente por temporada pueden observarse en la Figura 6, donde la temporada seca presenta cantidades superiores en comparación con la temporada de lluvias en la mayoría de las sustancias emergentes, sin embargo, para la cafeína en la temporada de lluvia se presentó una magnitud mayor a todos los valores determinados.

Figura 6.
Valores de contaminantes encontrados.



Fuente: Autores, 2021

Parámetros físico-químicos

Las variables analizadas son significativas para los ecosistemas acuáticos, siendo indicativo de la estructura y la dinámica de elementos contaminantes y ayudan a la estimación de la calidad de agua en los sistemas loticos.

Tabla 4.
Parámetros fisicoquímicos comparados con la normativa correspondiente en las Temporada Lluviosa y Seca.

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS																	
Parámetro	Unidad	TEMPORADA LLUVIOSA				Resolución 0631 del 2015	cumple/ No cumple	Resolución 2115 del 2007	cumple/ No cumple	TEMPORADA SECA				Resolución 0631 del 2015	cumple/ No cumple	Resolución 2115 del 2007	cumple/ No cumple
		E1	E2	E3	Media					E1	E2	E3	Media				
Temperatura	°C	29,6	32,8	30,6	31	-	-	-	-	31,7	32,3	31,5	31,8	-	-	-	-
Conductividad	µs/cm	127	808,7	1440	791,9	-	-	1000	✓	665,9	1174	983,6	941,2	-	-	1000	✓
pH		7	7,99	6,61	7,2	6.- 9.	✓	6,5-9	✓	6,98	7,1	6,98	7	6.- 9.	✓	6,5-9	✓
Turbiedad	NTU	3,8	4,26	4,01	4,02	-	-	2	×	10,9	27,2	12	16,9	-	-	2	×
DQO	mg/L	120	440	420	326,7	180	×	-	-	0	372	520	297,3	180	×	-	-
Alcalinidad Total	mg/L	45	48	30,7	41,3	-	-	200	✓	50	70	48	56	-	-	200	✓
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	272	364	432	356	-	-	300	×	130	404	176	136,7	-	-	300	✓
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	192	362	136	230	-	-	60	×	54	70	48	56	-	-	60	✓
Dureza Magnésica	mg/L CaCO ₃	80	2	296	126	-	-	36	×	76	200	16	97,3	-	-	36	×
Cloruros	mg/L Cl-	1,929	0,529	0,759	1,07	-	-	250	✓	0,299	1,299	1,299	1	-	-	250	✓
Sólidos Sedimentables	mg/L	0,01	0,07	0,03	0,037	5	✓	-	-	0,01	0,05	0,1	0,1	5	✓	-	-
Sólidos Suspendidos	mg/L	32	258	262	184	90	×	-	-	4144	424	6618	3728,7	90	×	-	-
Sólidos Fijos	mg/L	20	242	248	170	-	-	-	-	622	92	703	472,3	-	-	-	-
Sólidos Volátiles	mg/L	12	16	15	14	-	-	-	-	3522	332	5915	3256,3	-	-	-	-

Fuente: Autores, 2021

La temperatura es una variable importante en los cuerpos de agua debido a que propicia modificaciones en el ambiente de crecimiento de la flora y la fauna en los sistemas loticos, aumentando la toxicidad de ciertas sustancias en las aguas. El valor promedio de la temperatura en la temporada lluviosa fue de 31°C y en la Temporada seca fue de 31,8 °C, valores que se encuentran en condiciones óptimas (< 35 °C) para la biota acuática (Duran, L. 2017).

La conductividad marca la presencia de sales ionizadas, como cloruros o iones de sodio, carbonatos, etc. presentes en las aguas, en la Temporada Lluviosa la conductividad promedio fue de 791,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ estando dentro del rango permisible en la resolución 2115 de 2007, pero el punto E3 en este caso, es el de mayor magnitud con una conductividad de 1440,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la cuál sobrepasa los límites permisibles. En la Temporada seca el promedio de conductividad fue de 941,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ estando dentro del rango permisible de la resolución.

El pH En la Temporada Lluviosa fue de 7,2 en promedio, los valores obtenidos en los puntos de muestreo oscilaron entre 6,61(E3) y 7,99(E2), encontrándose dentro de los límites permisibles para agua potable y para vertimientos de aguas residuales. En la Temporada Seca en promedio se obtuvo 7,0 y los valores en los puntos de muestreo oscilaron entre (E1 y E3) 6,98 y (E2)7,1. El valor del pH determina que tan alcalina o acida puede estar un agua, siendo 7,0 la neutralidad exacta (Rodríguez, J. 2009), resultando ser en promedio un agua neutra en ambas Temporadas de muestreo.

La turbiedad para la Temporada Lluviosa fue en promedio de 4,02 NTU mientras que para la Temporada seca fue de 16,9 NTU sobrepasando los límites de la resolución 2115 de 2007 para agua potable en ambos casos, La turbiedad mayor durante la Temporada seca puede deberse a varios factores como la acumulación de solidos volátiles, o por la disminución del caudal de río mientras la velocidad de

descarga del vertedero era constante haciendo que se removieran sedimentos y materia orgánica.

La demanda química de oxígeno (DQO) describe la cantidad de oxígeno requerido por el cuerpo de agua para oxidar la materia orgánica. Durante la Temporada lluviosa en promedio la DQO fue de 326,7 mg/L, oscilando los valores en los puntos de vertimiento entre E1120 mg/L y E3420 mg/L. En Temporada seca el valor promedio fue de 297,3 mg/L, con E1 0 mg/L, E2 372 mg/L y E3 520 mg/L. Sobrepasando en ambos casos el rango permitido por la resolución 0631 de 2015 para vertimientos de aguas residuales. El aumento de la DQO favorece a la depreciación de la capacidad de purificación de los sistemas loticos, disminución del oxígeno disuelto, salinización de los suelos, y quebranto de la biodiversidad acuática y calidad del uso (Carballo Lugo, 2018).

La alcalinidad siendo la capacidad de neutralizar ácidos (Montoya, 2011) nos indica la capacidad del río para neutralizar sustancias una vez sean vertidos en él. Durante la Temporada lluviosa la alcalinidad total en los tres puntos fue de E1 45 mg/L, E2 48 mg/L, E3 30,7 mg/L y en promedio 41,3 mg/L. En la Temporada seca E1 50 mg/L, E2 70 mg/L, E3 48,0 mg/L, obteniendo en promedio 56,0 mg/L. Los resultados nos indican que la alcalinidad de las aguas del río oscila entre los 30,7 mg/L y 70 mg/L, dentro de los límites permitidos por la resolución 2115 de 2007. Según lo expuesto por Guevara, R en 2019, Los valores recomendados para la alcalinidad se encuentran entre los 100 mg/L y 200 mg/L, por lo que la alcalinidad presente en el área de influencia del STAR es baja.

La dureza de un agua se debe al conjunto de sales alcalino-terreas de calcio y magnesio que lleva disuelta (ULLOA GUEVARA, 2019). La resolución 2115 de 2007

nos indica los límites permisibles para la dureza total, las sales de calcio y las de magnesio, obteniendo como resultado para la Temporada lluviosa los puntos E1 272 mg/L CaCO_3 E2 364 mg/L CaCO_3 E3 432 mg/L CaCO_3 y en promedio 356 mg/L CaCO_3 lo cual sobrepasa los límites de la resolución. Caso opuesto en la Temporada seca, donde el promedio de la dureza total es 136,7 mg/L CaCO_3 y los valores exactos de los puntos fueron E1 130 mg/L CaCO_3 E2 404 mg/L CaCO_3 E3 176 mg/L CaCO_3 estando dentro de los límites permisibles.

La dureza cálcica durante la Temporada lluviosa fue de E1 192 mg/L CaCO_3 , E2 362 mg/L CaCO_3 y E3 136 mg/L CaCO_3 , en promedio fueron 230 mg/L CaCO_3 los cuales sobrepasan los niveles de calcio según la resolución 2115. En la Temporada lluviosa las cantidades de dureza cálcica encontradas fueron E1 54 CaCO_3 , E2 70 CaCO_3 , E3 48 CaCO_3 y una media de 56,0 CaCO_3 resultados que se encuentran dentro del límite permisible.

La dureza magnésica durante ambas Temporadas (lluviosa y seca) resultó sobrepasando los límites permisibles por la resolución, siendo en promedio para la Temporada lluviosa 126 CaCO_3 y para la Temporada seca 97,3 CaCO_3 .

La dureza en la Temporada Lluviosa nos indica un agua en promedio de 356 mg/L CaCO_3 considerada agua dura las cuales son más productivas, y para la Temporada seca obtuvimos un valor promedio de 136,7 CaCO_3 que se estima como agua blanda y en su defecto menos productiva, La productividad está generada por unas ciertas especies que se adaptan a estos escenarios, aguas con durezas intermedias pueden poseer fauna y flora más variada, pero son menos productivas en términos de biomasa (Carballo Lugo, 2018).

Los cloruros durante la Temporada lluviosa obtuvieron en los puntos E1 1,929 mg/L Cl-, E2 0,529 mg/L Cl-, E3 0,759 mg/L Cl- Resultaron ser bajos, obteniendo en promedio 1,07 mg/L Cl-, para la Temporada seca los puntos fueron E1 0,299 mg/L Cl-, E2 1,299 mg/L Cl-, E3 1,299 mg/L Cl- y en promedio para este muestreo se obtuvo 1,0 mg/L Cl-. Durante ambas Temporadas los valores están muy por debajo del límite permisible de la resolución 2115 de 2007 (250 mg/L Cl-), Los cloruros consiguen acceder a las aguas superficiales mediante vertimientos de aguas residuales debido a que los excrementos y orinas humanas contienen cloruros en cantidades similares a las consumidas en alimentos que contienen dicha sustancia (Muñoz, A. 2008).

Los sólidos sedimentables para la Temporada lluviosa en promedio fueron de 0,037 mg/L y para la Temporada seca fueron de 0,1 mg/L, siendo ambas aceptables según la resolución 0631 de 2015 para aguas residuales.

Los sólidos suspendidos para la Temporada Lluviosa en promedio obtuvieron un valor de 184 mg/L, mientras que en la temporada seca aumento en gran medida el valor promedio 3728,7 mg/L, donde el punto con el valor más alto para solidos suspendidos fue el E3 6618 mg/L sobrepasando por mucho los límites que dicta la resolución 0631 de 2015. Los sólidos suspendidos son un parámetro muy importante en el proceso de purificación de plantas de tratamiento de aguas residuales, porque es Considerado como un indicador de contaminación por vertimientos. (Muñoz, 2008).

Los sólidos volátiles fueron en promedio 14 mg/L y fijos en promedio 170 mg/L para la Temporada lluviosa, en promedio para la Temporada seca se obtuvo fijos 472,3 mg/L y volátiles 3256,3 mg/L. Aunque estos solidos no se encuentran en la

resolución son importantes para evaluar la concentración de las aguas residuales para determinar la validez de los tratamientos biológicos (Muñoz, 2008).

Etapas 2: Establecimiento de las correlaciones entre las concentraciones de contaminantes emergentes y los parámetros físicos y químicos de cada punto de análisis del sistema lótico.

Medición de Caudal

Las lluvias son el factor principal que tiende a afectar los caudales del río Cesar, así como el de sus afluentes. En el municipio de La Paz el promedio anual del régimen de lluvias muestra registros anuales inferiores a los 1000 mm, siendo esta una de las zonas con menor precipitación en el departamento (CORPOCESAR, Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR) versión definitiva, 2019). Estos patrones generalmente varían por fenómenos climáticos como El Niño y la Niña (IDEAM & UNAL, 2018), que cambian drásticamente las precipitaciones no solo en cantidades, sino en los tiempos que estas caen (Gutierrez Moreno, Borja Acuña, & Villa García, 2011).

Las secciones de aforo, en los diferentes sitios donde se realizó la medición de caudal son presentadas a continuación para hacer un análisis más detallado del flujo que lleva el río, cabe aclarar que los aforos fueron realizados mientras el río estaba fluyendo.

Tabla 5.

Características de las secciones de aforo en las temporadas de muestreo.

		TEMPORADA LLUVIOSA				TEMPORADA SECA			
Parámetro	Unidades	E1	E2	E3	Media	E1	E2	E3	Media
Ancho	M	28,0	0,5	24,0	17,5	28,0	0,5	23,5	17,3

Profundidad	m	0,284	0,150	0,275	0,236	0,337	0,070	0,183	0,2
Velocidad	m/s	0,326	0,600	0,488	0,471	0,016	1,208	0,103	0,4
Área	m ²	1,303	0,075	1,933	1,103	1,557	0,035	1,370	1,0
Caudal	m ³ /s	0,576	0,045	1,360	0,660	0,027	0,042	0,121	0,1

Fuente: Autores, 2021

Se observó que el agua no moja completamente el lecho del río, y las turbulencias no son apreciables a simple vista pese a ser Temporada lluviosa, como sucede en causes más grandes, al igual que las formaciones rocosas son poco visibles en puntos de muestreo, aguas debajo de la primer estación (Antes del vertimiento) se tiene un área transversal mucho más ancha que en los otros dos puntos de muestreo y se puede percibir una disminución de la velocidad. En el tercer punto de muestreo (después del vertimiento) hacer la medición del caudal fue algo tedioso gracias a la dificultad del terreno, en especial del suelo, debido a la acumulación de materia orgánica, y por el tipo de suelo arcillo-limoso.

En la temporada de lluvia debido a la turbiedad del agua no se pudo mirar a simple vista el fondo del río, el agua presentaba un color verdoso y negro en las orillas que nos indica el del crecimiento excesivo de algas verdes y cianobacterias en la superficie del agua, favorecido por el vertimiento de nutrientes como lo son el nitrógeno y el fosfato (Pardo, 2018).

Se sabe que en las temporadas secas, el río suele disminuir su área mojada y el volumen del agua que circula, por ende los caudales se ven afectados directamente por esto, además que en el municipio de La Paz, las precipitaciones anuales son muy bajas, lo que genera que al llegar la Temporada seca el flujo de agua disminuya con respecto al cauce (CORPOCESAR, Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR) versión definitiva, 2019).

En la temporada lluviosa E1 tuvo un ancho del cauce de 28 m mientras que en la temporada seca en E3 el ancho fue de 24 m, es decir, hubo una reducción de 4 metros en el ancho del río.

El caudal en el punto E1 para la temporada lluviosa fue 0,576 m³/seg y para la Temporada seca fue de 0,0272 m³/seg, por lo que se presentó una reducción de 0,5487 m³/seg en el caudal. La disminución del caudal trae como consecuencia la pérdida del lecho dentro del canal original, que consecuentemente dejará sin hábitat a peces y otros organismos acuáticos (Welcomme, 1980).

En el punto de vertimiento (E2) la profundidad del vertedero fue constante al igual que el ancho, lo único que presentó una variación fue la velocidad que se halló con el caudalímetro, a partir de estos datos se procedió a aplicar la ecuación de caudal, $Q \left(m^3/seg \right) = A(m^2) \times V(m/seg)$ con la ayuda de Excel, donde el promedio de estos caudales nos dio como resultado el caudal del vertedero (Hudson, 1997).

Como se puede observar en la Temporada Lluviosa y Seca, la velocidad es inversamente proporcional al área como lo establece la ecuación de continuidad (French, 1988), y como se esperaba el caudal en la Temporada Lluviosa es mayor que en la temporada seca en los tres puntos de muestreo (E1, E2 y E3) aunque la diferencia no es grande en E2 donde los valores de Lluviosa y Seca son de 0,0450 m³/seg y 0,0423 m³/seg respectivamente.

Modelo de Correlación de Pearson

El análisis de correlación tiene como objetivo elegir aquellas variables altamente correlacionadas con la variable dependiente y que a la vez tengan una baja

correlación en sí. Dentro del método de Pearson vamos a analizar simultáneamente conjuntos de datos variables medidas para cada individuo u objeto y se interpreta de acuerdo a los siguientes valores; siendo que $-1,00$ es una correlación negativa perfecta lo que nos indica que es inversamente proporcional al parámetro fisicoquímico analizado y $1,00$ siendo correlación positiva perfecta infiriendo que esta es directamente proporcional al parámetro fisicoquímico analizado (Gonzales, 2018).

Tabla 6.

Matriz de coeficientes de correlación de Pearson correspondiente a la temporada de Lluviosa realizada en el software XLstat

Variables	Temperatura (°C)	Turbiedad (NTU)	PH	DQO	Conductividad (µs/cm)	Alcalinidad (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Dureza cálcica (mg/L)	Dureza mágica (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Sólidos sedimentables (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Sólidos fijos (mg/L)	Sólidos suspendidos volátiles (mg/L)	Triclosán (µg/L)	Cafeína (µg/L)	Gemfibrozilo (µg/L)	Progesterona (µg/L)	BPA (µg/L)
Temperatura (°C)	1																		
Turbiedad (NTU)	0.192	1																	
PH	0.652	0.073	1																
DQO	0.468	0.157	0.211	1															
Conductividad	0.076	0.121	0.061	0.093	1														
Alcalinidad (mg/L)	0.196	0.018	0.408	0.054	0.249	1													
Dureza total (mg/L)	0.068	0.058	0.000	0.023	0.205	0.001	1												
Dureza cálcica (mg/L)	0.209	0.087	0.299	0.034	0.005	0.021	0.010	1											
Dureza mágica (mg/L)	0.234	0.052	0.456	0.003	0.030	0.160	0.115	0.625	1										
Cloruros (mg/L)	0.181	0.000	0.074	0.118	0.060	0.068	0.082	0.243	0.035	1									
Sólidos sedimentables (mg/L)	0.078	0.050	0.053	0.537	0.017	0.005	0.121	0.174	0.000	0.007	1								
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	0.470	0.215	0.059	0.274	0.760	0.030	0.236	0.029	0.012	0.112	0.049	1							
Sólidos fijos (mg/L)	0.467	0.199	0.059	0.296	0.759	0.037	0.238	0.024	0.009	0.126	0.060	0.998	1						
Sólidos suspendidos volátiles (mg/L)	0.053	0.238	0.002	0.081	0.067	0.086	0.015	0.148	0.075	0.102	0.213	0.098	0.072	1					
Triclosán (µg/L)	0.099	0.052	0.094	0.431	0.013	0.159	0.171	0.171	0.001	0.100	0.797	0.002	0.004	0.059	1				
Cafeína (µg/L)	0.105	0.054	0.055	0.603	0.043	0.000	0.087	0.133	0.000	0.004	0.977	0.086	0.103	0.254	0.696	1			
Gemfibrozilo (µg/L)	0.059	0.002	0.051	0.002	0.185	0.439	0.001	0.023	0.004	0.050	0.078	0.062	0.074	0.203	0.026	0.116	1		
Progesterona (µg/L)	0.041	0.037	0.067	0.282	0.036	0.193	0.204	0.213	0.001	0.234	0.706	0.002	0.002	0.034	0.963	0.574	0.031	1	
BPA (µg/L)	0.038	0.036	0.065	0.274	0.038	0.195	0.205	0.215	0.001	0.242	0.700	0.003	0.002	0.033	0.959	0.566	0.031	1.000	1

Fuente: Autores, 2021

Tabla 7.

Matriz de coeficientes de correlación de Pearson correspondiente a la temporada de Seca realizada en el software XLstat

Variables	Temperatura (°C)	Turbiedad (NTU)	PH	DQO	Conductividad (µS/cm)	Alcalinidad (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Dureza cálcica (mg/L)	Dureza magésica (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Sólidos sedimentables (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Sólidos suspendidos fijos (mg/L)	Sólidos suspendidos volátiles (mg/L)	Carbamazepina (µg/L)	Triclosán (µg/L)	Caféina (µg/L)	Gemfibrozilo (µg/L)	Ibuprofeno (µg/L)	BPA (µg/L)
Temperatura (°C)	1																			
Turbiedad (NTU)	0,769	1																		
PH	0,073	0,087	1																	
DQO	0,002	0,052	0,015	1																
Conductividad (µS/cm)	0,292	0,708	0,041	0,405	1															
Alcalinidad (mg/L)	0,521	0,740	0,026	0,136	0,647	1														
Dureza total (mg/L)	0,756	0,817	0,132	0,125	0,581	0,602	1													
Dureza cálcica (mg/L)	0,122	0,510	0,002	0,320	0,733	0,471	0,271	1												
Dureza magésica (mg/L)	0,552	0,264	0,139	0,001	0,065	0,163	0,605	0,017	1											
Cloruros (mg/L)	0,038	0,086	0,029	0,396	0,298	0,040	0,254	0,115	0,120	1										
Sólidos sedimentables	0,002	0,035	0,027	0,020	0,168	0,127	0,000	0,120	0,079	0,000	1									
Sólidos suspendidos	0,919	0,736	0,112	0,021	0,217	0,478	0,723	0,095	0,560	0,004	0,014	1								
Sólidos fijos (mg/L)	0,397	0,468	0,084	0,228	0,432	0,319	0,519	0,429	0,129	0,295	0,017	0,251	1							
Sólidos suspendidos	0,706	0,651	0,171	0,020	0,191	0,433	0,619	0,083	0,475	0,005	0,019	0,908	0,100	1						
Carbamazepina (µg/L)	0,058	0,286	0,005	0,007	0,363	0,403	0,056	0,499	0,070	0,000	0,605	0,051	0,085	0,043	1					
Triclosán (µg/L)	0,002	0,111	0,016	0,026	0,273	0,235	0,009	0,269	0,085	0,000	0,945	0,000	0,040	0,000	0,806	1				
Caféina (µg/L)	0,031	0,195	0,003	0,003	0,297	0,323	0,024	0,360	0,078	0,000	0,775	0,017	0,061	0,009	0,957	0,914	1			
Gemfibrozilo (µg/L)	0,071	0,305	0,011	0,004	0,360	0,414	0,062	0,513	0,066	0,000	0,544	0,064	0,089	0,054	0,996	0,754	0,934	1		
Ibuprofeno (µg/L)	0,078	0,313	0,016	0,002	0,354	0,417	0,064	0,514	0,063	0,000	0,514	0,071	0,090	0,059	0,990	0,724	0,921	0,999	1	
BPA (µg/L)	0,165	0,399	0,080	0,001	0,290	0,415	0,115	0,549	0,027	0,000	0,120	0,186	0,104	0,166	0,734	0,294	0,559	0,788	0,814	1

Fuente: Autores, 2021.

En las matrices anteriormente expuestas se encuentran los análisis estadísticos para la determinación del coeficiente de correlación de Pearson, que nos indica si nuestras variables (parámetros fisicoquímicos y contaminantes emergentes) tienen relación entre ellas, en las tablas 6 y tabla 7 se encuentran los puntos observados correspondientes a Temporada lluviosa y Temporada seca respectivamente. Observamos un coeficiente de correlación positivo y fuerte ($R^2 > 0,8$) entre las variables Sólidos sedimentables-Cafeína, Triclosán-Progesterona, Triclosán-BPA y BPA-progesterona con respecto a la Temporada lluviosas. Para la Temporada seca las variables que tuvieron una correlación fuerte ($R^2 > 0,8$) fueron Temperatura-Sólidos suspendidos volátiles, Dureza total-Turbiedad, Sólidos sedimentarios-Triclosán, Sólidos suspendidos volátiles- Sólidos suspendidos totales, Carbamazepina-Triclosán, Carbamazepina- Cafeína, Carbamazepina-Gemfibrozilo, Carbamazepina-Ibuprofeno, Triclosán-Cafeína, Gemfibrozilo- Cafeína, Cafeína- Ibuprofeno, Gemfibrozilo-Ibuprofeno y BPA- Ibuprofeno, en total hay 13 relaciones de variables para esta temporada, como podemos apreciar en el anexo desde la figura 13 hasta la figura 28.

Figura 7.
Linealidad e intervalo de concentración de los contaminantes emergentes.

TEMPORADA	CE'S		Ecuación de la Recta	R ²	intervalo de concentración (µg/L)
	X	Y			
LLUVIA	Cafeína	Sólidos Sedimentables	$Y = 2,04E-05 X + 0,001159$	0,977	0,01 - 0,071
	Progesterona	Triclosán	$Y = 0,94662 X - 0,004365$	0,963	0,10 - 0,38
	BPA	Triclosán	$Y = 1,7152 X - 0,004475$	0,959	0,10 - 0,38
	Progesterona	BPA	$Y = 0,55066 X + 0,000143$	1,000	0,10 - 0,21
SEQUÍA	Triclosán	Sólidos Sedimentables	$Y = 0,13471 X + 0,000864$	0,945	0,01 - 0,11
	Cafeína	Carbamazepina	$Y = 0,142299 X - 0,013268$	0,957	0,01 - 0,4
	Gemfibrozilo	Carbamazepina	$Y = 0,25376 X + 0,001529$	0,996	0,01 - 0,4
	Ibuprofeno	Carbamazepina	$Y = 0,10423 X + 0,001964$	0,990	0,01 - 0,4
	Cafeína	Triclosán	$Y = 0,13645 X - 0,005439$	0,914	0,4 - 0,65
	Gemfibrozilo	Cafeína	$Y = 1,6903 X + 0,14863$	0,934	0,56 - 3,60
	Ibuprofeno	Cafeína	$Y = 0,69121 X + 0,15513$	0,921	0,56 - 3,60
	Ibuprofeno	Gemfibrozilo	$Y = 0,41167 X + 0,000637$	0,999	0,03 - 1,42

Fuente: Autores, 2021

Mediante el resultado mostrado por el modelo estadístico de regresión lineal a los datos de contaminantes emergentes y parámetros fisicoquímicos, en la Temporada Lluviosa se aprecia un valor superior al 90% en el coeficiente de correlación en las variables Sólidos sedimentables-Triclosán, Triclosán-Progesterona, Triclosán-BPA y un valor menor que 0.05 en el valor p asociado al estadístico F calculado en la tabla ANOVA. Según Pauly (1983) hay una relación directamente proporcional entre estos factores expresados por la ecuación $y = a + b(x)$, donde (“a” y “b”) representan al coeficiente estadístico, (“y”) viene siendo la variable dependiente y (“x”) las variables independientes, por lo que tomando en cuenta la ecuación antes mostrada, a medida que los valores de (“x”) aumentan, los valores de (“y”) también aumentarán y viceversa. Para el caso de BPA-progesterona el valor del coeficiente de correlación fue de 100%, donde se muestra la dependencia del BPA hacia la progesterona, también se obtuvo un valor inferior que 0.05 en el valor p asociado al estadístico F calculado en la tabla ANOVA.

Con el modelo estadístico de regresión lineal, en la Temporada Seca se aprecia un valor superior al 90% en el coeficiente de correlación en las variables Temperatura-Sólidos suspendidos volátiles, Sólidos sedimentarios-Triclosán, Sólidos sedimentarios-Cafeína, Sólidos suspendidos volátiles- Sólidos suspendidos totales, Carbamazepina- Cafeína, Carbamazepina-Gemfibrozilo, Carbamazepina-Ibuprofeno, Triclosán- Cafeína, Gemfibrozilo- Cafeína, Cafeína-Ibuprofeno y Gemfibrozilo- Ibuprofeno con un valor menor que 0.05 “p” asociado al estadístico “F” calculado en la tabla ANOVA. Según Pauly (1983) hay una relación directamente proporcional entre estos factores expresados por la ecuación $y = a + b(x)$, donde (“a” y “b”) representan al coeficiente estadístico,

(“y”) viene siendo la variable dependiente y (“x”) las variables independientes, por lo que tomando en cuenta la ecuación antes mostrada, a medida que los valores de (“x”) aumentan, los valores de (“y”) también aumentarán y viceversa. Para el caso de Dureza total-Turbiedad, Carbamazepina-Triclosán y BPA- Ibuprofeno el valor del coeficiente de correlación fue de 80% a 82%, donde se muestra la dependencia de una variable a otra, también se obtuvo un valor inferior que 0.05 en el valor “p” asociado al estadístico “F” calculado en la tabla ANOVA.

En la tabla 7 se logra apreciar la ecuación de la recta que rige a cada contaminante emergente cuya R^2 sea mayor a 0,9 (se usó este valor para tener mayor fiabilidad), con esta ecuación dada por el software XLstat podemos hallar la concentración de un contaminante emergente por medio de otro. También se muestran las interacciones que tuvo cada contaminante emergente, siendo el Triclosán el contaminante con mayores interacciones en la temporada lluviosa (una con la progesterona y otra con el BPA) y en el caso de la temporada de sequía la Carbamazepina con tres interacciones (cafeína, Gemfibrozilo e Ibuprofeno), seguido de la Cafeína con dos interacciones (Gemfibrozilo e Ibuprofeno).

Los resultados en materia de intervalos de concentración ($\mu\text{g/L}$) muestran al Triclosán con un incremento sustancial durante la temporada seca en comparación a la temporada lluviosa, pasó de 0,10 - 0,38 ($\mu\text{g/L}$) a 0,4 - 0,65 ($\mu\text{g/L}$) siendo el único de los contaminantes emergentes que apareció en las dos temporadas cuyo R^2 fue mayor a 0,9.

Etap 3: Determinar la influencia de las características hidrográficas del río Cesar en los puntos de análisis con respecto a las concentraciones de contaminantes emergentes para la prospectiva causa-efecto y posibles soluciones.

Figura 8.

Características hidrográficas del río Guatapurí en la subcuenca “Guatapurí bajo”.

MORFOMETRÍA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO GUATAPURÍ		
Pendiente media de la sub-cuenca	Cota Mayor (m)	200
	Cota Menor (m)	200
Pendiente media (m/m)		0,001
Área de la sub-cuenca o región (km ²)		21,7
Perímetro de la sub-cuenca (km)		31,9
Patrón de drenaje		Paralelo
Densidad de drenaje (m/km ²)		1116
Longitud del cauce principal (km)		2
Altura media de la subcuenca (m)		500
Forma de la sub-cuenca	Longitud de la subcuenca (m)	13200
	Ancho de la subcuenca (m)	1100
	Índice de Gravelius	1,92
Tiempo de concentración de las aguas (min)		53,9

Fuente: POMCA, 2018.

El río Guatapurí nace en la región de vida de páramo (4,400 m.s.n.m.) de la Sierra Nevada de Santa Marta, desde el momento que nace, brinda servicios ambientales a diferentes comunidades a lo largo de su área de influencia. Principalmente para los grupos rurales indígenas y campesinas, la cuenca

hidrográfica del río Guatapurí juega un papel importante para sus necesidades diarias de provisión de agua y alimento, principalmente. Esta cuenca hidrográfica es muy susceptible a inundaciones cada cierto tiempo, las cuales fluctúan entre años secos y húmedos y las cuales pueden ser difíciles de manejar y afectar a la población más vulnerable con influencia en la cuenca (CORPOCESAR, 2018).

Generalmente la cuenca hidrográfica del flujo de Río Guatapurí muestra un elevado potencial para el mantenimiento y perpetuidad del capital natural y las tradiciones culturales alrededor del mismo. Existen ciertos parques regionales favorecen la conservación y el desempeño en la cuenca, primordialmente para las cuencas media y alta del río Guatapurí. La cuenca baja muestra problemáticas ligadas a los modelos productivos que se proporcionan en el área, como por ejemplo ganadería, agricultura y turismo no sostenible, además del incremento urbano de Valledupar entre otras. Pero la realidad es otra, la mayoría los ríos del departamento del Cesar siguen sufriendo el efecto de las continuas actividades humanas; la demanda de material de construcción, específicamente material de arrastre para la ciudad de Valledupar ha sido suplida por la extracción que se hace de este material desde varios ríos, fundamentalmente en los ríos Guatapurí y Cesar. El volumen de materiales de arrastre extraído de los cauces de estos Ríos, está afectado de manera significativa por sus regímenes hídricos y sedimentológicos, a su vez genera impactos ambientales negativos de gran consideración (Ministerio de minas y energía, 2002). Los desechos industriales y domésticos de las poblaciones cada vez creciente y ubicadas a lo largo de la cuenca del río Cesar, tienen como destino final el río, donde la fauna se ha visto sustancialmente reducida.

Este río en la cuenca media y alta se caracteriza por tener pendientes pronunciadas y alta torrencialidad, ocasionando que la velocidad del flujo sea alta

y esté sujeta a un tiempo de concentración muy pequeño, Pero al llegar a la cuenca baja nos encontramos con que sus pendientes son menores y por tanto los tiempos de concentración aumentan, facilitando la concentración de los contaminantes y generando espacios de interacción con los organismos presentes en la zona. En la parte baja del río Guatapurí, la profundidad máxima es un poco más de un metro registrada en su lado derecho y su ancho de 14 m, en estaciones anteriores el cauce del río cuando se presentan aumentos del caudal, el agua se desborda inundando los terrenos adyacentes. Aunque este río presenta poca intervención en términos de los vertimientos que se hacen sobre él, es muy utilizado para la toma de agua para riegos; también recibe los vertimientos del sistema de tratamiento “El Tarullal” (Gutierrez Moreno, Borja Acuña, & Villa García, 2011).

Los contaminantes emergentes son productos de una gran variedad de compuestos químicos y poseen la particularidad que no necesitan persistir en el ambiente para causar efectos negativos generando principalmente efectos tóxicos sobre los organismos que los habitan, los cuales traen como consecuencia alteraciones en el comportamiento y fisiología de los insectos, así como inhibición del crecimiento en plantas acuáticas y algas (Cruz, y otros, 2013).

Como estamos hablando de sustancias tóxicas bioacumulables, decimos que son capaces de llegar a las reservas de agua para consumo a través de las vertientes residuales y corrientes subterráneas. Las técnicas actuales no son adecuadas para su detección y mucho menos para su eliminación, por lo que resulta imperante el desarrollo de procesos avanzados que permitan corregir este problema (Carrasco, Delgado, & Cobos, 2017). Este hecho se demuestra en estudios realizados en los ríos y aguas subterráneas alrededor del mundo, en los que se ha encontrado que a pesar de que los contaminantes emergentes son

sustancias heterogéneas tanto en su estructura química como en su uso, tienen en común el hecho de ser tóxicos para organismos acuáticos sobre los cuales provocan efectos negativos como por ejemplo, la feminización y hermafroditismo de algunas especies de peces o su acción como disruptores endocrinos por lo que deben ser eliminados del ambiente no solamente acuático, pues en últimos estudios se ha encontrado también contaminantes emergentes en el aire, sobre todo de ciudades modernas donde las industrias y el actual estilo de vida han ocasionado la contaminación del medio ambiente (Carrasco, Delgado, & Cobos, 2017).



CO-SC-CERS18726



8. CONCLUSIÓN

Dentro de los parámetros físico-químicos la temperatura y el pH fueron dos variables que se encontraron en condiciones óptimas para la biota acuática, el valor del pH estuvo por debajo del límite permisible por las resoluciones 0631 de 2015 y 2115 de 2007. Los valores de parámetros como la alcalinidad total, la dureza total y los cloruros durante el primer muestreo estuvieron por debajo de los límites permisibles, por lo que no representa alteraciones o efectos adversos en el agua. Aunque la dureza total fue superior al valor permitido por la resolución 2115 de 2007 durante la Temporada seca, esta no representa un peligro para el consumo de las aguas, siendo este parámetro solo determinante según el uso que se le da a las aguas.

Durante la Temporada seca parámetros como la turbidez, los sólidos suspendidos, sólidos fijos y sólidos volátiles presentaron un incremento en sus valores en comparación con los detectados durante la Temporada lluvia, esto condujo a los sólidos a estar en correlación directa según los resultados proporcionados por el software XLSTAT con varios parámetros y sustancias emergentes. Los sólidos suspendidos presentaron una correlación directa y fuerte con la temperatura, la turbidez y los sólidos volátiles. Los sólidos sedimentables presentaron una correlación directa con el Triclosán en ambas Temporadas (Lluviosa y seca), y con la cafeína durante la Temporada seca. Los sólidos como ya se había mencionado son un parámetro importante para la determinación de contaminantes durante los vertimientos de aguas residuales, los resultados obtenidos nos demuestran que es una variable que tiene influencia sobre otros parámetros y sustancias presentes en las aguas.

La presencia de hormonas esteroideas se evidencio en el en área de influencia del STAR del municipio de la Paz durante ambas Temporadas, lo que representa un peligro potencial para el ecosistema acuático de la zona, siendo estas sustancias emergentes las causantes de cambios endocrinos, como la feminización de peces.

Durante la Temporada Lluviosa no fue detectada la Carbamazepina, para la Temporada seca no fue detectada la progesterona y durante las dos Temporadas tomadas para el muestreo la detección para el 17 α -Ethinilestradiol (EE2) resulto ser negativa, indicando que posiblemente esta es la única sustancia emergente estudiada en la presente investigación que es eliminada por los tratamientos del STAR del municipio de La Paz, Cesar.

El Triclosán fue el contaminante emergente con mayor influencia detectado mediante las correlaciones efectuadas en el software XLSTAT durante la Temporada lluviosas, obteniendo correlación directa con los sólidos sedimentables, la progesterona y el BPA. En Temporada seca también obtuvo correlación con los sólidos sedimentables, la Carbamazepina y la cafeína.

La cafeína fue el contaminante emergente con mayor magnitud detectado durante la Temporada lluvia, según la matriz de coeficientes de correlación de Pearson esta presento correlación con cuatro contaminantes emergentes (Triclosán, Gemfibrozilo, Ibuprofeno y Carbamazepina), también presento correlación con un parámetro físico-químico (Sólidos sedimentarios). Hasta el momento no hay estudios que determinen los efectos de la cafeína como sustancia emergente en los cuerpos de agua, por lo que resulta difícil determinar cómo perturba a los ecosistemas acuáticos.

El análisis y la detección de las sustancias emergentes mencionadas incorporan un dictamen preliminar para la investigación sobre estos contaminantes, pretendiendo ser este el inicio de más estudios sobre su detección, los efectos o impactos que generen y los posibles tratamientos en las plantas de tratamiento de agua residual.



CO-SC-CERS18726



9. RECOMENDACIONES

Fomentar el interés en los estudios de impactos generados por los contaminantes emergentes sobre el medio ambiente en general, incluyendo las afectaciones a la fauna y flora aledañas a los ríos.

Generar investigaciones y estudios que ayuden a determinar qué actividades generan mayor contaminación de fármacos dentro del área de influencia de la STAR del municipio de La Paz, con análisis en las diferentes Temporadas del año, además de involucrar variables como el cloro, metales pesados y los microbiológicos que pueden estar influenciando en la presencia de contaminantes emergentes en el río.

Es recomendable hacer una investigación sobre el funcionamiento de las plantas de tratamiento y si estas están haciendo vertimientos según los parámetros dispuestos por la ley.

Realizar campañas ambientales, principalmente a las personas que desarrollan actividades agrícolas, ganaderas y avícolas, y que estén en zonas aledañas o dependan de los ríos principales del departamento, ya que cada vez se reportan daños a la microbiota y al ambiente afectando sus labores diarias y su economía.

Este trabajo es el inicio y se necesita continuar mejorando en los modelos y métodos usados, hasta el día que lo escrito en este documento ayude a crear tratamientos sofisticados para el agua y que logren minimizar el impacto a los que se ven expuestos los recursos hídricos de del departamento, salvaguardando el

bienestar de la población que utiliza estos recursos hídricos para la subsistencia diaria.



CO-SC-CERS18726



10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrevaya. (20 de Agosto de 2008). Genotoxicidad. *IntraMed*. Obtenido de <https://www.intramed.net/contenido.asp?contenido=47111>
- Agencia Catalana de seguridad alimentaria. (16 de Diciembre de 2019). Disruptor endocrino. Cataluña, España. Obtenido de <http://acsa.gencat.cat/es/detall/article/Disruptor-endocrino>
- Aguilar, F. (Noviembre de 2013). *Contaminantes emergentes: Efectos a la salud y medio ambiente así como los tratamientos para su remoción de las aguas residuales domésticas*. Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25399/Aguilar%20Guizar%2C%20Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alcaldía, d. I. (2014). Climatología Municipio de la Paz - Cesar. La Paz, Cesar, Colombia. Obtenido de <https://www.lapazrobles-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- AQUASTAT. (2016). *Uso de agua en riego*. Obtenido de <http://www.fao.org/nr/water/aquastat>
- Arbeláez, P. (1 de Septiembre de 2015). Contaminantes emergentes en aguas residuales y de río y fangos de depuradora. Tarragona, España: Universitat.
- Arias, C., & Escuderos, A. (2011). Estudio preliminar de la presencia de compuestos emergentes en las aguas residuales del Hospital Universidad del Norte. *Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima* © 2011, 275-280.
- AulaNatural. (15 de Diciembre de 2015). *Aulanatural*. Obtenido de <https://aula-natural.com/que-es-un-tensoactivo/>
- AWARE. (13 de Agosto de 2017). Biorreactores de membrana (BRM). *ARE: Innovative hybrid MBR systems to promote water Reuse*. Obtenido de <http://www.life-aware.eu/es/proyecto/tecnologias-de-aware/biorreactores-de-membrana-brm/>

- Barceló, D. (29 de Octubre de 2014). Los contaminantes emergentes: Descripción y tratamientos. España.
- Barceló, D., & López, M. J. (2012). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *PANEL CIENTÍFICO-TÉCNICO DE SEGUIMIENTO DE LA POLÍTICA DE AGUAS*. Barcelona.
- Becerril Bravo, J. E. (2012). *Optimización de metodologías analíticas para la determinación de contaminantes emergentes en aguas de abastecimiento y residuales*.
- Bermudez Zuluaga, J., & Torres Romero, L. (2019). *aplicación de diferentes procesos físico-químicos para la remoción de compuestos emergentes (Triclosán y cafeína) en aguas para consumo humano (tesis de pregrado)*. Bogotá, Colombia.: Universidad Militar Nueva Granada.
- Bolong, N., Ismail, A., Salim, M., & Matsuura, T. (2009). A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal. *Desalination*, 239:229-246.
- Briñez, L., Castro, S., Cifuentes, S., Díaz, P., Guepe, A., Matoma, A., . . . Zárate, S. (2011). *ECOLOGIA*. Universidad autonoma de Occidente, Universidad de Ibagué. Obtenido de <https://ecologia.unibague.edu.co/libro.pdf>.
- Buser, H., Poiger, T., & Muller, M. (1999). Occurrence and environmental behavior of the chiral pharmaceutical drug ibuprofen in surface waters and in wastewater. *Environmental Science & Technology*, 33:2529-2535.
- Camejo, M. (19 de Abril de 2017). *Slide Player*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/3915531/>
- Carballo Lugo, I. (2018). *Estudio de los parámetros físico – químicos, microbiológicos y operativos para la formulación de alternativas de mejora en el sistema de abastecimiento de agua potable del corregimiento de buturama del municipio de aguachica, cesar*. Ocaña: Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña. Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co/handle/123456789/1789>
- Carrasco, J. d., Delgado, C. Y., & Cobos, D. F. (2017). Contaminantes Emergentes y Su Impacto En La Salud. *Revista De La Facultad De Ciencias Médicas De La Universidad De Cuenca*, 35 (2).

- Cartón, A. (7 de Febrero de 2020). *Ecología verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-loticos-que-son-y-ejemplos-2419.html>
- Centro Virtual de Información del Agua. (2017). *Agua.org.mx*. Obtenido de <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>
- Cerdanya ecoresort. (10 de Marzo de 2018). Compuestos orgánicos: qué son y para qué se utilizan. *Cerdanya ecoresort*. Obtenido de <https://blog.cerdanyaecoresort.com/compuestos-organicos-que-son/>
- Colerangle, J., & Deodutta, R. (1997). Profound effects of the weak environmental estrogen-like chemical bisphenol A on the growth of the mammary gland of Noble rats. *he Jour-nal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 60:153–160.
- Concepto de. (28 de Octubre de 2019). *Concepto de*. Obtenido de <https://concepto.de/mutacion/>
- Contreras Navarrete, M. P. (Diciembre de 2011). HERRAMIENTAS DE SOFTWARE APLICADAS AL MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL. Obtenido de http://www.fce.unal.edu.co/media/files/UIFCE/Economia/Herramientas_de_Software_Aplicadas_al_Metodo_de_Regresion_Lineal.pdf
- CORANTIOQUIA. (2016). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH)*,. Medellín.
- Corbacho Lopera, Á., Quiroga, A., & Gutierrez, S. (2018). *Eliminación de contaminantes emergentes en aguas residuales mediante filtros intermitentes de arena/coke para reutilización*. España: UNIVERSIDAD DE CÁDIZ.
- Corbella. (30 de Mayo de 2018). *Triclosán*. Obtenido de La Vanguardia : <https://www.lavanguardia.com/ciencia/20180530/443950625496/alerta-triclosan-dentifrico-colutorio.html>
- Cordi, J. L., Machado Reyes, L., & Hamilton Cordi, M. (1998). Principios generales de la terapéutica antimicrobiana., (págs. 8(1):13-27).

- CORPOCESAR. (2018). : *Formulación Del Plan De Ordenamiento Del Recurso Hídrico Del Rio Chiriamo En Los Municipios De La Paz Y San Diego, Departamento Del Cesar*. Valledupar: Corporación Autónoma Regional. Obtenido de <https://www.corpocesar.gov.co/pomca-chiriamo.html>
- CORPOCESAR. (2018). *POMCA*. Valledupar: Corporación autónoma regional del Cesar. Obtenido de <https://www.corpocesar.gov.co/pomca-rio-guatapuri.html>
- CORPOCESAR. (2019). *Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR) versión definitiva*. Valledupar.
- CORPOCESAR, & Universidad de Córdoba. (2012). Las determinantes ambientales para el ordenamiento territorial rural de los municipios del Departamento del Cesar, Colombia. *Revista Proyección*, VI(13). Obtenido de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13246/05garnica-proyeccion13.pdf
- Corpoguajira, & Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. (2010). *Registro de usuariosdel recurso hídrico y reglamentación de la cuenca del río Cesar*.
- Cruz, M. C., Ferrando, C. L., Rodriguez, M. S., Barceló, D., Marco, U. E., & Vicent, S. M. (15 de Septiembre de 2013). Degradation of pharmaceuticals in non-sterile urban wastewater by *Trametes versicolor* in a fluidized bed bioreactor. *Water Research*, 14(14), 5200-5210. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135413004983?via%3Dihub>
- Dang, H. (2007). Molecular determination of oxytetracycline-resistant bacteria and their resistance genes from mariculture environments of China. *Journal of applied microbiology*, 103:2580-2592.
- EAFIT. (s.f). *Metodos de Concepcion*. Obtenido de Universidad EAFIT: <http://www.eafit.edu.co/minisitios/tallerdesalud/anticonceptivos/Paginas/qu-e-son-los-metodos-anticonceptivos.aspx>
- Facultad de Ciencias (Ciències Nord acceso carrer dels Til·lers). (2016). *Universitat Autònoma de Barcelona*. Obtenido de <https://sct.uab.cat/saq/es/content/cromatografia-liquida>

- French, R. H. (1988). *Hidráulica de canales abiertos*. México: Libros McGRAW-HILLINS INTERAMERICANA DE MÉXICO.
- Galvañ, P. J. (2016). *presencia de los contaminantes emergentes en aguas naturales*.
- Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutierrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 7(2): 52-73.
- Gomez, M. (2006). Determination of pharma-ceuticals of various therapeutic classes by solid-phase extraction and liquid chromato-graphy-tandem mass spectrometry analysis in hospital effluent wastewaters. *Journal of Chromatography A*, 1114:224-233.
- Gonzales, M. (2018). *Determinación estadística de la influencia de los parámetros del control de calidad del agua potable de los municipios de Floridablanca, Girón y Bucaramanga*. Bucaramanga.
- Gonzalo López, J., Olivera Martínez, E., Rey Benito, G., & Nava Tovar, G. (2011). *Manual de instrucciones para toma, preservación y transporte de muestras de agua para consumo humano para análisis de laboratorio*. Bogotá. Obtenido de <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>
- Gutierrez Moreno, L. C., Borja Acuña, R., & Villa García, O. (2011). *CARACTERIZACIÓN E IMPACTOS AMBIENTALES POR VERTIMIENTOS EN TRAMOS DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RIO CESAR, VALLEDUPAR*. UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO, ATLÁNTICO, Barranquilla. Recuperado el 10 de Enero de 2021, de <https://www.corpocesar.gov.co/files/1Metodos.pdf>
- Guzmán, K. (2013). *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional*. Cartagena: Banco de la República. Obtenido de https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_188.pdf
- Henriquez, 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 Bobío, Chile. Tesis para optar al grado de magister en ciencias de la ingenieria:Mención recursos. Santiago de Chile.

Hernando, M., Mezcua, M., Fernandez-Alba, A., & Barceló, D. (2006). Trace-level determination of pharmaceutical residues by LC-MS/MS in natural and treated waters. *A pilot-survey study. Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 385:985-991.

Hudson, N. (1997). *Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. (Boletín de Suelos de la FAO - 68)*. Reino Unido. Obtenido de <http://www.fao.org/3/T0848S/t0848s00.htm#Contents>

IDEAM, & UNAL. (2018). *Variabilidad Climática y Cambio*. Bogotá.

Instituto Mi Río, & Universidad de Antioquia. (2002). *Caracterización ambiental en áreas de retiro en cuatro microcuencas de la quebrada Santa Elena : informe final*. Medellín.

J, R. C. (2017). Contaminantes Emergentes y Su Impacto En La Salud. *Revista De La Facultad De Ciencias Medicas De La Universidad De Cuenca*, Volumen 35 / No 2.

Janssens, I., Tanghe, T., & Verstraete, W. (1997). Development of a risk assessment approach for evaluating wastewater reuse standards for agriculture. *Water Sci Technol*, 12-35.

Jimenez, C. (2011). Contaminantes orgánicos emergentes en el ambiente: productos farmacéuticos. *Revista Lasallista de Investigación*, 8:143-153.

K, G. (2013).

Ministerio de minas y energía. (2002). *Plan nacional de desarrollo minero 2002-2006*. Bogotá, Colombia: UPME.

Moacyr. (2012). Calidad de Agua en embalses. *Wayback Machine*. Obtenido de https://web.archive.org/web/20170913044551/https://capacitacao.ead.une.sp.br/dspace/bitstream/ana/75/4/Unidade_2.pdf

Montagner, C., Vidal, C., & Acayaba, R. (11 de Julio de 2017). CONTAMINANTES EMERGENTES EM MATRIZES AQUÁTICAS DO BRASIL: CENÁRIO ATUAL E ASPECTOS ANALÍTICOS, ECOTOXICOLÓGICOS E REGULATÓRIOS. *Quimica Nova*, 40(9).

Obtenido de

<http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/RV20170146.pdf>

Montellano, L., Cortés Muñoz, J., García Figueroa, Y., & Sánchez Guzmán, M. (2017). *Estrategias analíticas y de monitoreo, para la determinación de contaminantes emergentes y no regulados de importancia sanitaria y ambiental en agua (primera etapa)*.

Nélida, V., & Hernández, C. (2018). El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión. *Terra Nueva Etapa*, XXXIV(56). Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/721/72157132006/movil/index.html>

Ordoñez, S., & Aparicio, A. (2019). *Detección de antibióticos de uso animal y humano como contaminantes emergentes en los ríos del Distrito de Salud 07D04 (Ecuador) cantones Balsas, Marcabell y Piñas*. Ecuador.

Pardo, I. (20 de Noviembre de 2018). Agua verde en lagos, ¿Qué la produce?

Pauly, D. (1983). *Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Makati, Metro Manila, Filipinas. Obtenido de <http://www.fao.org/3/X6845S/X6845S00.htm#toc>

Pérez Álvarez, J. A. (2017). *Fármacos como contaminantes emergentes: caracterización, cuantificación y eliminación en plantas de tratamientos residuales*. Oviedo, España.

Pérez Porto, J., & Merino, M. (2014). *Definiciones*. Obtenido de <https://definicion.de/teratogenesis/>

Pérez Vidal, A., Díaz Gómez, J., Salamanca Rojas, K., & Torres Rojas, L. (2015). *Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw® y Olla Cerámica*. Boyacá.

Ramírez González, A., & Viña Vizcaíno, G. (1998). *Limnología colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Santa Fe de Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá. Impreso.

Reyes, L. (29 de 08 de 2014). ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL, GEOMÉTRICA, LOGARÍTMICA Y CUADRÁTICA EN INFOSTAT. *Reyesestadísticas*.

- Richardson, S. (2009). Water analysis: emerging contaminants and current issues. . *Analytical Chemistry*, 4645-4677.
- Riquelme, M. (6 de Marzo de 2018). Metodología de la investigación (definición y conceptos). Obtenido de <https://www.webyempresas.com/metodologia-de-la-investigacion/>
- Robledo, V. H., Velázquez, M. A., Montañez, J. L., Pimentel, J. L., Vallejo, A. A., López, M. D., & Venegas, J. (2017). HIDROQUÍMICA Y CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS RESIDUALES URBANO INDUSTRIALES DE MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO. *Revista internacional de contaminación ambiental*,, 221-235.
- Roldán Pérez, G. (Fundamentos de limnología neotropical. Antioquia,). 1992. Medellín : Editorial Universidad de Antioquia.
- Román, F. J. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*. España: Createspace Independent Pub.
- Salazar, P. A. (2016). *CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS RESIDUALES Y DE RÍO Y FANGOS DE DEPURADORA*. Tarragona, España.
- Saludemia. (s.f.). Etinilestradiol. *Saludemia: Medicamentos*. Obtenido de <https://www.saludemia.com/-/medicamento-etinilestradiol>
- Shakil, S., Khan, R., Zarrilli, R., & Khan, A. (2008). Aminoglycosides versus bacteria-a description of the action, resistance mechanism, and nosocomial battleground. *Journal of biomedical science*, 15(1), 5-14.
- SHIMADZU. (s.f.). LCMS-IT-TOF: Liquid Chromatograph Mass Spectrometer. *SHIMADZU: Excellence in Science*. Obtenido de <https://www.shimadzu.com/an/lcms/lcmsittof/ittof.html>
- Silva, A. (2019). *Detección de antibióticos de uso animal y humano como contaminantes emergentes en los ríos del distrito de salud 07D04 (ecuador) Cantones balsas, Marcabeli y Piñas*. Quito, Ecuador.
- Smith, T., & Smith, R. (2007). *Ecología 6.a edición*. Madrid, España: Pearson Education.

- Stashenko, E., & Martínez, J. R. (2010). GC-MS: Más de un Analizador de Masas, ¿para qué? *Scientia Chromatographica*, 2(4), 25-48.
- Suárez, H. R. (9 de Julio de 2015). ¿Qué es una correlación? ... y herramientas de análisis de datos. Obtenido de <https://www.incibe-cert.es/blog/correlacion-herramientas-analisis-datos>
- Superservicios. (2017). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LA PAZ – EMPAZ E.S.P.* Bogotá.
- Supo, F., & Cavero, H. (2014). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES*. Lima, Perú.
- Teijon, G. (2004). Occurrence of emerging con-taminants, priority substances (2008/105/CE) and heavy metals in treated wastewater and groundwater at Depurbaix facility. . *Science of the Total Environment*, 32:3245-3260.
- Tejada, C., Quiñones, E., & P. M. (2014). *Contaminantes emergentes en aguas: Metabolitos de fármacos*. Bogotá, Colombia: Universidad militar nueva granada.
- tejada, c., quiñonez, e., & peña, m. (2014). contaminantes emergentes en aguas metabolitos de fármacos. bogota: umiversidad nueva granada.
- Ternes, T., Stumpf, M., Mueller, J., Haberer, K., Wilken, R., & Servos, M. (1999). Behavior and oc-currence of estrogens in municipal sewage treatment plants-I. Investigations in Ger-many, Canada and Brazil. *Science of the Total Environment*, 225:81-90.
- ULLOA GUEVARA, R. T. (2019). *Determinación físico-química del agua potable que se consume en el campus*. Lima, Perú.
- Unidad de Salud de El Tiempo. (6 de Septiembre de 2019). isfenol A, el químico que preocupa, está donde usted menos se imagina. *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/salud/bisfenol-a-o-bpa-donde-esta-y-por-que-es-peligroso-409448>
- Universidad del Atlántico. Grupo de investigación en diversidad del Caribe Colombiano. (2011). *Caracterización e impactos ambientales por*

vertimientos en tramos de la cuenca. Obtenido de
<https://www.corpocesar.gov.co/riocesar.html>

Universidad Veracruzana. (11 de Julio de 2019). Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas (GC/MS). *Universidad Veracruzana*. Obtenido de <https://www.uv.mx/sara/facilidades/gcms/>

USGS. (2016). *Drinking Water Exposure to Chemical and Pathogenic Contaminants: Emerging Contaminants*. Obtenido de https://archive.usgs.gov/archive/sites/health.usgs.gov/dw_contaminants/emc.htm

Vanegas, M. (2013). *Oxidación de antiinflamatorios no esteroides presentes en el agua aplicando peróxido de hidrógeno, luz solar y nanopartículas de hierro separadas en zolitas*. México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Obtenido de <http://estadisticas.repositorioinstitucional.buap.mx/viewer/asset/738417T/738417T-f2.png>

Welcomme, R. (1980). *CUENCAS FLUVIALES*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/X6853S/X6853S05.htm>

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales: El recurso no explotado. III. (UNESCO, Ed.) Paris, Francia. Obtenido de <https://en.unesco.org/wwap>

Zarza, L. F. (5 de Diciembre de 2017). *iAgua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-cruda>

11. ANEXOS

Tabla 8.

Resumen de datos para cálculo de caudal (Q) Temporada lluviosa.

E1: Antes del vertimiento					
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Caudal (m³/s)
0	0	0	0	0	0,0000
1	1	0,45	0,014	0,450	0,0063
2	9	0,31	0,01399	2,790	0,0390
3	5	0,2	0,02	1,000	0,0200
4	5	0,36	0,02	1,800	0,0360
5	5	0,6	0,01989	3,000	0,0597
6	3	0,1	0,008	0,300	0,0024
TOTAL/Pro medio	28				0,0272
E2: Durante el vertimiento					
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	velocidad (m/s)	Área (m²)	Caudal (m³/s)
1	0,5	0,15	0,7	0,075	0,0525
			0,6	0,075	0,045
			0,5	0,075	0,0375
PROMEDIO/TOTAL					0,045
E3: Después del vertimiento					
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/S)	Área (m²)	Caudal (m³/s)
	0	0	0	0	0
1	7	0,33	0,7	2,31	1,617
2	6	0,12	0,4	0,72	0,288
3	8	0,55	0,8	4,4	3,520
4	3	0,1	0,05	0,3	0,015

PROMEDIO/TOTAL	24				1,36
----------------	----	--	--	--	------

Tabla 9.

Resumen de datos para el cálculo de caudal (Q) Temporada Sequía

E1: Antes del vertimiento					
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Caudal (m³/s)
1	1	0,45	0,014	0,450	0,0063
2	9	0,31	0,01399	2,790	0,0390
3	5	0,2	0,02	1,000	0,0200
4	5	0,36	0,02	1,800	0,0360
5	5	0,6	0,01989	3,000	0,0597
6	3	0,1	0,008	0,300	0,0024
TOTAL/Pro medio	28				0,0272
E2: Durante el vertimiento					
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	velocidad (m/s)	Área (m²)	Caudal (m³/s)
1	0,5	0,07	0,111	0,035	0,0039
			0,333	0,035	0,0117
			0,25	0,035	0,0088
			0,194	0,035	0,0068
			0,194	0,035	0,0068
			0,167	0,035	0,0058
PROMEDIO/TOTAL					0,0073
E3: Después del vertimiento					
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/S)	Área (m²)	Caudal (m³/s)
1	6	0,22	0,2338	1,32	0,3086
2	8	0,03	0,06	0,24	0,0144
3	9	0,43	0,04	3,87	0,1548
4	1	0,05	0,0799	0,05	0,0040



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

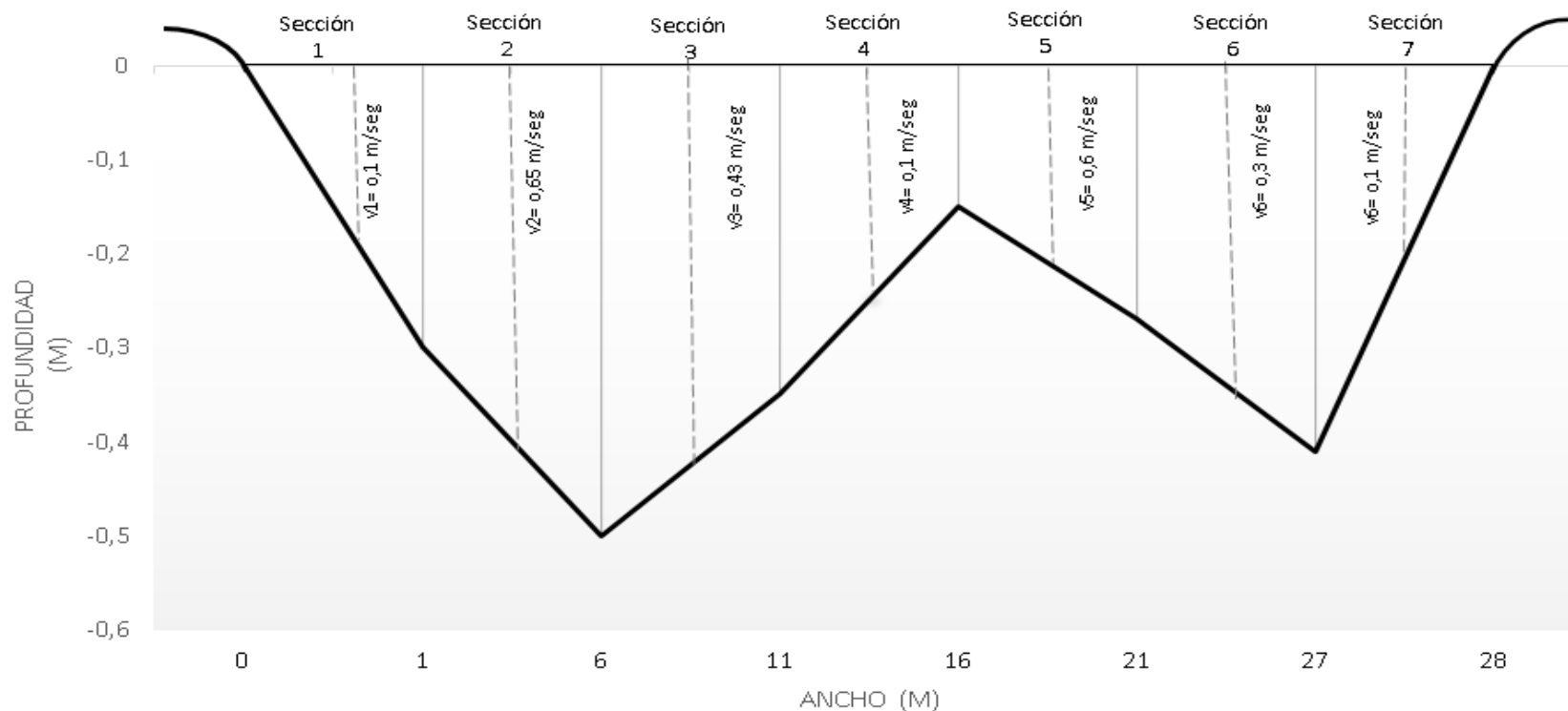
PROMEDIO /TOTAL	24				0,1205
--------------------	----	--	--	--	--------



CO-SC-CERS18726

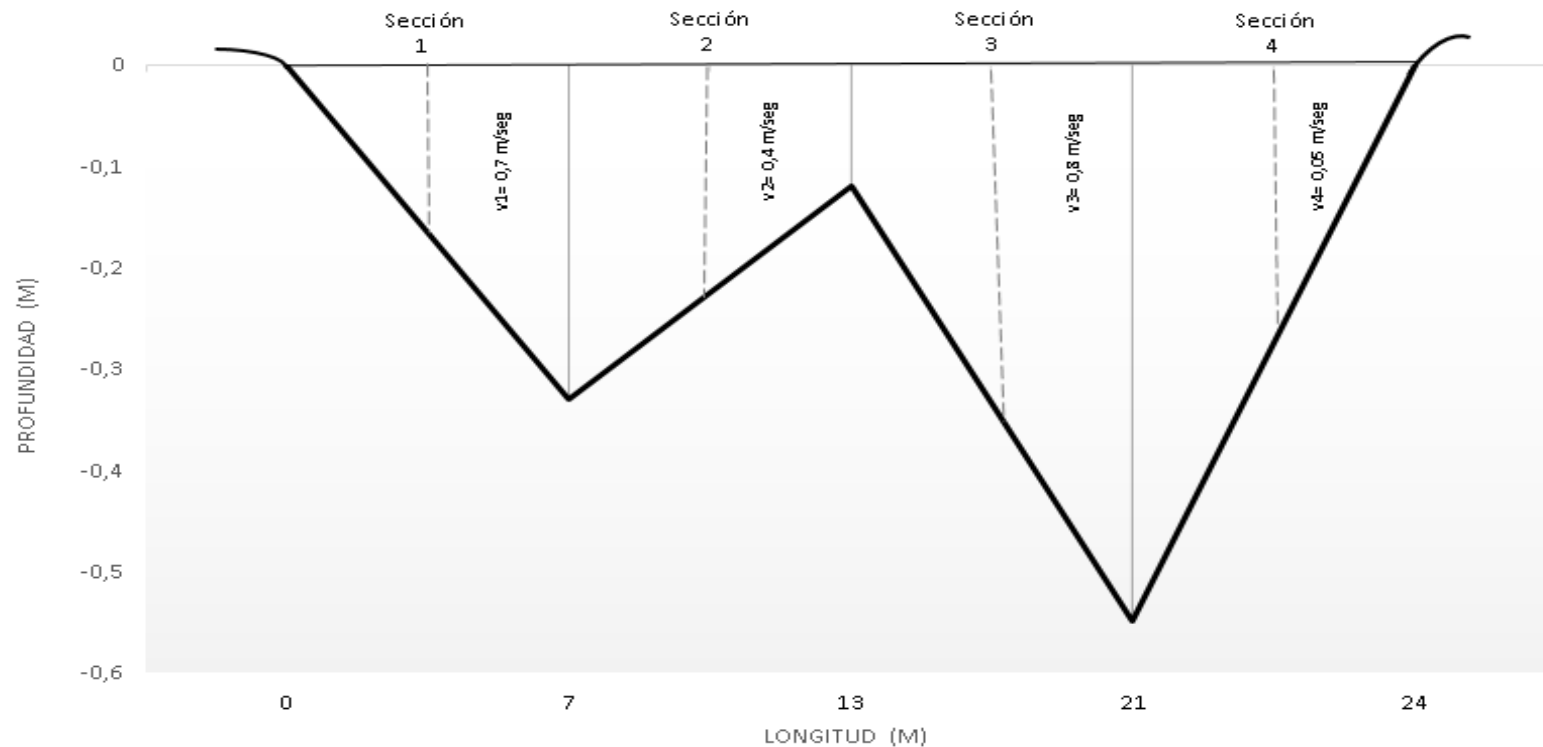


Figura 9.
Sección transversal del río en E1 (Antes del vertimiento) durante la Temporada lluviosa



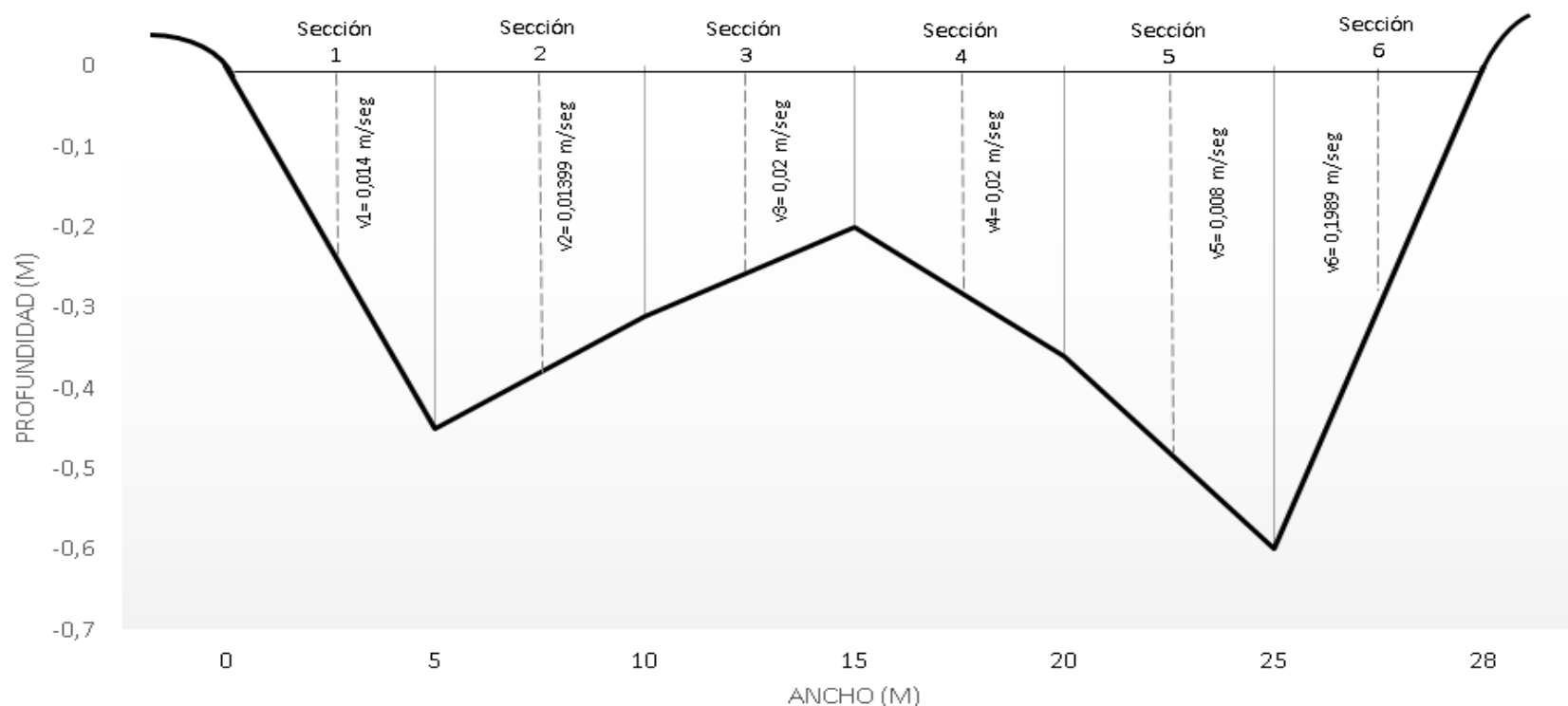
Fuente: Autores, 2021.

Figura 10.
Sección transversal del río en E3 (Después del vertimiento) durante la Temporada lluviosa.



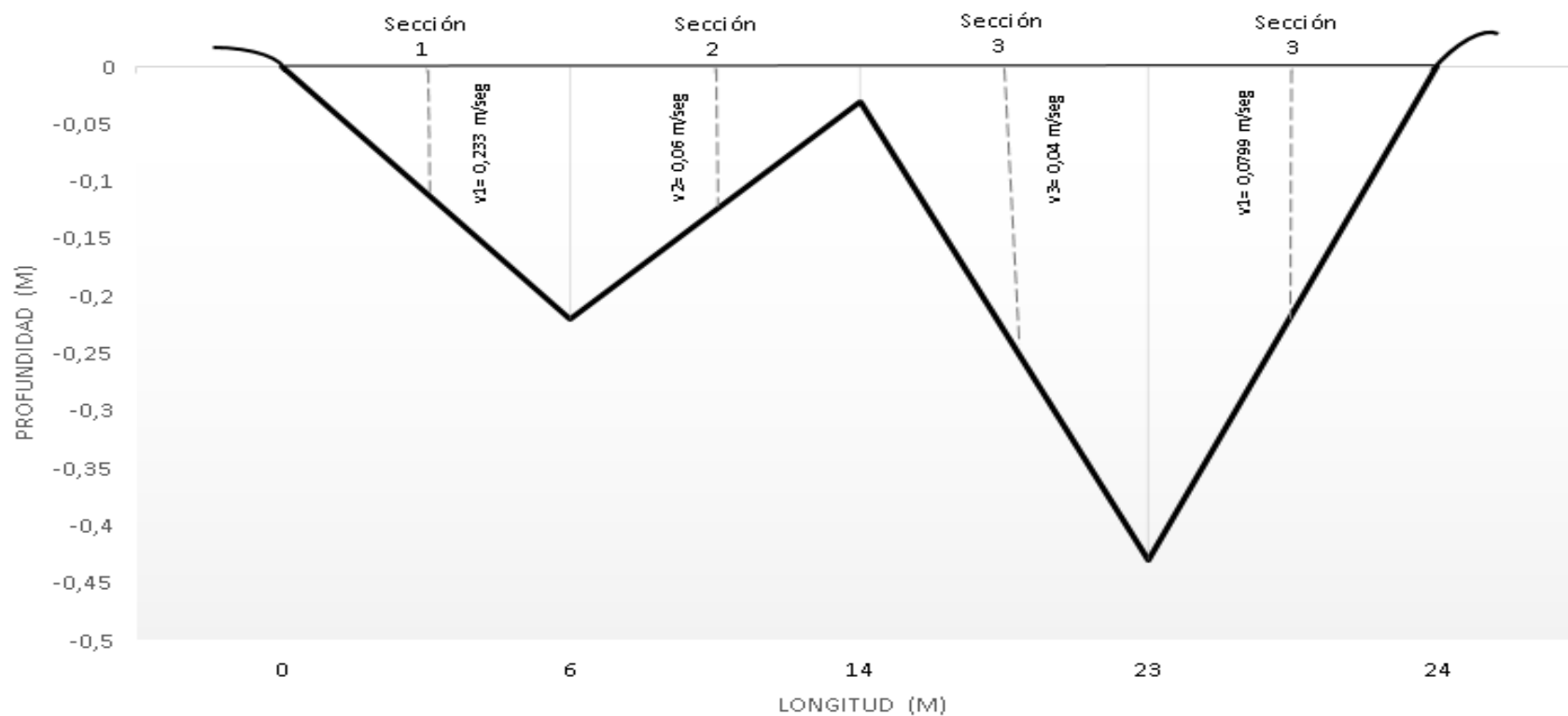
Fuente: Autores, 2021.

Figura 11.
Sección transversal del río en E1 (Antes del vertimiento) durante la Temporada seca.



Fuente: Autores, 2021.

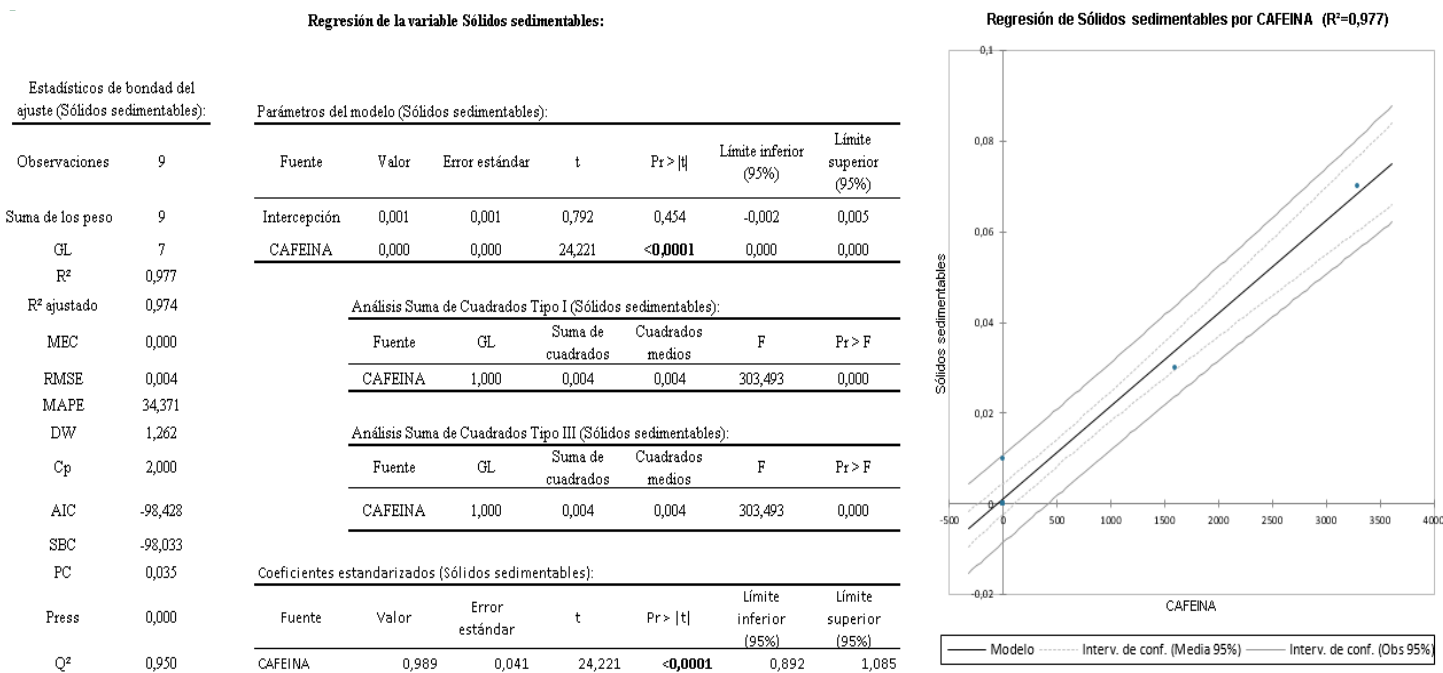
Figura 12.
Sección transversal del río en E3 (Después del vertimiento) durante la Temporada seca.



Fuente: Autores, 2021

Análisis de las variables que presentan una correlación alta mediante el coeficiente de correlación de Pearson:
Temporada lluviosa

Figura 13.
Regresión lineal entre los sólidos sedimentables y la cafeína.



Fuente: Autores, 2021.

Figura 14.
Regresión lineal entre Triclosán y Progesterona

Regresión de la variable TRICLOSAN:

Estadísticos de bondad
del ajuste (TRICLOSAN):

Observaciones	9
Suma de los pe:	9
GL	7
R ²	0,963
R ² ajustado	0,958
MEC	0,001
RMSE	0,026
MAPE	31,616
DW	1,177
Cp	2,000
AIC	-63,943
SBC	-63,549
PC	0,058
Press	0,031
Q ²	0,760

Análisis de varianza (TRICLOSAN):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	0,124	0,124	182,863	<0,0001
Error	7	0,005	0,001		
Total corregi	8	0,129			

Calculado contra el modelo Y=Media(Y)

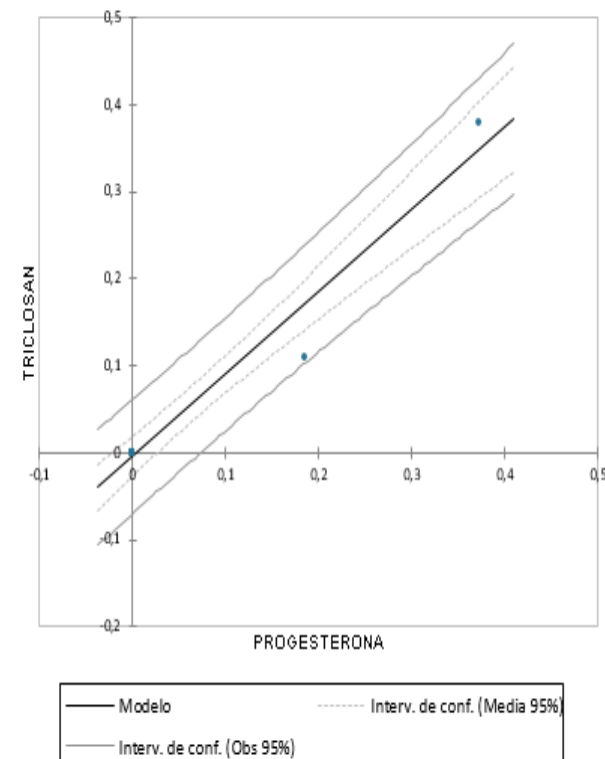
Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (TRICLOSAN):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
PROGESTERON	1,000	0,124	0,124	182,863	0,000

Parámetros del modelo (TRICLOSAN):

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intercepción	-0,004	0,004	-1,044	0,331	-0,014	0,006
PROGESTERON	0,947	0,098	9,691	<0,0001	0,716	1,178

Regresión de TRICLOSAN por PROGESTERONA (R²=0,963)



Fuente: Autores, 2021

Figura 15.
Regresión lineal entre Triclosán y BPA

Regresión de la variable TRICLOSAN:

Estadísticos de bondad
del ajuste (TRICLOSAN):

Observaciones	9
Suma de los pes	9
GL	7
R ²	0,959
R ² ajustado	0,953
MEC	0,001
RMSE	0,027
MAPE	33,356
DW	1,184
Cp	2,000
AIC	-62,961
SBC	-62,566
PC	0,065
Press	0,033
Q ²	0,741

Análisis de varianza (TRICLOSAN):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	0,123	0,123	163,223	<0,0001
Error	7	0,005	0,001		
Total corregid	8	0,129			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

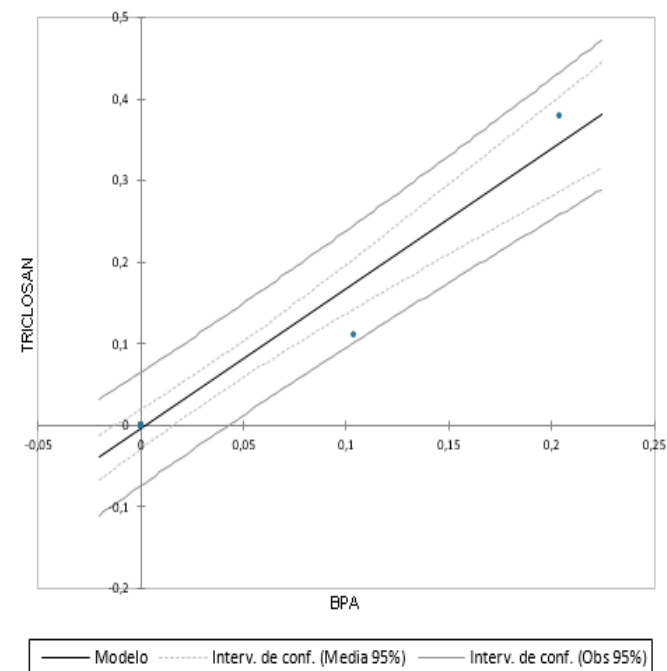
Análisis Suma de Cuadrados Tipo I (TRICLOSAN):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
BPA	1,000	0,123	0,123	163,223	0,000

Parámetros del modelo (TRICLOSAN):

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intercepción	-0,004	0,004	-1,050	0,329	-0,015	0,006
BPA	1,715	0,191	8,984	<0,0001	1,264	2,167

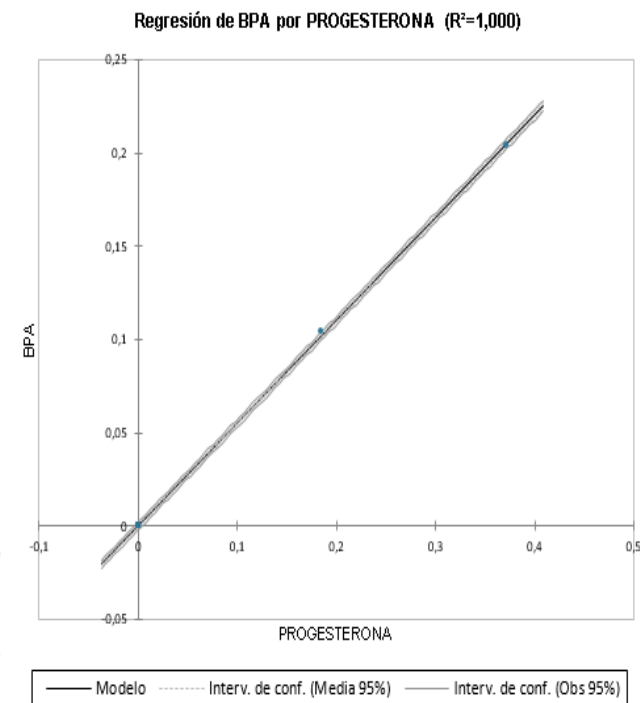
Regresión de TRICLOSAN por BPA (R²=0,959)



Fuente: Autores, 2021

Figura 16.
Regresión lineal entre BPA y Progesterona.

Estadísticos de bondad del ajuste (BPA):		Regresión de la variable BPA:					
Observaciones	9	Análisis de varianza (BPA):					
Suma de los pe:	9	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
GL	7	Modelo	1	0,042	0,042	57944,141	<0,0001
R ²	1,000	Error	7	0,000	0,000		
R ² ajustado	1,000	Total corregid	8	0,042			
MEC	0,000	Calculado contra el modelo Y=Media(Y)					
RMSE	0,001	Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (BPA):					
MAPE	1,197	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
DW	1,177	PROGESTERON	1,000	0,042	0,042	57944,141	0,000
Cp	2,000	Parámetros del modelo (BPA):					
AIC	-125,522	Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)
SBC	-125,128	Intercepción	0,000	0,000	1,044	0,331	0,000
PC	0,000	PROGESTERON	0,551	0,003	172,511	<0,0001	0,543
Press	0,000						Límite superior (95%)
Q ²	0,999						

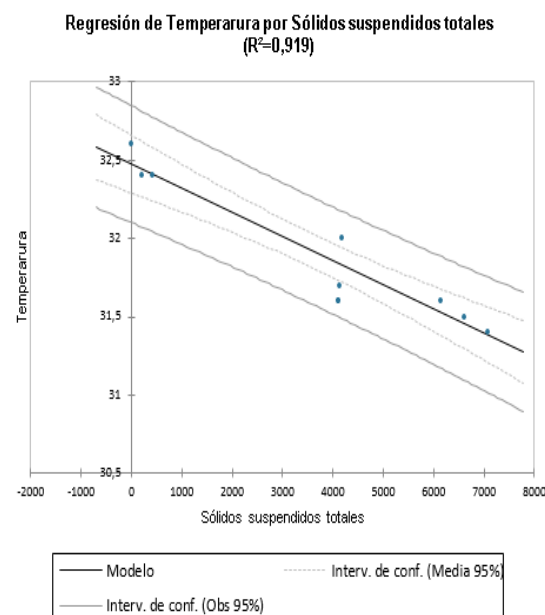


Fuente: Autores, 2021.

Análisis de las variables que presentan una correlación alta mediante el coeficiente de correlación de Pearson:
Temporada seca

Figura 17.
Regresión lineal entre Temperatura y sólidos suspendidos.

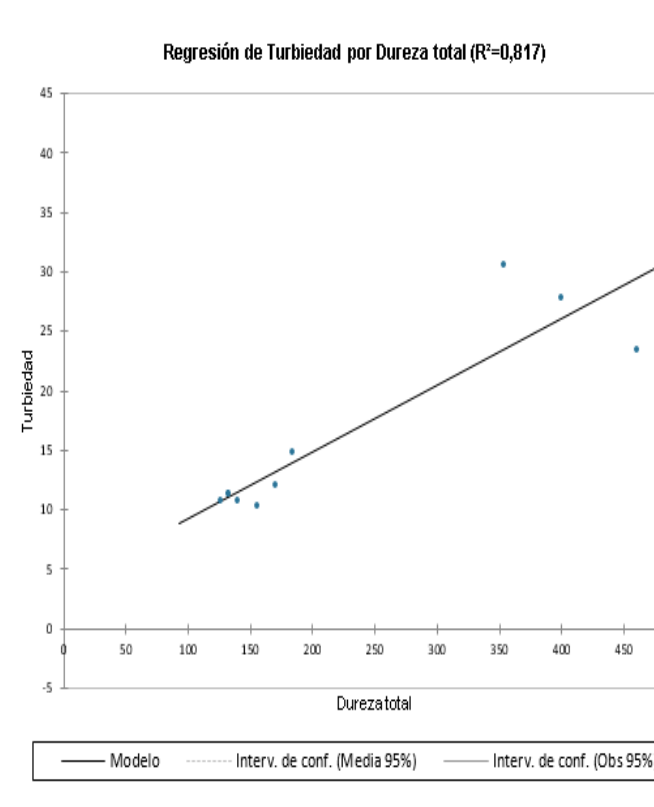
Estadísticos de bondad del ajuste (Temperatura):		TEMPERATURA - SÓLIDOS SUSPENDIDOS				
Observaciones	9	Análisis de varianza (Temperatura):				
Suma de los cuadrados	9	Fuente	GL	Suma de cuadrados	nF	Pr > F
GL	7	Modelo	1	1,497	1,497	79,588
R ²	0,919	Error	7	0,132	0,019	<0,0001
R ² ajustado	0,908	Total corregido	8	1,629		
MEC	0,019	Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$				
RMSE	0,137	Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (Temperatura):				
MAPE	0,300	Fuente	GL	Suma de cuadrados	nF	Pr > F
DW	1,986	Sólidos suspe	1,000	1,497	1,497	79,588
Cp	2,000					0,000
AIC	-34,021	Parámetros del modelo (Temperatura):				
SBC	-33,627	Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t
PC	0,127					Limite inferior (95%)
Press	0,187	Intercepción	32,474	0,050	645,922	<0,0001
Q ²	0,885	Sólidos suspe	0,000	0,000	-16,493	<0,0001
						Limite superior (95%)



Fuente: Autores, 2021

Figura 18.
Regresión lineal entre Turbiedad y Dureza total.

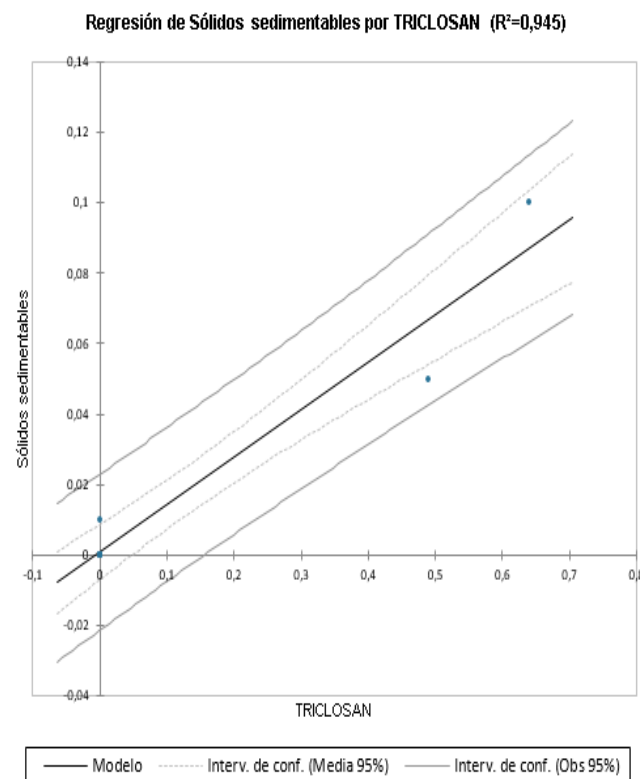
Estadísticos de bondad del ajuste (Turbiedad):		TURBIEDAD-DUREZA TOTAL					
Observación	9	Análisis de varianza (Turbiedad):					
Suma de los	9						
GL	7	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
R ²	0,817	Modelo	1	427,984	427,984	31,326	0,001
R ² ajustado	0,791	Error	7	95,636	13,662		
MEC	13,662	Total corregido	8	523,620			
RMSE	3,696	Calculado contra el modelo $\hat{Y} = \text{Media}(Y)$					
MAPE	11,221	Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (Turbiedad):					
DW	1,994	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Cp	2,000	Dureza total	1,000	427,984	427,984	31,326	0,001
AIC	25,270	Parámetros del modelo (Turbiedad):					
SBC	25,664	Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%) Límite superior (95%)
PC	0,287	Intercepción	3,669	2,197	1,669	0,139	-1,528 8,865
Press	229,442	Dureza total	0,056	0,013	4,224	0,004	0,025 0,087
Q ²	0,562						



Fuente: Autores, 2021

Figura 19.
Regresión lineal entre Sólidos sedimentables y Triclosán.

Estadísticos de bondad del ajuste (Sólidos sedimentables):		SÓLIDOS SEDIMENTABLES - TRICLOSÁN					
Observacione	9	Análisis de varianza (Sólidos sedimentables):					
Suma de los pe:	9	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
GL	7	Modelo	1	0,009	0,009	119,561	<0,0001
R ²	0,945	Error	7	0,001	0,000		
R ² ajustado	0,937	Total corregi	8	0,010			
MEC	0,000	Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$					
RMSE	0,009	Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (Sólidos sedimentables):					
MAPE	46,010	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
DW	1,840	TRICLOSAN	1,000	0,009	0,009	119,561	0,000
Cp	2,000	Parámetros del modelo (Sólidos sedimentables):					
AIC	-83,498	Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)
SBC	-83,103	Intercepción	0,001	0,002	0,543	0,604	-0,003
PC	0,087	TRICLOSAN	0,135	0,020	6,607	0,000	0,086
Press	0,002						Límite superior (95%)
Q ²	0,787						



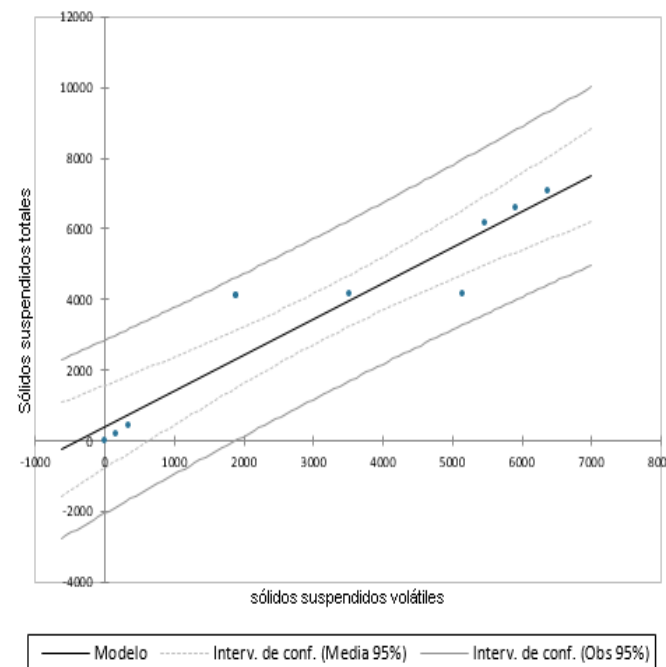
Fuente: Autores, 2021

Figura 20.
Regresión lineal entre Sólidos suspendidos total y Sólidos suspendidos volátiles

Estadísticos de bondad del ajuste (Sólidos suspendidos totales):

suspendidos totales):		SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES - SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES						
Observaciones	9	Análisis de varianza (Sólidos suspendidos totales):						
Suma de los pe	9	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	
GL	7	Modelo	1	57323264,54	57323264,5	68,959	<0,0001	
R²	0,908	Error	7	5818879,457	831268,494			
R² ajustado	0,895	Total corregi	8	63142144,000				
MEC	831268,494	Calculado contra el modelo Y=Media(Y)						
RMSE	911,739	Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (Sólidos suspendidos totales):						
MAPE	42,901	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	
DW	2,330	sólidos suspe:	1,000	57323264,543	57323264,5	68,959	0,000	
Cp	2,000							
AIC	124,415	Parámetros del modelo (Sólidos suspendidos totales):						
SBC	124,809	Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
PC	0,145	Intercepción	414,539	470,697	0,881	0,408	-698,482	1527,560
Press	8459516,350	sólidos suspe:	1,013	0,109	9,298	<0,0001	0,755	1,271
Q²	0,866							

Regresión de Sólidos suspendidos totales por sólidos suspendidos volátiles (R²=0,908)



Fuente: Autores, 2021

Figura 21.
Regresión lineal entre Carbamazepina y Triclosán

Estadísticos de bondad del ajuste

(CARBAMAZEPINA):

Observacion 9

Suma de los 9

GL 7

R² 0,806

R² ajustado 0,778

MEC 0,015

RMSE 0,121

MAPE 42,078

DW 2,013

Cp 2,000

AIC -36,297

SBC -35,902

PC 0,305

Press 0,442

Q² 0,162

CARBAMAZEPINA - TRICLOSÁN

Análisis de varianza (CARBAMAZEPINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	0,425	0,425	29,086	0,001
Error	7	0,102	0,015		
Total corregido	8	0,527			

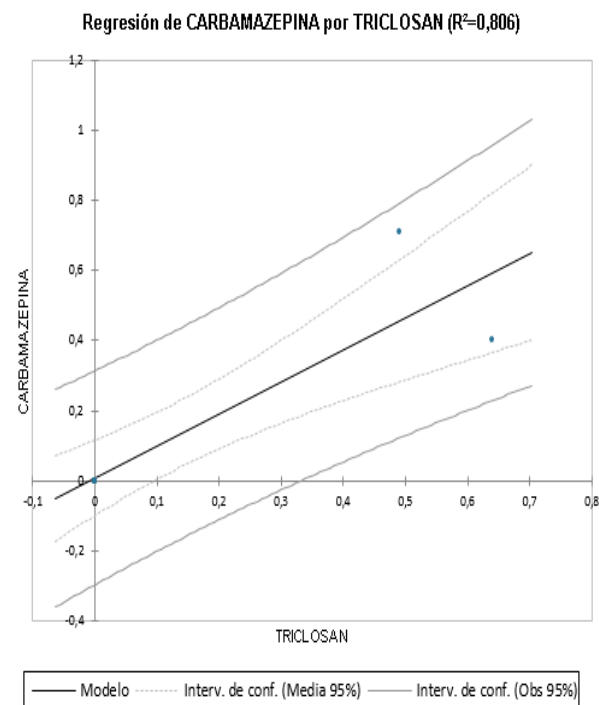
Calculado contra el modelo $Y = Media(Y)$

Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (CARBAMAZEPINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
TRICLOSAN	1,000	0,425	0,425	29,086	0,001

Parámetros del modelo (CARBAMAZEPINA):

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intercepción	0,008	0,007	1,289	0,238	-0,007	0,024
TRICLOSAN	0,915	0,303	3,014	0,020	0,197	1,632



Fuente: Autores, 2021

Figura 22.
Regresión lineal entre Carbamazepina y Cafeína

Estadísticos de bondad del ajuste
(CARBAMAZEPINA):

Observaciones	9
Suma de los j	9
GL	7
R ²	0,957
R ² ajustado	0,951
MEC	0,003
RMSE	0,057
MAPE	18,060
DW	1,838
Cp	2,000
AIC	-49,940
SBC	-49,546
PC	0,067
Press	0,080
Q ²	0,848

CARBAMAZEPINA - CAFEÍNA

Análisis de varianza (CARBAMAZEPINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	0,505	0,505	157,329	<0,0001
Error	7	0,022	0,003		
Total corregido	8	0,527			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

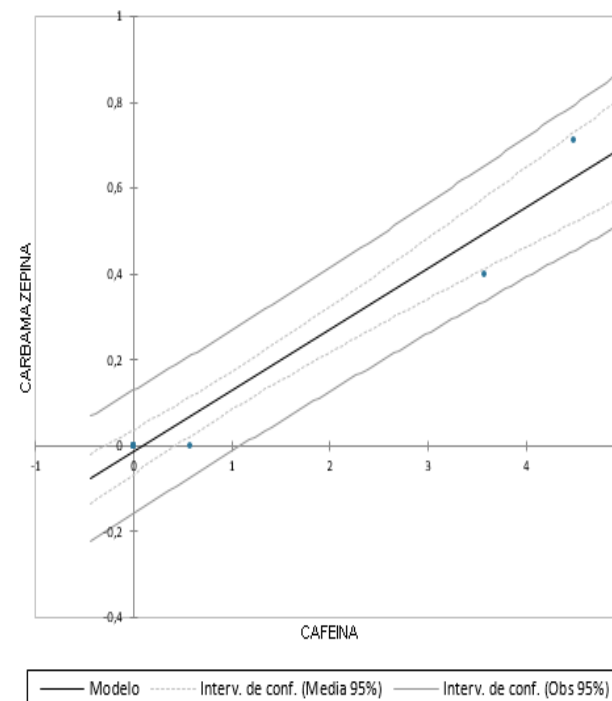
Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (CARBAMAZEPINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
CAFEINA	1,000	0,505	0,505	157,329	0,000

Parámetros del modelo (CARBAMAZEPINA):

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intercepción	-0,013	0,011	-1,256	0,249	-0,038	0,012
CAFEINA	0,142	0,018	7,941	<0,0001	0,100	0,185

Regresión de CARBAMAZEPINA por CAFEINA (R²=0,957)



Fuente: Autores, 2021

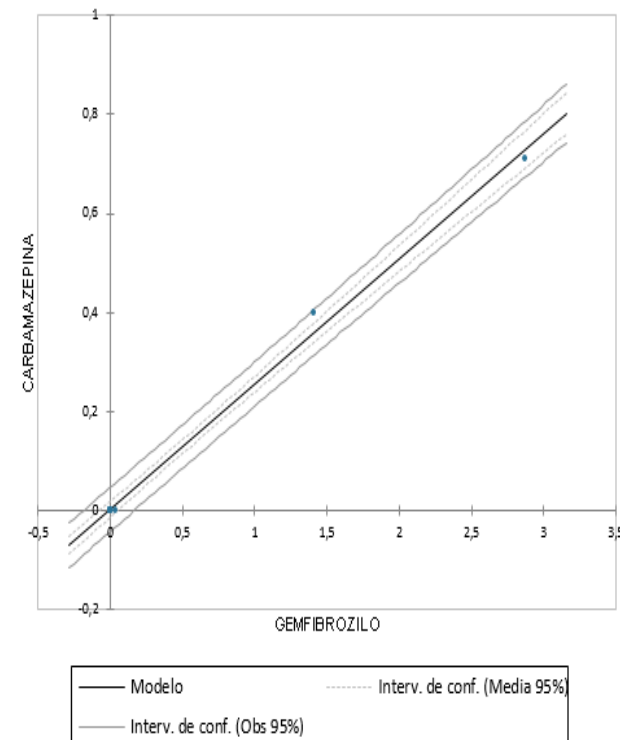
Figura 23.
Regresión lineal entre Carbamazepina y Gemfibrozilo

Estadísticos de bondad del ajuste
(CARBAMAZEPINA):

CARBAMAZEPINA - GEMFIBROZILO

Observaciones	9	Análisis de varianza (CARBAMAZEPINA):					
Suma de los pe:	9	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
GL	7	Modelo	1	0,525	0,525	1672,534	<0,0001
R ²	0,996	Error	7	0,002	0,000		
R ² ajustado	0,995	Total corregido	8	0,527			
MEC	0,000	Calculado contra el modelo $\hat{Y} = \text{Media}(\hat{Y})$					
RMSE	0,018	Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (CARBAMAZEPINA):					
MAPE	6,479	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
DW	1,972	GEMFIBROZIL	1,000	0,525	0,525	1672,534	0,000
Cp	2,000	Parámetros del modelo (CARBAMAZEPINA):					
AIC	-70,860	Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)
SBC	-70,465	Intercepción	0,002	0,003	0,486	0,641	-0,006
PC	0,007	GEMFIBROZIL	0,254	0,008	30,016	<0,0001	0,234
Press	0,014						
Q ²	0,973						

Regresión de CARBAMAZEPINA por GEMFIBROZILO ($R^2=0,996$)



Fuente: Autores, 2021

Figura 24.
Regresión lineal entre Carbamazepina e Ibuprofeno.

Estadísticos de bondad del ajuste
(CARBAMAZEPINA):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R ²	0,990
R ² ajustado	0,989
MEC	0,001
RMSE	0,027
MAPE	9,762
DW	1,930
Cp	2,000
AIC	-63,084
SBC	-62,689
PC	0,016
Press	0,035
Q ²	0,934

CARBAMAZEPINA - IBUPROFENO

Análisis de varianza (CARBAMAZEPINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	0,522	0,522	700,853	<0,0001
Error	7	0,005	0,001		
Total correg.	8	0,527			

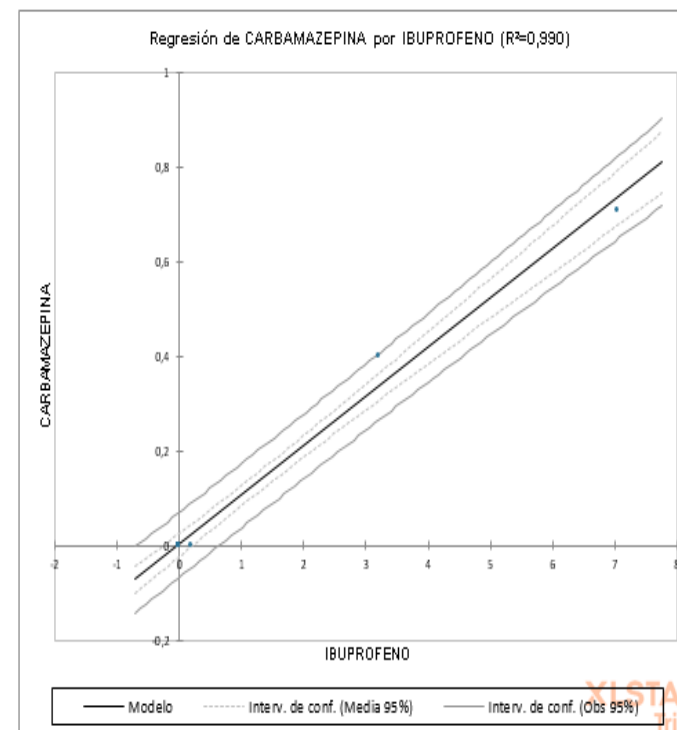
Calculado contra el modelo Y=Media(Y)

Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (CARBAMAZEPINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
IBUPROFEN	1,000	0,522	0,522	700,853	0,000

Parámetros del modelo (CARBAMAZEPINA):

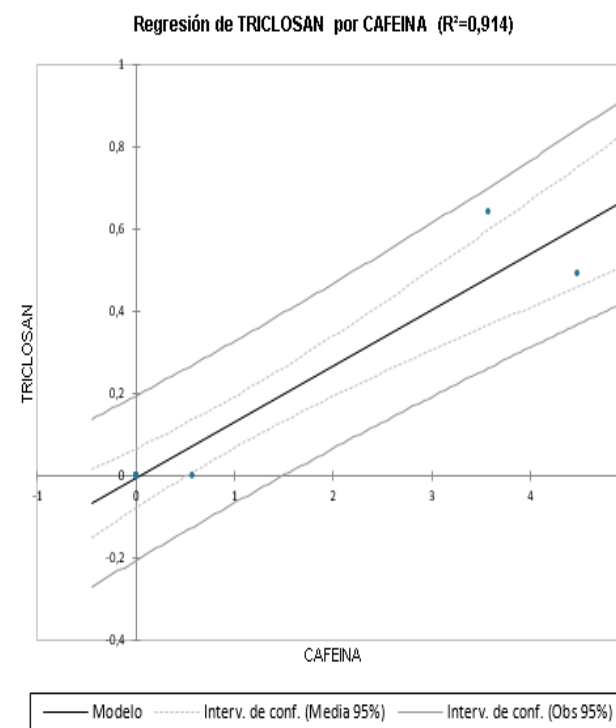
Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intercepción	0,002	0,006	0,355	0,733	-0,011	0,015
IBUPROFEN	0,104	0,005	21,108	<0,0001	0,093	0,116



Fuente: Autores, 2021

Figura 25.
Regresión lineal entre Triclosán y cafeína.

Estadísticos de bondad del ajuste (TRICLOSAN):		TRICLOSAN - CAFEÍNA					
Observaciones	9	Análisis de varianza (TRICLOSAN):					
Suma de los pe	9	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
GL	7	Modelo	1	0,464	0,464	74,410	<0,0001
R ²	0,914	Error	7	0,044	0,006		
R ² ajustado	0,902	Total corregido	8	0,508			
MEC	0,006	Calculado contra el modelo $\bar{Y} = \text{Media}(\bar{Y})$					
RMSE	0,079	Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (TRICLOSAN):					
MAPE	24,084	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
DW	1,869	CAFEINA	1,000	0,464	0,464	74,410	0,000
Cp	2,000	Parámetros del modelo (TRICLOSAN):					
AIC	-43,956	Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)
SBC	-43,561	Intercepción	-0,005	0,011	-0,475	0,649	-0,033
PC	0,135	CAFEINA	0,136	0,026	5,173	0,001	0,074
Press	0,160						Límite superior (95%)
Q ²	0,685						



Fuente: Autores, 2021

Figura 26.
Regresión lineal entre Cafeína y Gemfibrozilo.

Estadísticos de bondad del ajuste (CAFEINA):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R ²	0,934
R ² ajustado	0,925
MEC	0,233
RMSE	0,483
MAPE	34,532
DW	2,083
Cp	2,000
AIC	-11,359
SBC	-10,964
PC	0,103
Press	9,774
Q ²	0,608

CAFEÍNA - GEMFIBROZILO

Análisis de varianza (CAFEINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	23,295	23,295	99,830	<0,0001
Error	7	1,633	0,233		
Total corregido	8	24,929			

Calculado contra el modelo $Y = \text{Media}(Y)$

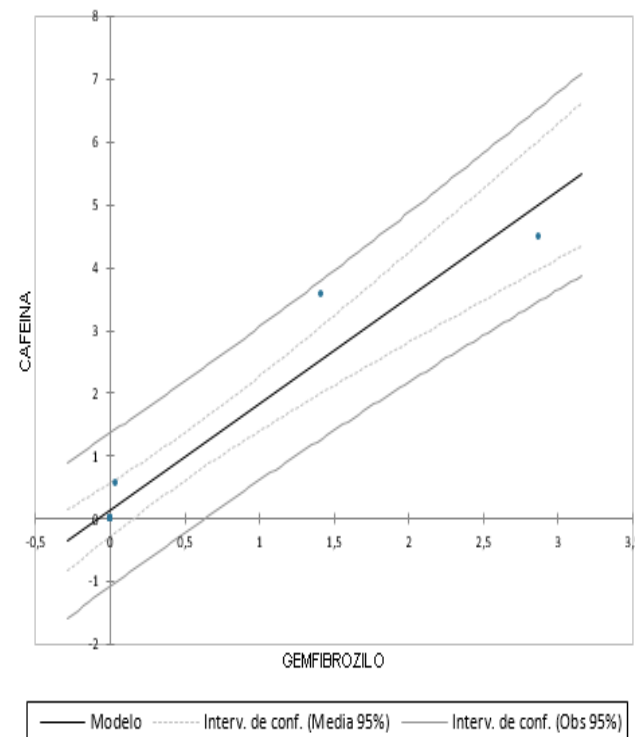
Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (CAFEINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
GEMFIBRO.	1,000	23,295	23,295	99,830	0,000

Parámetros del modelo (CAFEINA):

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intercepción	0,149	0,087	1,699	0,133	-0,058	0,356
GEMFIBRO.	1,690	0,221	7,663	0,000	1,169	2,212

Regresión de CAFEINA por GEMFIBROZILO (R²=0,934)



Fuente: Autores, 2021

Figura 27.
Regresión lineal entre Cafeína e Ibuprofeno

Estadísticos de bondad del ajuste (CAFEINA):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R ²	0,934
R ² ajustado	0,925
MEC	0,233
RMSE	0,483
MAPE	34,532
DW	2,083
Cp	2,000
AIC	-11,359
SBC	-10,964
PC	0,103
Press	9,774
Q ²	0,608

CAFEÍNA - GEMFIBROZILO

Análisis de varianza (CAFEINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	23,295	23,295	99,830	<0,0001
Error	7	1,633	0,233		
Total corregido	8	24,929			

Calculado contra el modelo Y=Media(Y)

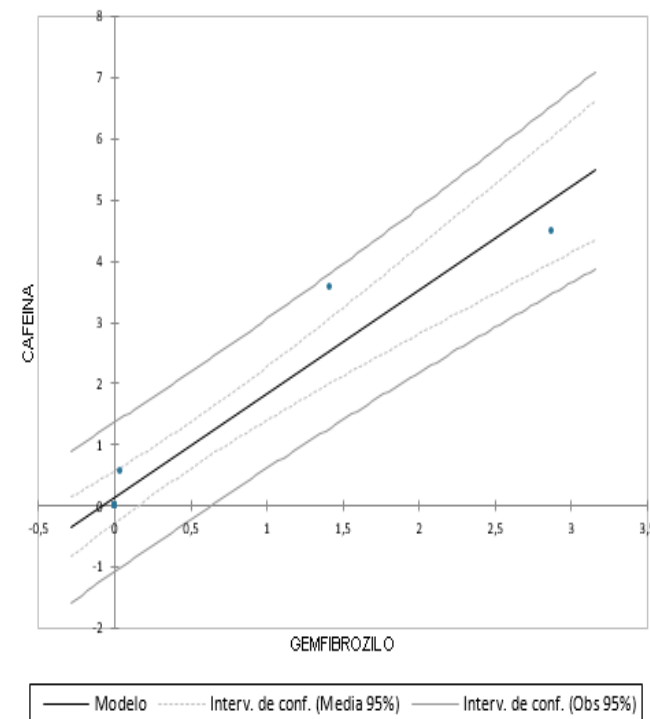
Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (CAFEINA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
GEMFIBRO.	1,000	23,295	23,295	99,830	0,000

Parámetros del modelo (CAFEINA):

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intercepción	0,149	0,087	1,699	0,133	-0,058	0,356
GEMFIBRO.	1,690	0,221	7,663	0,000	1,169	2,212

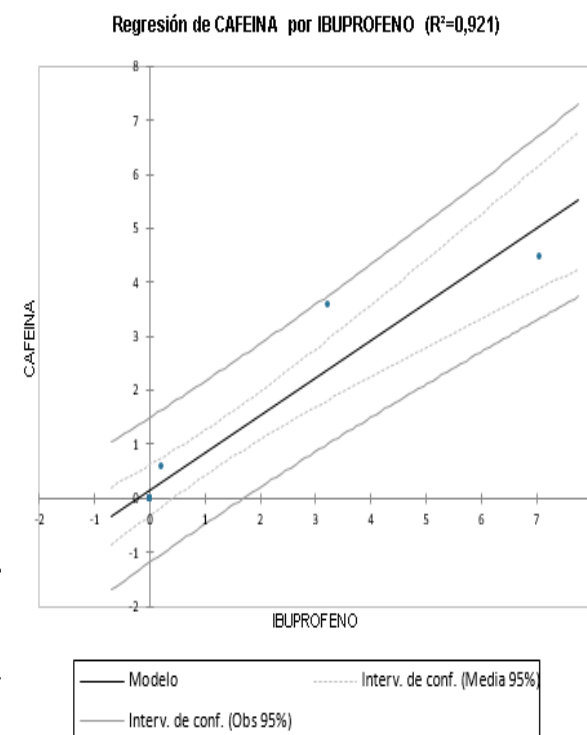
Regresión de CAFEINA por GEMFIBROZILO (R²=0,934)



Fuente: Autores, 2021

Figura 28.
Regresión lineal entre Gemfibrozilo e Ibuprofeno

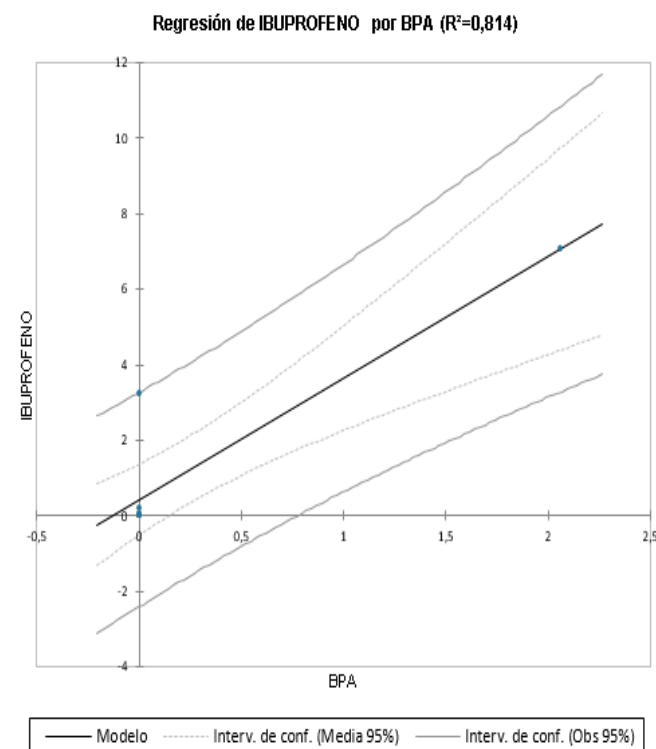
Estadísticos de bondad del ajuste (CAFEINA):		CAFEÍNA - IBUPROFENO					
Observaciones	9	Análisis de varianza (CAFEINA):					
Suma de los pesc	9	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
GL	7	Modelo	1	22,956	22,956	81,460	<0,0001
R ²	0,921	Error	7	1,973	0,282		
R ² ajustado	0,910	Total corregido	8	24,929			
MEC	0,282	Calculado contra el modelo $Y = Media(Y)$					
RMSE	0,531	Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (CAFEINA):					
MAPE	31,769	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
DW	2,121	IBUPROFE1	1,000	22,956	22,956	81,460	0,000
Cp	2,000	Parámetros del modelo (CAFEINA):					
AIC	-9,661	Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)
SBC	-9,266	Intercepción	0,155	0,092	1,680	0,137	-0,063
PC	0,124	IBUPROFE1	0,691	0,097	7,143	0,000	0,462
Press	13,793						Límite superior (95%)
Q ²	0,447						



Fuente: Autores, 2021

Figura 29.
Regresión lineal entre Ibuprofeno y BPA

Estadísticos de bondad del ajuste (IBUPROFENO):		IBUPROFENO - BPA					
Observaciones	9	Análisis de varianza (IBUPROFENO):					
Suma de los pesos	9	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
GL	7	Modelo	1	39,102	39,102	30,595	0,001
R ²	0,814	Error	7	8,946	1,278		
R ² ajustado	0,787	Total corregido	8	48,049			
MEC	1,278	Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$					
RMSE	1,131	Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (IBUPROFENO):					
MAPE	66,825	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
DW	2,363	BPA	1,000	39,102	39,102	30,595	0,001
Cp	2,000	Parámetros del modelo (IBUPROFENO):					
AIC	3,946	Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)
SBC	4,341	Intercepción	0,428	0,380	1,124	0,298	1,327
PC	0,293	BPA	3,220	0,185	17,434	<0,0001	2,783
Press	11,685						Límite superior (95%)
Q ²	0,757						



Fuente: Autores, 2021



CO-SC-CERS18726



BITÁCORA DE CAMPO									
PRIMERA SALIDA DE CAMPO TEMPORADA INVIERNO									
Valledupar Cesar Río Cesar (Agua cruda de fuente Lotica)									
ESTACIÓN:		E2 Zona de influencia del vertimiento de aguas residuales EMPAZ Punto de muestreo antes el vertimiento.							
FECHA		19 DE DICIEMBRE DE 2019			HORA		15:02.22		
COORDENADAS		10°23'53.22"N			73°12'45.20"N		ALTITUD		66 m.s.n.m
TIPO DE MUESTREO		Manual			TIPO DE MUESTRA		Simple		
MUESTRAS PARA ANÁLISIS:		Fisicoquímicas							
		SI X			NO				
MEDICIONES EN CAMPO									
TEMPERATURA AGUA:		29,6°C			OD		-----	pH	7,0
MEDICIÓN CAUDAL		SI X			NO				
MÉTODO		Velocidad superficie (Flotador) y Molinete							
CARACTERÍSTICAS GENERALES									
TIEMPO ATMOSFÉRICO		Soleado			TEMPERATURA AMBIENTE				
APARIENCIA DEL AGUA		TRANSPARENTE X			TURBIA				
PRECIPITACIONES DURANTE EL MUESTREO					SI		NO X		
OBJETOS FLOTANTES		SI	X	NO	Cuál: Ramas y hojas				
USO DEL AGUA		Ganadería							
AMBIENTE DE INFLUENCIA		Natural							
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA									



Responsable del muestreo: Andrea Contreras Pedraza

BITÁCORA DE CAMPO									
Valledupar Cesar Río Cesar (Agua cruda de fuente Lotica)									
ESTACIÓN:	E2 Zona de influencia del vertimiento de aguas residuales EMPAZ Punto de muestreo durante el vertimiento.								
FECHA	19 DE DICIEMBRE DE 2019			HORA		15:43.50			
COORDENADAS	10°23'53.26"N			73°12'48.36"N		ALTITUD	66 m.s.n.m		
TIPO DE MUESTREO	Manual			TIPO DE MUESTRA		Simpe			
MUESTRAS PARA ANÁLISIS:	Físicoquímicas								
	SI		X		No				
MEDICIONES EN CAMPO									
TEMPERATURA AGUA:	32,8 °C			OD		----- ----	pH	7,99	
MEDICIÓN CAUDAL	SI X			NO					
MÉTODO	Velocidad superficie (Flotador) y Molinete								
CARACTERÍSTICAS GENERALES									
TIEMPO ATMOSFÉRICO	Soleado			TEMPERATURA AMBIENTE			25°C		
APARIENCIA DEL AGUA	TRANSPARENTE			TURBIA			X		
PRECIPITACIONES DURANTE EL MUESTREO				SI		NO		x	
OBJETOS FLOTANTES	SI	X	NO	Cuál: Ramas, hojas y plástico					
USO DEL AGUA	Ganadería								
AMBIENTE DE INFLUENCIA	Natural								
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA									



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CERS18726



122

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

www.unicesar.edu.co

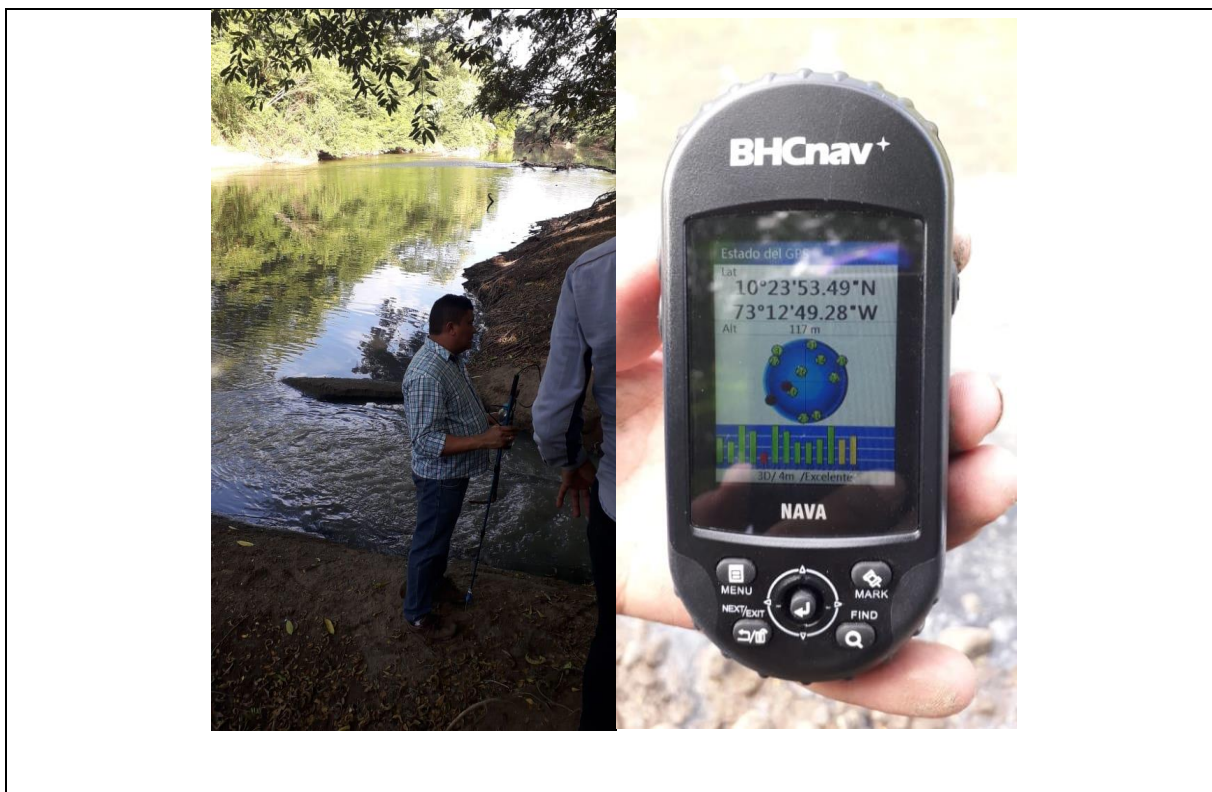


**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CERS18726



123

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Responsable del muestreo: Andrea Contreras Pedraza



CO-SC-CERS18726



124

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

BITÁCORA DE CAMPO										
Valledupar Cesar Río Cesar (Agua cruda de fuente Lotica)										
ESTACIÓN:	E2 Zona de influencia del vertimiento de aguas residuales EMPAZ Punto de muestreo Después del vertimiento.									
FECHA	19 DE DICIEMBRE DE 2019				HORA	16:32				
COORDENADAS	10°23'54.10"N			73°12'50.06"N			ALTITUD	66 m.s.n.m		
TIPO DE MUESTREO	Manual			TIPO DE MUESTRA			Simpe			
MUESTRAS PARA ANÁLISIS:	Fisicoquímicas									
	SI		X		No					
MEDICIONES EN CAMPO										
TEMPERATURA AGUA:	30,6 °C			OD	-----		pH	6,61		
MEDICIÓN CAUDAL	SI X			NO						
MÉTODO	Velocidad superficie (Flotador) y Molinete									
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
TIEMPO ATMOSFÉRICO				TEMPERATURA AMBIENTE			25			
APARIENCIA DEL AGUA	TRANSPARENTE		x		TURBIA					
PRECIPITACIONES DURANTE EL MUESTREO				SI				NO		x
OBJETOS FLOTANTES	SI	X	NO		Cuál: Ramas, hojas y plástico					
USO DEL AGUA	Ganadería									
AMBIENTE DE INFLUENCIA	Natural									
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA										



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Responsable del muestreo: Andrea Contreras Pedraza



CO-SC-CERS18726



126

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia



BITÁCORA DE CAMPO									
Valledupar Cesar Río Cesar (Agua cruda de fuente Lotica)									
ESTACIÓN:		E2 Zona de influencia del vertimiento de aguas residuales EMPAZ Punto de muestreo antes del vertimiento.							
FECHA		01 DE MARZO DE 2020		HORA		11:15.30			
COORDENADAS		10°23'53.22"N		73°12'45.20"N		ALTITUD		66 m.s.n.m	
TIPO DE MUESTREO		Manual		TIPO DE MUESTRA		Simpe			
MUESTRAS PARA ANÁLISIS:		Fisicoquímicas							
		SI		X		No			
MEDICIONES EN CAMPO									
TEMPERATURA AGUA:		31,7°C		OD				pH 6,98	
MEDICIÓN CAUDAL		SI X		NO					
MÉTODO		Velocidad superficie (Flotador) y Molinete							
CARACTERÍSTICAS GENERALES									
TIEMPO ATMOSFÉRICO				TEMPERATURA AMBIENTE		25			
APARIENCIA DEL AGUA		TRANSPARENTE		x		TURBIA			
PRECIPITACIONES DURANTE EL MUESTREO				SI				NO x	
OBJETOS FLOTANTES		SI		X		NO		Cuál: Ramas, hojas y plástico	
USO DEL AGUA		Ganadería							
AMBIENTE DE INFLUENCIA		Natural							
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA									



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Responsable del muestreo: Andrea Contreras Pedraza



CO-SC-CERS18726



128

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

www.unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CERS18726



129

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

BITÁCORA DE CAMPO									
Valledupar Cesar Río Cesar (Agua cruda de fuente Lotica)									
ESTACIÓN:		E2 Zona de influencia del vertimiento de aguas residuales EMPAZ Punto de muestreo durante el vertimiento.							
FECHA		01 DE MARZO DE 2020			HORA		11:55.10		
COORDENADAS		10°23'53.42"N			73°12'48.36"N		ALTITUD		66 m.s.n.m
TIPO DE MUESTREO		Manual			TIPO DE MUESTRA		Simpe		
MUESTRAS PARA ANÁLISIS:		Fisicoquímicas							
		SI		X		No			
MEDICIONES EN CAMPO									
TEMPERATURA AGUA:		32,3°C			OD		pH		7,1
MEDICIÓN CAUDAL		SI X			NO				
MÉTODO		Velocidad superficie (Flotador) y Molinete							
CARACTERÍSTICAS GENERALES									
TIEMPO ATMOSFÉRICO					TEMPERATURA AMBIENTE		25		
APARIENCIA DEL AGUA		TRANSPARENTE			TURBIA		X		
PRECIPITACIONES DURANTE EL MUESTREO					SI		NO		x
OBJETOS FLOTANTES		SI	X	NO	Cuál: Ramas, hojas y plástico				
USO DEL AGUA		Ganadería							
AMBIENTE DE INFLUENCIA		Natural							
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA									



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CERS18726



131

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

www.unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Responsable del muestreo: Andrea Contreras Pedraza



CO-SC-CERS18726



132

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

BITÁCORA DE CAMPO									
Valledupar Cesar Río Cesar (Agua cruda de fuente Lotica)									
ESTACIÓN:	E3 Zona de influencia del vertimiento de aguas residuales EMPAZ Punto de muestreo después del vertimiento.								
FECHA	01 DE MARZO DE 2020			HORA		12:40.45			
COORDENADAS	10°23'54.10"N			73°12'50.06"N		ALTITUD	66 m.s.n.m		
TIPO DE MUESTREO	Manual			TIPO DE MUESTRA		Simpe			
MUESTRAS PARA ANÁLISIS:	Fisicoquímicas								
	SI		X		No				
MEDICIONES EN CAMPO									
TEMPERATURA AGUA:	31,5 °C			OD				pH	6,98
MEDICIÓN CAUDAL	SI X			NO					
MÉTODO	Velocidad superficie (Flotador) y Molinete								
CARACTERÍSTICAS GENERALES									
TIEMPO ATMOSFÉRICO				TEMPERATURA AMBIENTE		25			
APARIENCIA DEL AGUA	TRANSPARENTE		x		TURBIA				
PRECIPITACIONES DURANTE EL MUESTREO				SI				NO	x
OBJETOS FLOTANTES	SI	X	NO		Cuál: Ramas, hojas y plástico				
USO DEL AGUA	Ganadería								
AMBIENTE DE INFLUENCIA	Natural								
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA									



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Responsable del muestreo: Andrea Contreras Pedraza



CO-SC-CERS18726



134

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

FECHA DE TOMA DE MUESTRA	FECHA DE LABORATORIO
12/012/2019	16/012/2019

PRIMERA PRUEBA DE LABORATORIO



CO-SC-CERS18726



135

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

www.unicesar.edu.co

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

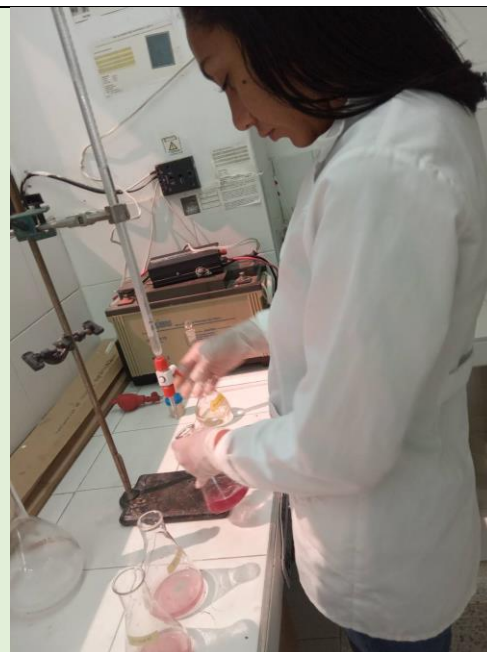


**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Responsables: Andrea Contreras Pedraza y Gloria González Villafañez



CO-SC-CERS18726



136

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

www.unicesar.edu.co

FECHA DE TOMA DE MUESTRA	FECHA DE LABORATORIO
01/03/2020	2/03/2020
SEGUNDA PRUEBA DE LABORATORIO	
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA	
 	

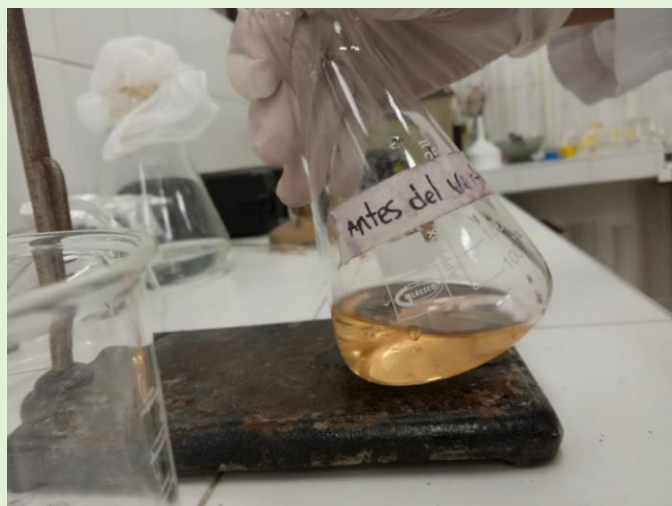


**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



CO-SC-CERS18726



138

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

www.unicesar.edu.co



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**



Responsables: Andrea Contreras Pedraza y Gloria González Villafañez



CO-SC-CERS18726



139

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia